

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUDAMERICANO
Hacemos gente de talento!



ELECTRÓNICA
TECNOLOGÍA SUPERIOR

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRÓNICA

TEMA

“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS
DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-
MARZO 2022”

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
LA TECNOLOGÍA SUPERIOR DE ELECTRÓNICA**

AUTORES:

Diaz Torres Segundo Gerardy

Pinto Córdova Vicente Stalin

DIRECTOR:

Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

Loja, mayo 2022

Certificación del director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera

Ing.

Leydi Maribel Mingo Morocho

DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICA:

Que ha supervisado el presente proyecto de investigación titulado “**SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022**” el mismo que cumple con lo establecido por el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano; por consiguiente, autorizo su presentación ante el tribunal respectivo.

Loja, 16 de mayo de 2022

.....

Firma

Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

Autoría

Yo SEGUNDO GERARDY DIAZ TORRES con C.I. N° 1105887754 declaro ser el autor del presente trabajo de tesis titulado **“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”**, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación.

Loja, 16 de mayo de 2022

.....

Firma

C.I. 1105887754

Autoría

Yo VICENTE SATLIN PINTO CÓRDOVA con C.I. N° 1105226656 declaro ser el autor del presente trabajo de tesis titulado **“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”**, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación.

Loja, 16 de mayo de 2022

.....

Firma

C.I. 1105226656

Dedicatoria

Gracias a esas personas importantes que siempre estuvieron ayudándome y apoyándome en todo este periodo educativo y sobre todo por brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poco de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo cariño esta tesis se la dedico a ustedes.

Segundo Gerardy Diaz Torres

Dedicatoria

Esta tesis la dedico a mis hijos Alejandro, Melani y al bebé que está en camino quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

También la dedico a mis padres que me han apoyado para no rendirme y poder profesionalizarme, además se la dedico a Marcia por acompañarme y apoyarme durante el proceso académico. Con todo cariño esta tesis se la dedico a ustedes.

Vicente Stalin Pinto Córdova

Agradecimiento

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme, y haberme llenado de sabiduría para alcanzar el primer paso profesional en mi vida.

Al Instituto Superior Tecnológico Sudamericano por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera que me apasiona, y poder realizar las determinadas prácticas en sus laboratorios y poder culminar.

A mi directora de tesis, Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho. Por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Y por último quiero terminar agradeciendo a toda mi familia Papá, Mamá, Hermanos en general, para ellos muchas gracias.

Segundo Gerardy Diaz Torres

Agradecimiento

El agradecimiento de mi tesis es principalmente a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante y nunca rendirme.

A los catedráticos del Instituto Sudamericano porque gracias a ellos he obtenido los conocimientos necesarios para poder desarrollar la tesis, de manera especial a mi directora de tesis Ing. Leydi Mingo y a los Ingenieros: Oscar Jiménez, Manuel Montaña, Cesar Carrión, Jhoana Briseño.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicar esta tesis a mis hijos, a mis padres, hermanos y amigos porque son la razón de sentirme orgulloso de culminar mi meta propuesta hace tres años, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Vicente Stalin Pinto Córdova

Acta de cesión de derechos**ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Conste por el presente documento la cesión de los derechos de proyecto de investigación de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

PRIMERA. - La Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho, por sus propios derechos, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera; y el señor Segundo Gerardy Diaz Torres; en calidad de autor del proyecto de investigación de fin de carrera; mayores de edad emiten la presente acta de cesión de derechos

SEGUNDA. - Segundo Gerardy Diaz Torres, realizó la Investigación titulada **“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”** para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica, en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja, bajo la dirección de la Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

TERCERA. - Es política del Instituto que los proyectos de investigación de fin de carrera se apliquen y materialicen en beneficio de la comunidad.

CUARTA. - Los comparecientes Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera y Segundo Gerardy Diaz Torres como autor, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en forma gratuita sus derechos en proyecto de investigación de fin de carrera titulada **“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-**

MARZO 2022” a favor del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja; y, conceden autorización para que el Instituto pueda utilizar esta investigación en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

QUINTA. - Aceptación. - Las partes declaran que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Para constancia suscriben la presente cesión de derechos, en la ciudad de Loja, en el mes de mayo del año 2022.

F. _____

Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

C.I. 1105653792

F. _____

Segundo Gerardy Diaz Torrez

C.I. 1105887754

Acta de cesión de derechos**ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Conste por el presente documento la cesión de los derechos de proyecto de investigación de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

PRIMERA. - La Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho, por sus propios derechos, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera; y el señor Pinto Córdova Vicente Stalin; en calidad de autor del proyecto de investigación de fin de carrera; mayores de edad emiten la presente acta de cesión de derechos

SEGUNDA. - Pinto Córdova Vicente Stalin, realizó la Investigación titulada **“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”** para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica, en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja, bajo la dirección de la Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

TERCERA. - Es política del Instituto que los proyectos de investigación de fin de carrera se apliquen y materialicen en beneficio de la comunidad.

CUARTA. - Los comparecientes Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera y Pinto Córdova Vicente Stalin como autor, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en forma gratuita sus derechos en proyecto de investigación de fin de carrera titulada **“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-**

MARZO 2022” a favor del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja; y, conceden autorización para que el Instituto pueda utilizar esta investigación en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

QUINTA. - Aceptación. - Las partes declaran que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Para constancia suscriben la presente cesión de derechos, en la ciudad de Loja, en el mes de mayo del año 2022.

F. _____

Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

C.I. 1105653792

F. _____

Pinto Córdova Vicente Stalin

C.I. 1105887754



Declaración juramentada

Loja, 16 de mayo de 2022

Nombres: Segundo Gerardy

Apellidos: Diaz Torrez

Cédula de Identidad: 1105887754

Carrera: Electrónica

Semestre de ejecución del proceso de titulación: Octubre 2021 – Marzo 2022

Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:

“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.
2. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. El trabajo de investigación de fin de carrera presentado no atenta contra derechos de terceros.
4. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente

dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma

Nro. Cédula 1105887754



Declaración juramentada

Loja, 16 de mayo de 2022

Nombres: Vicente Stalin

Apellidos: Pinto Córdova

Cédula de Identidad: 1105226656

Carrera: Electrónica

Semestre de ejecución del proceso de titulación: Octubre 2021 – Marzo 2022

Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:

“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

6. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.
7. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

8. El trabajo de investigación de fin de carrera presentado no atenta contra derechos de terceros.
9. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
10. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente

dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma

Nro. Cédula 1105226656

1. Índice de contenidos

1.1. Índice de temas

| | |
|--|------|
| Certificación del director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera ... | II |
| Autoría..... | III |
| Dedicatoria | V |
| Agradecimiento | VII |
| Acta de cesión de derechos | IX |
| Acta de cesión de derechos | XI |
| Declaración juramentada | XIII |
| 1. Índice de contenidos..... | 19 |
| 1.1. Índice de temas | 19 |
| 1.2. Índice de figuras | 23 |
| 1.3. Índice de tablas | 25 |
| 2. Resumen | 26 |
| 3. Abstract | 27 |
| 4. Problema..... | 28 |
| 5. Tema..... | 30 |
| 6. Justificación..... | 31 |
| 7. Objetivos | 33 |
| 7.1. Objetivo general | 33 |
| 7.2. Objetivos específicos..... | 33 |
| 8. Marco teórico | 34 |

| | |
|---|----|
| | 20 |
| 8.1. Marco Institucional..... | 34 |
| 8.2. Marco Conceptual | 43 |
| 8.2.1. Tecnología IOT..... | 43 |
| 8.2.2. Tecnología IoT en el sector agrícola..... | 44 |
| 8.2.3 Tecnología Sigfox..... | 45 |
| 8.2.4. Características técnicas de la tecnología Sigfox. | 46 |
| 8.2.5. Envío de mensajes usando tecnología Sigfox..... | 46 |
| 8.2.6. Soluciones de uso que ofrece la tecnología Sigfox..... | 47 |
| 8.2.7. Sistema GSM | 47 |
| 8.2.8. Sensor de temperatura y humedad DTH22..... | 49 |
| 8.2.9. Higrómetro FC-28..... | 51 |
| 9. Diseño Metodológico | 53 |
| 9.1. Métodos de investigación | 53 |
| 9.1.1. Método hermenéutico | 53 |
| 9.1.2. Método fenomenológico..... | 53 |
| 9.1.3. Método práctico proyectual | 54 |
| 9.2. Técnicas de investigación..... | 55 |
| 9.2.1. Investigación documental | 55 |
| 9.2.2. Observación | 55 |
| 9.2.3. Prueba y error..... | 56 |
| 10. Propuesta de acción..... | 57 |

| | |
|--|----|
| | 21 |
| 10.1. Construcción del invernadero..... | 57 |
| 10.2. Hardware | 58 |
| 10.2.1. Tarjeta UFOX. | 59 |
| 10.2.2. Tarjeta SIM900..... | 61 |
| 10.2.3. Arduino Uno | 63 |
| 10.2.4. Modulo Relé | 65 |
| 10.2.5. Sensor de temperatura y humedad DTH11..... | 66 |
| 10.2.6. Sensor de humedad de suelo FC-28..... | 67 |
| 10.2.7. Válvula solenoide ½” 12 VDC | 68 |
| 10.2.8. Servo motor MG 995 | 70 |
| 10.2.9. Aspersor de agua..... | 71 |
| 10.3. Software..... | 71 |
| 10.3.1. Backend Sigfox..... | 71 |
| 10.3.2. ThingSpeak | 72 |
| 10.4. Desarrollo de la propuesta..... | 73 |
| 10.4.1. Arquitectura de la tecnología Sigfox | 73 |
| 10.4.2. Diagrama de flujo de la tecnología Sigfox | 74 |
| 10.4.3. Diagrama electrónico de la tecnología Sigfox | 76 |
| 10.4.4. Arquitectura de la tecnología GSM | 77 |
| 10.4.5. Diagrama de flujo de la tecnología GSM | 78 |
| 10.4.6. Diagrama electrónico de la tecnología GSM..... | 79 |

| | |
|--|-----|
| | 22 |
| 10.4.7. Pruebas de funcionamiento..... | 81 |
| 10.4.8. Resultados obtenidos | 82 |
| 10.4.9. Comparativa de tecnologías..... | 85 |
| 10.4.10. Evaluación de los datos..... | 86 |
| 11. Conclusiones | 87 |
| 12. Recomendaciones..... | 88 |
| 13. Bibliografía..... | 89 |
| 14. Anexos..... | 92 |
| 14.1. Certificado de aprobación..... | 92 |
| 14.2. Autorización para la ejecución | 94 |
| 14.3. Certificado de implementación..... | 95 |
| 14.4. Certificado de aprobación del abstract | 96 |
| 14.5. Presupuesto..... | 97 |
| 14.6. Cronograma | 98 |
| 14.7. Programación..... | 99 |
| 14.7.1. Programación de la tecnología Sigfox | 99 |
| 14.7.2. Programación de la tecnología GSM | 103 |
| 14.8. Evidencias fotografías | 109 |

1.2. Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Estructura del modelo educativo | 40 |
| Figura 2 Conectividad IoT | 44 |
| Figura 3 Versatilidad de la tecnología SIGFOX | 45 |
| Figura 4 Etapas de mensajería..... | 46 |
| Figura 5 Sensor de temperatura y humedad DTH11 | 50 |
| Figura 6 Pines de conexión del sensor DTH11 | 51 |
| Figura 7 Higrómetro FC-28 | 52 |
| Figura 8 Pines de conexión del higrómetro FC-28 | 52 |
| Figura 9 Estructura externa del invernadero | 58 |
| Figura 10 Estructura interna del invernadero..... | 58 |
| Figura 11 Tarjeta Ufox..... | 59 |
| Figura 12 Descripción de los pines de la tarjeta Ufox | 61 |
| Figura 13 Tarjeta SIM 900..... | 62 |
| Figura 14 Arduino Uno | 63 |
| Figura 15 Modulo relé simple | 65 |
| Figura 16 Sensor de temperatura y humedad DTH11 | 66 |
| Figura 17 Sensor de humedad de suelo FC-28..... | 67 |
| Figura 18 Válvula solenoide | 69 |
| Figura 19 Servo motor MG 995..... | 70 |
| Figura 20 Aspersor de agua..... | 71 |
| Figura 21 Interfaz de comunicación entre backend de Sigfox y ThingSpeak | 72 |
| Figura 22 Plataforma ThingSpeak | 72 |
| Figura 23 Arquitectura del sistema de la tecnología Sigfox | 74 |

| | |
|---|-----|
| Figura 24 Diagrama de flujo de la tecnología Sigfox | 75 |
| Figura 25 Diagrama electrónico de la tecnología Sigfox..... | 76 |
| Figura 26 Arquitectura del sistema de la tecnología GSM | 78 |
| Figura 27 Diagrama de flujo de la tecnología GSM | 79 |
| Figura 28 Diagrama electrónico de la tecnología GSM..... | 80 |
| Figura 29 Visualización de resultados de la tecnología Sigfox | 83 |
| Figura 30 Visualización de resultados de la tecnología GSM | 84 |
| Figura 31 Colocación del sensor de humedad de tierra | 109 |
| Figura 32 Calibrando sensores y actuadores | 109 |
| Figura 33 Implementación de las tecnologías en el invernadero | 110 |
| Figura 34 Sistema GSM armado con sensores y actuadores..... | 110 |
| Figura 35 Sistema Sigfox armado con sensores y actuadores..... | 111 |
| Figura 36 Producción con la tecnología GSM | 111 |
| Figura 37 Producción con la tecnología Sigfox | 112 |

1.3. Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Características eléctricas de la tarjeta Ufox | 59 |
| Tabla 2 Características de radiofrecuencia de la tarjeta Ufox..... | 60 |
| Tabla 3 Características técnicas de la tarjeta SIM900 | 62 |
| Tabla 4 Características técnicas de la tarjeta arduino uno | 64 |
| Tabla 5 Características técnicas de un relé | 65 |
| Tabla 6 Características técnicas del sensor DTH11 | 66 |
| Tabla 7 Características técnicas del sensor FC-28..... | 68 |
| Tabla 8 Características técnicas de la electroválvula..... | 69 |
| Tabla 9 Características técnicas de un servomotor | 70 |
| Tabla 10 Pines de conexión de Sigfox | 77 |
| Tabla 11 Pines de conexión de GSM | 80 |
| Tabla 12 Resultados obtenidos..... | 84 |
| Tabla 13 Comparativa técnica de las tecnologías | 86 |
| Tabla 14 Presupuesto | 97 |
| Tabla 15 Cronograma..... | 98 |

2. Resumen

Hoy en día es muy usual tener un espacio donde se producen plantas de ciclo corto en el área urbana pero cabe mencionar que son sistemas manuales y no automatizados es por ello surge el siguiente proyecto el mismo que está enfocado en la automatización de un invernadero basado en tecnologías emergentes, y para cumplir con el objetivo principal hacemos uso de la tecnología Sigfox y GSM, las mismas que ayudan a automatizar un sistema donde se ofrezca un ambiente ideal de crecimiento y producción a las plantas. Para el desarrollo de esta investigación se empleó los métodos fenomenológicos, hermenéutico y practico proyectual para recopilar la información necesaria y entender las causas por las que se originan el problema. Las técnicas documental y observación nos permitieron seleccionar y entender el funcionamiento de diferentes herramientas de hardware y software, también se implementó la técnica de prueba y error para evaluar que los sistemas electrónicos y la programación funcionen en conjunto y de manera correcta. Para la visualización de los datos en tiempo real se usó la plataforma ThingSpeak y con los datos obtenidos se logró determinar que la eficiencia del sistema Sigfox tiene un 95%, en diferencia a la del sistema GSM que alcanzo únicamente un 90.8% de eficiencia. Se puede concluir que la tecnología Sigfox es más eficiente en el manejo de un invernadero, además el prototipo cumple con los objetivos planteados ya que los sensores y actuadores trabajan de manera eficiente y aseguran una buena producción de las plantas.

3. Abstract

Nowadays it is very common to have a space where short cycle plants are produced in the urban area but it is worth mentioning that they are manual systems and not automatized, therefore emerges the following project which is focused on the automation of a greenhouse based on emerging technologies, and in order to meet the main objective the Sigfox and GSM technology is used, which help to automate a system where an ideal environment of growth and production is offered to the plants. For the development of this research we used the phenomenological, hermeneutic and practical methods to gather the necessary information and understand the causes of the problem. The documentary and observation techniques allowed us to select and understand the operation of different hardware and software tools, also the trial and error technique was implemented to evaluate that the electronic systems and programming work together and correctly. Therefore, for the visualization of the data in real time, the ThingSpeak platform was used, and with the data obtained it was possible to determine that the efficiency of the Sigfox system is 95%, in contrast to the GSM system that reached only 93.3% of efficiency. It can be concluded that the Sigfox technology is more efficient in the management of a greenhouse, and the prototype meets the objectives established, since the sensors and actuators work efficiently and ensure a good production of the plants.

4. Problema

En la actualidad todo se está industrializando incluso en el campo agrícola la tecnología nos ofrece una variedad de equipos automatizados que son controlados desde un computador o celular. En China y España cuentan con un sistema de cultivo protegido que ayuda a ahorrar un 50% de energía y casi total la intervención de mano de obra humana. La tecnología del Internet de las cosas (IoT) permite proteger el medio ambiente y tener una mejor rentabilidad en su producción (Anon n.d.).

Ecuador tiene uno de los invernaderos más modernos de América Latina, el mismo que se encarga de la producción de diferentes tipos de papa, cuyo proyecto ayuda a aumentar la producción de semillas de papa de alta calidad, el mismo está dirigido a productores privados y campesinos, cabe recalcar que los invernaderos están equipados con tecnología de punta, además se ejecutó en el marco del proyecto nacional de Innovación Tecnológica, Participativa y de Producción Agrícola y de ella se beneficiaron 90.000 personas directamente y 250.000 más relacionadas con la comercialización (Muñoz and Andrade, 2016).

En la ciudad de Loja no existen invernaderos con tecnología (IOT), sin embargo, existen invernaderos ecológicos donde permiten regular la temperatura, la humedad del aire y de la luz de una forma rustica con paredes de cristal, pero a estos sistemas falta llevarlos a otro nivel donde se pueda implementar la tecnología, es necesario recalcar que con una innovación se puede mejorar la producción de las plantas tomando en cuenta cada uno de los factores que influyen en el desarrollo de las mismas, y así evolucionar de una manera óptima en la ciudad en el tema de automatización de invernaderos. De igual forma una de las limitantes de implementar invernaderos en la ciudad es la condición climática que afecta a la producción de las plantas de ciclo corto, uno de los anhelos es tener un invernadero con tecnología de

punta, es importante mencionar que en la actualidad las tecnologías se basan en hechos, por tanto, un gestor de problemas en las tecnologías es la confiabilidad al momento de tener resultados (Agila Conza and Maldonado R. 2006).

5. Tema

“SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE
LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021 –
MARZO 2022”

6. Justificación

Se plantea un sistema automatizado para el control y manejo de dos invernaderos con la ayuda de sensores de temperatura y humedad del suelo, gracias a sus datos obtenidos podemos ofrecerles un clima ideal a las plantas, como por ejemplo darles agua por medio de aspersor si ellas la necesitan, además es ideal implementar dispositivos que trabajen en conjunto y ayuden de forma eficiente al crecimiento de las plantas de ciclo corto.

El proyecto se basó en usar las tecnologías Sigfox y GSM, las mismas que trabajaron con sensores y actuadores de una manera conjunta, y con el trabajo que realice cada uno de los sistemas ayudarán a recopilar los datos necesarios para conocer qué necesitan las plantas durante su desarrollo o proceso de crecimiento, tomando en cuenta que uno de los factores más relevantes es el clima y finalmente determinaremos cuál de los dos sistemas es más útil para la automatización del invernadero.

El presente proyecto se lo realizo en las instalaciones del Instituto Sudamericano para que sirva de guía y estudio para los alumnos de la carrera de electrónica, además este proyecto es netamente para investigación ya que los dos sistemas permitirán analizar que tecnología es mejor para el manejo de un invernadero urbano, así mismo ayudo a los estudiantes a conocer mejor la carrera, de cómo usar la tecnología en la vida diaria y mucho mejor en la producción de nuestro propio alimento, cabe recalcar que este proyecto es requisito indispensable para obtener el título de tercer nivel en la Tecnología Superior en Electrónica.

Científicamente, este proyecto fue posible porque tenemos los conocimientos previos adquiridos a lo largo del estudio de estos dos años y medio en la carrera de electrónica de los cuales son muy útiles para el desarrollo de este proyecto, donde se

puso en práctica nuestras habilidades y destrezas en el área de programación, sistema de automatización y control y electrónica de potencia, además en el ámbito tecnológico especialmente se enfocó en el sistema IoT y una de las tecnologías emergentes dispuestas a llevar a cabo este proyecto es la Sigfox y GSM, que nos brindarán las herramientas necesarias para automatizar el invernadero, como también poder visualizar los datos en tiempo real. Además, una de las estrategias principales es converger cada uno de los dispositivos conectados entre sí, donde cada uno realice su trabajo de forma eficiente.

7. Objetivos

7.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de automatización de invernadero a través de las tecnologías Sigfox y GSM y manejar la producción de plantas de ciclo corto en áreas urbanas.

7.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación minuciosa sobre automatización de invernaderos mediante fuentes bibliográficas confiables, y así poder determinar las posibles formas de implementación de los sistemas.
- Automatizar dos invernaderos, uno con tecnología GSM y otro con tecnología Sigfox para la toma de datos en tiempo real y lograr un manejo eficiente de los mismos.
- Monitorear los invernaderos con los sensores de temperatura y humedad para identificar las condiciones óptimas para la producción y cultivo de las plantas de ciclo corto.
- Recopilar los datos generados por los sensores tanto del sensor de humedad de la tierra como el de temperatura y humedad de ambiente de los dos invernaderos y con los datos obtenidos realizar una comparación técnica para evaluar qué sistema funciona mejor, tanto en la automatización como en el desarrollo de las plantas.

8. Marco teórico

8.1. Marco Institucional

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



8.1.1. Reseña histórica

El Señor Manuel Alfonso Manitio Conumba, crea el Instituto Técnico Superior Particular Sudamericano, para la formación de TÉCNICOS, por lo que se hace el trámite respectivo en el Ministerio de Educación y Cultura, y con fecha 4 de junio de 1996, autoriza con resolución Nro. 2403, la CREACIÓN y el FUNCIONAMIENTO de este Instituto Superior, con las especialidades del ciclo pos bachillerato de:

1. Contabilidad Bancaria
2. Administración de Empresas, y;
3. Análisis de Sistemas

Para el año lectivo 1996-1997, régimen costa y sierra, con dos secciones diurno y nocturno facultando otorgar el Título de Técnico Superior en las especialidades autorizadas. Posteriormente, con resolución Nro. 4624 del 28 de noviembre de 1997, el Ministerio de Educación y Cultura, autoriza el funcionamiento del ciclo pos bachillerato, en las especialidades de:

1. Secretariado Ejecutivo Trilingüe, y;
2. Administración Bancaria.

Con resolución Nro. 971 del 21 de septiembre de 1999, resuelve el Ministerio de Educación y Cultura, elevar a la categoría de INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR PARTICULAR SUDAMERICANO, con las especialidades de:

1. Administración Empresarial
2. Secretariado Ejecutivo Trilingüe
3. Finanzas y Banca, y;
4. Sistemas de Automatización

Con oficio circular nro. 002-DNPE-A del 3 de junio de 2000, la Dirección Provincial de Educación de Loja, hace conocer la nueva Ley de Educación Superior, publicada en el Registro Oficial, Nro. 77 del mes de junio de 2000, en el cual dispone que los Institutos Superiores Técnicos y Tecnológicos, que dependen del Ministerio de Educación y Cultura, forman parte directamente del “Sistema Nacional de Educación Superior” conforme lo determina en los artículos 23 y 24. Por lo tanto en el mes de noviembre de 2000, el Instituto Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja, pasa a formar parte del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) con Registro Institucional Nro. 11-009 del 29 de noviembre de 2000.

A medida que avanza la demanda educativa el Instituto propone nuevas tecnologías, es así que con Acuerdo Nro. 160 del 17 de noviembre de 2003, la Dirección Ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) otorga licencia de funcionamiento en la carrera de:

1. Diseño Gráfico y Publicidad.

Para que conceda títulos de Técnico Superior con 122 créditos de estudios y a nivel Tecnológico con 185 créditos de estudios.

Finalmente, con Acuerdo Nro. 351 del 23 de noviembre de 2006, el Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) acuerda otorgar licencia de funcionamiento para las tecnologías en las carreras de:

1. Gastronomía
2. Gestión Ambiental
3. Electrónica, y;
4. Administración Turística.

Otorgando los títulos de Tecnólogo en las carreras autorizadas, previo el cumplimiento de 185 créditos de estudio.

Posteriormente y a partir de la creación del Consejo de Educación Superior (CES) en el año 2008, el Tecnológico Sudamericano se somete a los mandatos de tal organismo y además de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT), del Consejo Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES); así como de sus organismos anexos.

Posterior al proceso de evaluación y acreditación dispuesto por el CEAACES; y, con Resolución Nro. 405-CEAACES-SE-12-2106, de fecha 18 de mayo del 2016 se otorga al Instituto Tecnológico Superior Sudamericano la categoría de “Acreditado” con una calificación del 91% de eficiencia.

Actualmente las autoridades del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano se encuentran laborando en el proyecto de rediseño curricular de sus carreras con el fin de que se ajusten a las necesidades del mercado laboral y aporten al cambio de la Matriz Productiva de la Zona 7 y del Ecuador.

8.1.2. Misión, visión y valores

Desde sus inicios la MISIÓN y VISIÓN, han sido el norte de esta institución y que detallamos a continuación:

8.1.2.1. Misión. “Formar gente de talento con calidad humana, académica, basada en principios y valores, cultivando pensamiento crítico, reflexivo e investigativo, para que comprendan que la vida es la búsqueda de un permanente aprendizaje”

8.1.2.2. Visión. “Ser el mejor Instituto Tecnológico del país, con una proyección internacional para entregar a la sociedad, hombres íntegros, profesionales excelentes, líderes en todos los campos, con espíritu emprendedor, con libertad de pensamiento y acción”

8.1.2.3. Valores. Libertad, Responsabilidad, Disciplina, Constancia y estudio.

8.1.3. Referentes académicos

Todas las metas y objetivos de trabajo que desarrolla el Instituto Tecnológico Sudamericano se van cristalizando gracias al trabajo de un equipo humano: autoridades, planta administrativa, catedráticos, padres de familia y estudiantes; que día a día contribuyen con su experiencia y fuerte motivación de pro actividad para lograr las metas institucionales y personales en beneficio del desarrollo socio cultural y económico de la provincia y del país. Con todo este aporte mancomunado la familia sudamericana hace honor a su slogan “gente de talento hace gente de talento”.

Actualmente la Mgs. Ana Marcela Cordero Clavijo, es la Rectora titular; Ing. Patricio Villamarín coronel. - Vicerrector Académico.

El sistema de estudio en esta Institución es por semestre, por lo tanto, en cada semestre existe un incremento de estudiantes, el incremento es de un 10% al 15% esto

es desde el 2005. Por lo general los estudiantes provienen especialmente del cantón Loja, pero también tenemos estudiantes de la provincia de Loja como: Cariamanga, Macará, Amaluza, Zumba, Zapotillo, Catacocha y de otras provincias como: El Oro (Machala), Zamora, la cobertura académica es para personas que residen en la Zona 7 del país.

8.1.4. Políticas institucionales

- Las políticas institucionales del Tecnológico Sudamericano atienden a ejes básicos contenidos en el proceso de mejoramiento de la calidad de la educación superior en el Ecuador.
- Esmero en la atención al estudiante: antes, durante y después de su preparación tecnológica puesto que él es el protagonista del progreso individual y colectivo de la sociedad.
- Preparación continua y eficiente de los docentes; así como definición de políticas contractuales y salariales que le otorguen estabilidad y por ende le faciliten dedicación de tiempo de calidad para atender su rol de educador.
- Asertividad en la gestión académica mediante un adecuado estudio y análisis de la realidad económica, productiva y tecnología del sur del país para la propuesta de carreras que generen solución a los problemas.
- Atención prioritaria al soporte académico con relevancia a la infraestructura y a la tecnología que permitan que docentes y alumnos disfruten de los procesos enseñanza – aprendizaje.
- Fomento de la investigación formativa como medio para determinar problemas sociales y proyectos que propongan soluciones a los mismos.

- Trabajo efectivo en la administración y gestión de la institución enmarcado en lo contenido en las leyes y reglamentos que rigen en el país en lo concerniente a educación y a otros ámbitos legales que le competen.
- Desarrollo de proyectos de vinculación con la colectividad y preservación del medio ambiente; como compromiso de la búsqueda de mejores formas de vida para sectores vulnerables y ambientales.

8.1.5. Objetivos institucionales

Los objetivos del Tecnológico Sudamericano tienen estrecha y lógica relación con las políticas institucionales, ellos enfatizan en las estrategias y mecanismos pertinentes:

- Atender los requerimientos, necesidades, actitudes y aptitudes del estudiante mediante la aplicación de procesos de enseñanza – aprendizaje en apego estricto a la pedagogía, didáctica y psicología que dé lugar a generar gente de talento.
- Seleccionar, capacitar, actualizar y motivar a los docentes para que su labor llegue hacia el estudiante; por medio de la fijación legal y justa de políticas contractuales.
- Determinar procesos asertivos en cuanto a la gestión académica en donde se descarte la improvisación, los intereses personales frente a la propuesta de nuevas carreras, así como de sus contenidos curriculares.
- Adecuar y adquirir periódicamente infraestructura física y equipos tecnológicos en versiones actualizadas de manera que el estudiante domine las TIC'S que le sean de utilidad en el sector productivo.

- Priorizar la investigación y estudio de mercados; por parte de docentes y estudiantes aplicando métodos y técnicas científicamente comprobados que permitan generar trabajo y productividad.
- Planear, organizar, ejecutar y evaluar la administración y gestión institucional en el marco legal que rige para el Ecuador y para la educación superior en particular, de manera que su gestión sea el pilar fundamental para lograr la misión y visión.
- Diseñar proyectos de vinculación con la colectividad y de preservación del medio ambiente partiendo del análisis de la realidad de sectores vulnerables y en riesgo de manera que el Tecnológico Sudamericano se inmiscuya con pertinencia social.

8.1.6. Estructura del modelo educativo y pedagógico del instituto tecnológico superior sudamericano

Figura 1

Estructura del modelo educativo



Imagen tomada de: (Instituto Tecnológico Superior Sudamericano, 2013)

8.1.7. Plan estratégico de desarrollo

El Instituto Tecnológico Superior Sudamericano cuenta con un plan de desarrollo y crecimiento institucional trazado desde el 2016 al 2020; el cual enfoca puntos centrales de atención:

- Optimización de la gestión administrativa.
- Optimización de recursos económicos.
- Excelencia y carrera docente.
- Desarrollo de investigación a través de su modelo educativo que implica proyectos y productos integradores para que el alumno desarrolle: el saber ser, el saber y el saber hacer.
- Ejecución de programas de vinculación con la colectividad.
- Velar en todo momento por el bienestar estudiantil a través de: seguro estudiantil, programas de becas, programas de créditos educativos internos, impulso académico y curricular.
- Utilizar la TIC`S como herramienta prioritaria para el avance tecnológico.
- Automatizar sistemas para operativizar y agilizar procedimientos.
- Adquirir equipo, mobiliario, insumos, herramientas, modernizar laboratorios a fin de que los estudiantes obtengan un aprendizaje significativo.
- Rendir cuentas a los organismos de control como CES, SENESCYT, CEAACES, SNIESE, SEGURO SOCIAL, SRI, Ministerio de Relaciones Laborales; CONADIS, docentes, estudiantes, padres de familia y la sociedad en general.
- Adquirir el terreno para la edificación de un edificio propio y moderno hasta finales del año dos mil quince.

La presente información es obtenida de los archivos originales que reposan en esta dependencia. (Instituto Tecnológico Superior Sudamericano, 2013).

Tlga. Carla Sabrina Benítez Torres

SECRETARIA DEL INSTITUTO SUDAMERICANO

8.2. Marco Conceptual

8.2.1. Tecnología IOT

Es una red de objetos físicos los cuales se puede monitorear desde la nube en base a datos. Internet de las cosas tiene la finalidad que los objetos se detecten y controlen a través de infraestructura de red, creando diversas habilidades para una interacción directa del mundo físico en computadoras oportunidades se puede resaltar que un sistema IoT se traduce en una mayor eficiencia y precisión (Khan, 2019).

Existen varios aspectos destacados a través de la historia de la IoT entre los cuales tenemos que el internet de las cosas fue utilizado por primera vez por Kevin Ashton en 1999, sin embargo, la IoT se creó entre los años 2008 y 2009. Internet de las cosas IoT es una arquitectura basada en la Internet global que facilito el intercambio de bienes y servicios entre redes de la cadena de suministro y que tiene un impacto importante en la seguridad y privacidad (Rose, 2015).

8.2.1.1. Concepto de IoT. Se puede resumir en una combinación de sensores o actuadores, que tienen la finalidad de transmitir y receptor información digitalizada en base a datos para ser utilizados en diferentes servicios, en la figura 2 se puede evidenciar el trabajo en conjunto que realiza el sistema IoT con los usuarios, la conectividad y los sensores (Salazar and Silvestre, 2017).

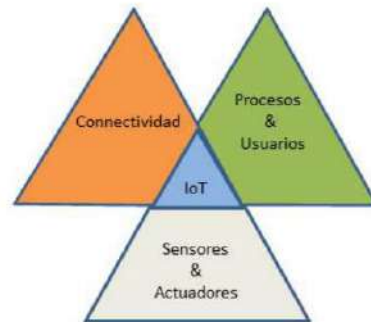
Figura 2*Conectividad IoT*

Imagen tomada de: <https://core.ac.uk/download/pdf/81581111.pdf>

8.2.2. Tecnología IoT en el sector agrícola.

Anteriormente, la agricultura se realiza en base a una tarea por mano de obra de los agricultores tales como siembra y cosecha, en la actualidad la tecnología en el sector agrícola ha tenido un fuerte impacto por parte de los investigadores, con la colaboración de IoT ha permitido analizar y procesar datos en la nube.

“El Internet de las Cosas (IoT) es una red de objetos tales como sensores y actuadores conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas donde pueden capturar datos de forma autónoma y auto configurable de forma inteligente basada en hechos del mundo físico.” (Montoya et al., 2017)87.2.3. Low Power Area Networks (LPWAN).

Se hace referencia a las redes de área extensa y es un elemento principal para la necesidad del uso de dispositivos para IoT, para que estos tengan conectividad en grandes distancias. Las redes LPWAN son las tecnologías de comunicación inalámbrica que permiten transmitir datos entre un dispositivo y una estación base/Gateway separados por centenares de metros con un muy bajo consumo energético, Por sus características, estas tecnologías están posibilitando el despliegue

de las mayores iniciativas IoT actuales. Al ser diseñadas específicamente para este entorno, permiten instalar decenas o centenares de nodos distribuidos por una gran área, alimentados con baterías que duran años y sin necesidad de grandes infraestructuras o costosas tiradas de cable (Montoya et al., 2017).

8.2.3 Tecnología Sigfox

Sigfox es una tecnología fundada por Ludovic Le Moan y Christophe Fourtet en el año 2009, con el objetivo de construir una red LPWA que operara a bajo costo, con un bajo consumo de energía y que estuviera enfocada en el internet de las cosas, hoy en día la tecnología Sigfox se encuentra presente en: Francia, España, Reino Unido, Holanda, Estados Unidos, entre otros y está comenzando a tener cobertura en América latina (Khan, 2019).

8.2.3.1. Concepto de tecnología sigfox. Es una red que permite enviar datos sin tener que mantener conexiones de red, y su costo de módulo Sigfox es bajo y también su consumo de energía puesto que envía pequeñas cadenas de datos en la figura 3 se puede observar la versatilidad de la tecnología Sigfox (Khan, 2019).

Figura 3

Versatilidad de la tecnología SIGFOX



Imagen tomada de: <https://idus.us.es/handle/11441/28428>

8.2.4. Características técnicas de la tecnología Sigfox.

Todos los sistemas IoT se caracterizan por tener una definición del manejo adecuando de la tecnología para esto se puede revisar la tabla 1 que muestra algunas características técnicas de la tecnología Sigfox.

8.2.5. Envío de mensajes usando tecnología Sigfox.

La mensajería por la tecnología Sigfox se realiza en 4 ciclos en base a la estructura de la figura 4, en la que se puede evidenciar como es la estructura de comunicación de la tecnología Sigfox y sus respectivas etapas de mensajería.

Figura 4

Etapas de mensajería



Imagen tomada de: <https://idus.us.es/handle/11441/28428>

- En la figura 4 se muestra que la primera etapa envía un mensaje hacia la estación de base Sigfox.
- La estación de base más cerca al módulo emisor revise el mensaje.
- Envían el mensaje a la nube.
- El mensaje enviado se almacena y permite interconectar hacia una plataforma para su respectivo monitoreo.

8.2.6. Soluciones de uso que ofrece la tecnología Sigfox

La tecnología Sigfox es una red de conectividad celular a nivel mundial la cual ofrece un detallado tipo de soluciones, este tipo de tecnología está diseñada para los siguientes usos:

- Comunicación de baja velocidad
- Eficiencia energética.
- Variables de confort internas de los edificios.
- Variables ambientales externas.
- Monitorización de funcionamiento de instalaciones de producción.
- Variables de interés para el sector agrícola.
- Detección de incidencias, inundaciones o de presencia.
- Posibilidad de dar conectividad Sigfox a sensores MODBUS (Khan, 2019).

8.2.7. Sistema GSM

Sistema GSM Actualmente GSM es usado mundialmente, porque se lo encuentra en más de 200 países y tiene más de mil millones de usuarios, lo que facilita tener a los usuarios una cobertura mundial. La tecnología GSM no es solo transmisión de voz si no que nos ofrece nuevas formas de comunicación, esta tecnología digitaliza y comprime los datos con información del usuario y los envía a través de un canal (Anon, n.d.).

8.2.7.1. Factores del éxito de GSM. Los factores que han permitido y han contribuido con el éxito de GSM en los últimos tiempos son:

- Abaratar y la simplificación del uso de la telefonía móvil.
- Aceptación de carácter universal.
- Compatibilidad con las tecnologías actuales y futuras.

- Mejora en la calidad de voz.
- Distinción de los tipos de datos y adecuación a cada uno de ellos.
- Incorpora mecanismos de seguridad fiables.
- La seguridad en sistemas GSM

La seguridad del Sistema GSM es la que nos garantiza tener la privacidad, integridad y confidencialidad de las llamadas que realizan los usuarios, donde trabaja conjuntamente con la tarjeta SIM que nos da el módulo de identidad de un suscriptor personal e información del servicio que puede ser insertada en cualquier móvil (Sánchez, 2005).

8.2.7.2 Arquitectura GSM. El Sistema GSM se divide en tres niveles principales y un controlador como son:

- Estación móvil
- Estación base
- Estación de transmisión
- Controlador de la estación

8.2.7.3. Servicios actuales de GSM. El éxito de GSM es que es diseñada como una plataforma independiente, esto nos permite a los usuarios diseñar distintos productos que proporcionen las funcionalidades requeridas, con un estándar abierto trajo consigo un mercado global y múltiples proveedores para infraestructura, terminales y desarrollo de aplicaciones. En la actualidad GSM ofrece una amplia variedad de servicios y aplicaciones que pueden ser implementadas por los operadores en sus sistemas (López, 2021).

8.2.7.4. Ventajas del GSM. Es una plataforma GSM se puede implementar más rápidamente, ya que no requiere licencia, torres, repetidores o permisos de paso

en terrenos. De igual modo, el GSM presenta tres ventajas adicionales que han resultado claves para su extensión como lo son una cobertura universal con antenas de tamaño reducido, módems GSM a precios competitivos, bajo consumo energético. Aunque GSM presenta diversas ventajas nos centraremos en aquellas que están relacionadas con el objeto de estudio.

La tecnología GSM hace posible controlar las anomalías de los equipos como si estuviera verdaderamente presente ante ellos. Todos los procesos de control se realizan en un corto espacio de tiempo y la configuración de los programas y su prueba son inmediatos.

Al emplear un sistema de comunicaciones móvil, se resuelve los problemas y fallos que puedan ocasionar en la planta, pues posee la capacidad de control y comunicación inalámbricos mediante terminales móviles, permitiendo a los usuarios además de una comunicación desde su teléfono celular, tener una línea de control y monitorización estable, Esto permite realizar el control directo de los instrumentos en cualquier instante, sin las restricciones de lugar de conexión y fiabilidad (Díaz and Cobo, 2004).

8.2.8. Sensor de temperatura y humedad DTH22

El DHT22 es un sensor de temperatura y humedad que los valores que nos muestra son muy precisos con poco rango de error, Este tipo de dispositivo es muy fácil de adquirir ya que se lo encuentra en cualquier tienda electrónica, Además su costo es muy bajo a disponibilidad de cualquier persona. Tiene una gran ventaja ya que con el mismo dispositivo se puede medir temperatura y humedad al mismo tiempo.

El sensor ha sido diseñado especialmente para ser usado con arduino, porque tiene una gran facilidad de montarse sobre una placa PCB ya lista para usar, y sin

necesidad de colocar resistencias pull-up. También se podría decir que es un dispositivo con alta fiabilidad y estabilidad debido a la señal digital calibrada que usa, en la figura 5 se muestra el sensor de temperatura y humedad dth11 (L. Isaac, 2016).

Figura 5

Sensor de temperatura y humedad DTH11



DHT11

Imagen tomada de: <https://www.hwlibre.com/dht22/>

Recuerda que tiene 3 pines que debes usar: GND, Vcc y Datos. El pin 3 no se usa y en algunos módulos viene anulado, es decir, solo verás tres pines, Aunque la mayor parte de valores pueda parecerse igual, podría haber alguna pequeña variación de uno a otro. A continuación, presentamos sus características técnicas más importantes:

- Alimentación de 3,3v a 6v
- Consumo de corriente de 2,5mA
- Señal de salida digital
- Rango de temperatura de -40°C a 125°C
- Precisión para medir temperatura a 25°C de 0.5°C de variación
- La resolución para medir temperatura es de 8-bit, 0,1°C
- La humedad puede medir desde 0% RH hasta los 100% RH

- Con precisión para la humedad del 2-5% RH para temperaturas que se encuentren entre 0-50°C
- La resolución es de 0,1% RH, no puede captar variaciones por debajo de esa
- Frecuencia de muestreo de 2 muestras por segundo: 2Hz

En la figura 6 se muestra el detalle de los pines de conexión del sensor DTH22.

Figura 6

Pines de conexión del sensor DTH11

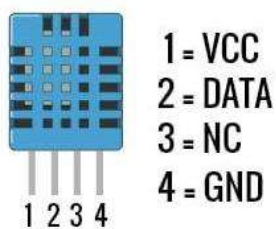


Imagen tomada de: <https://www.hwlibre.com/dht22/>

8.2.9. Higrómetro FC-28

Un higrómetro de suelo FC-28 es un sensor que mide la humedad del suelo, es un sensor que se usa en sistemas automáticos de riego, el mismo que nos ayuda activar una bomba de agua, el FC-28 muy sencillo usar ya que mide la humedad del suelo por la variación de su conductividad. Este dispositivo se distribuye con una placa de medición estándar que permite obtener la medición con un valor analógico o como una salida digital, que se activa cuando la humedad supera un cierto umbral.

Los valores obtenidos van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en el aire (o en un suelo muy seco). Un suelo ligeramente húmedo daría valores típicos de 600-700. Un suelo seco tendrá valores de 800-1023. La salida digital dispara cuando el valor de humedad supera un cierto umbral, que ajustamos mediante el potenciómetro. Por tanto, obtendremos una señal LOW cuando el suelo no está húmedo, y HIGH cuando

la humedad supera el valor de consigna, en la figura 7 se muestra en sensor de para medir la humedad del suelo (Llamas, 2016).

Figura 7

Higrómetro FC-28

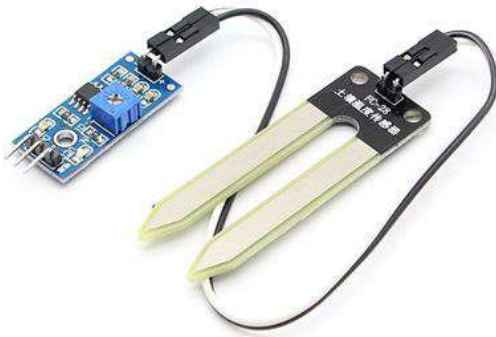


Imagen tomada de: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>

8.2.9.1. Esquema de montaje. El esquema eléctrico es sencillo. Alimentamos el módulo conectando GND y 5V a los pines correspondientes de Arduino, y si queremos usar la lectura analógica, conectamos la salida A0 a una de las entradas analógicas de Arduino, en la figura 8 se muestra el esquema de montaje del sensor.

Figura 8

Pines de conexión del higrómetro FC-28

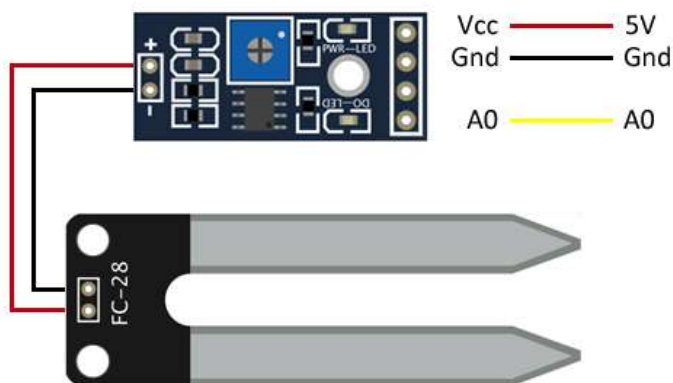


Imagen tomada de: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>

9. Diseño Metodológico

9.1. Métodos de investigación

9.1.1. Método hermenéutico

El método hermenéutico corresponde a una técnica de interpretación de textos, escritos u obras artísticas de distintos ámbitos. Su propósito principal es servir de ayuda en el área comprensiva de un texto (Rodríguez, 2019).

La hermenéutica no es un simple método, por oposición al científico, sino que más bien es un enfoque amplio que se plantea las condiciones en las que se produce la comprensión de un fenómeno. El carácter abarcador del lenguaje sobre todo lo conocido hace que para la hermenéutica la interpretación lingüística presente una importancia primordial en cualquier metodología que pretenda alcanzar conocimiento. El enfoque hermenéutico rechaza la lógica instrumental del método científico, ya que se pregunta por los fines y no solo por los medios (Aránguez, 2016).

En el inicio del presente proyecto se aplicó el método hermenéutico, el mismo que ayudó a analizar la información recopilada de distintas fuentes bibliográficas tales como sitios web, revistas, libros, papers, monografías y tesis, que tenían relación con el tema de investigación. Además, aportó con ideas más claras, que sirvieron de guía para realizar de forma correcta la automatización de los invernaderos, así mismo permitió conocer las herramientas o materiales que serán de mucha utilidad para el desarrollo del mismo.

9.1.2. Método fenomenológico

El método fenomenológico está orientado a la descripción e interpretación de las estructuras fundamentales de la experiencia vivida, al reconocimiento del significado del valor pedagógico de esta experiencia. Este método compone un

acercamiento coherente y estricto al análisis de las dimensiones éticas, relacionales y prácticas propias de la pedagogía cotidiana, dificultosamente accesible, a través de los habituales enfoques de investigación. En esta contribución, se exhibe la potencialidad y aporte particular del método para la indagación educativa y se presentan ciertas nociones metodológicas y actividades básicas para la práctica investigativa. La fenomenología en la educación se ajusta a las experiencias de los agentes de la comunidad educativa, así como en el entendimiento del significado y sentido de estas. En este método, se patrocinan procedimientos y técnicas específicas para la recopilación de información, tratamiento e interpretación de las mismas. Es oportuno recalcar que el enfoque fenomenológico demanda, como condición indefectible, el conocimiento de los principios filosóficos que sostienen esta teoría (Fuster, 2019).

En segunda instancia, se aplicó el método fenomenológico con el cual se pudo evidenciar que hay una gran cantidad de invernaderos la cual su forma de manejo es manual donde el trabajo humano es indispensable para su cuidado. Es por ello que se propuso adecuar en un espacio urbano la colocación de dos invernaderos automatizados, los mismos que trabajaron de forma independiente, su trabajo fue cuidar el manejo de algunas plantas de ciclo corto y proporcionarles agua cuando ellas lo necesiten de acuerdo a la humedad de la tierra, estos sistemas ayudarán a minimizar el cuidado diario de un humano, ya que para su control y manejo se lo realizo desde un medio tecnológico.

9.1.3. Método práctico proyectual

El método proyectual consiste simplemente en una serie de operaciones necesarias, dispuestas en un orden lógico dictado por la experiencia. Su finalidad es la de conseguir un máximo resultado con el mínimo esfuerzo (Sánchez, 2011).

El método práctico proyectual, se reflejó en la aplicación de dos sistemas electrónicos basados en la tecnología IoT, que permitieron resolver las actividades diarias, como son la dotación de agua a las plantas y ventilación del ambiente. Además, mediante pruebas de campo correspondientes poder realizar una comparativa técnica y así poder especificar cuál es el mejor sistema trabajando en la automatización del invernadero y de esta manera cumplir con todos los objetivos planteados.

9.2. Técnicas de investigación

9.2.1. Investigación documental

El término de una investigación documental adquiere carta de ciudadanía a partir del INFROME UNISIST, en cual el investigador redacta abordar el tema central del proyecto, Según Alfonso en 1995 la investigación es un procedimiento científico, en proceso sistemático de recolección, organización e indagación para conceptualizar cada proceso de investigación (Tancara Q, 1993).

La investigación documental nos ayudó a buscar fuentes de investigación para interpretar y mejorar futuros proyectos, lo incluimos en nuestro proyecto para tener una estrategia de observación y reflexión sistemática sobre realidades teóricas y empíricas donde se indago y se presentó datos de algunos documentos de un tema determinado.

9.2.2. Observación

La observación requiere la recopilación o captación de información por lo cual es un elemento fundamental de todo proceso de investigación en el cual el investigador de apoya para obtener un mayor número de datos posibles la observación está influida por marco teórico por lo cual se basa en la visualización del comportamiento de los objetos para generar una construcción de hipótesis (Mercedes, 1384).

La observación se clasifica en dos tipos de observación las cuales son las siguientes:

- Observación científica: se define en observar el comportamiento de un objeto claro, definido y preciso.
- Observación no científica: se define en observar sin intención.

Mediante esta técnica de observación se pudo obtener información, la misma que fue utilizada durante la construcción y verificación del funcionamiento de los equipos instalados en el invernadero.

9.2.3. Prueba y error

Esta técnica es de conocimiento, reparación o solución de problemas en la cual se prueba una posibilidad y luego se comprueba si sirve o no, por lo que también es conocida como el método de prueba y error. En el caso de que el resultado no sea el esperado, se intenta con una nueva alternativa, y así, hasta obtener un resultado positivo.

Se utilizó la técnica de prueba y error al momento de la implementación de los dos sistemas electrónicos para la automatización el cual permitió evaluar el comportamiento y funcionamiento de cada uno de los sistemas. A partir de su desenvolvimiento se pudo determinar cuál cumple todos los parámetros técnicos dentro de una automatización, además con las dificultades que se presentaron pudimos hacer un proyecto más robusto y minimizar los errores.

10. Propuesta de acción

La propuesta de acción detalla la elaboración de dos sistemas de automatización de un invernadero, donde permitió producir plantas de ciclo corto, este proyecto es ideal para implementarlo dentro del área urbana. Además, en el presente proyecto se ha tomado en cuenta una serie de herramientas y materiales indispensables para la elaboración y operación del mismo, las cuales cada uno cumplen un papel fundamental tanto en la parte electrónica como también en el crecimiento y producción de las plantas. Además, mediante las pruebas realizadas se pudo evidenciar las ventajas y desventajas de cada tecnología, como también se pudo determinar que tecnología es más eficiente en el manejo de la automatización de un invernadero.

Es indispensable recalcar que para la automatización de un invernadero se usó la tecnología Sigfox, que ofrece una excelente interfaz para enviar y recibir datos, así mismo permite analizarlos y de esta manera generar una base de datos. De la misma manera se eligió la tecnología GSM para la automatización del segundo invernadero, ya que esta tecnología es muy versátil en el envío de los datos en tiempo real desde cualquier lugar, gracias al uso de la red GSM.

10.1. Construcción del invernadero

Para la construcción del invernadero se usó palos de madera redondos para la elaboración de la estructura, también se usaron tablas para realizar unos cajones de cultivo y se los rellenos de tierra, para la cubierta se usó plástico de invernadero y se procedió a cubrir toda la estructura, finalmente se usó manguera para poder suministrar agua a las plantas por medio de aspersores, en las figuras 9 y 10 se muestra la estructura externa e interna del invernadero ya fabricado y listo para aplicar las tecnologías.

Figura 9

Estructura externa del invernadero

**Figura 10**

Estructura interna del invernadero



10.2. Hardware

En este proyecto se ha tomado en cuenta una serie de elementos electrónicos que se usaron para la automatización de los invernaderos, ya que gracias a cada uno de los dispositivos fue posible realizar la automatización.

10.2.1. Tarjeta UFOX.

La tarjeta ufox es un dispositivo diseñado especialmente para trabajar con la tecnología sigfox, posee un microcontrolador Atmega32U4 usb y modem wisol WSSFM10R4 RC4, es programable con IDE de arduino, así mismo necesita una fuente de 5V para su alimentación, además es un equipo ideal para desarrollar prototipos y aplicaciones de forma rápida y sencilla, es importante detallar que su diseño es compacto, seguro y de bajo consumo, en la figura 11 se muestra la tarjeta ufox (Wanstrath, 2008).

Figura 11

Tarjeta Ufox



Imagen tomada de: <https://smartelectronics.com.pe/producto/ufox/>

Tabla 1

Características eléctricas de la tarjeta Ufox

| Características eléctricas | |
|---|----------------|
| Descripción | Unidad |
| Voltaje de entrada USB (Conector micro USB) | 5 Voltios |
| Voltaje Mínimo entrada (Pin VIN) | 3.7 Voltios |
| Voltaje Máximo entrada (Pin VIN) | 9 Voltios |
| Corriente máxima | 1 ^a |

| Características eléctricas | |
|--|-------------|
| Descripción | Unidad |
| Voltaje de funcionamiento interno típico | 3.3 Voltios |
| Voltaje Máximo absoluto entrada (Pin 3.3V) | 4 Voltios |
| Voltaje Mínimo absoluto entrada (Pin 3.3V) | 4.7 Voltios |

Tabla 2

Características de radiofrecuencia de la tarjeta Ufox

| Características de radiofrecuencia | |
|------------------------------------|--|
| Descripción | Unidad |
| Antena helicoidal | 3 DBi |
| Frec. Uplink | 920.8 MHz |
| Frec. Downlink | 922.3 MHz |
| Data rate | 600bps |
| Potencia RF | +22dbm 0,2045W máx |
| Modulación | DBPSK |
| Técnica de transmisión | FHSS |
| Tecnología de transmisión | UNB (Ultra narrow band) - Sigfox |
| Canales de transmisión | 54 canales (9 macro-canales x 6 micro-canales) |

La tarjeta ufox es el elemento principal para la automatización la misma que permitió programar los sensores de humedad de tierra y temperatura ambiente, además con los datos recibidos por los sensores se activan actuadores que complementan un trabajo en conjunto, es importante recalcar que la tarjeta ufox es muy versátil en el tema de automatización, ya que sus datos pueden ser enviados de la plataforma Sigfox a la página de ThingSpeak y poder ser interpretados de una mejor forma, en la figura 12 mostramos la descripción de los pines de la tarjeta ufox.

Figura 12

Descripción de los pines de la tarjeta Ufox

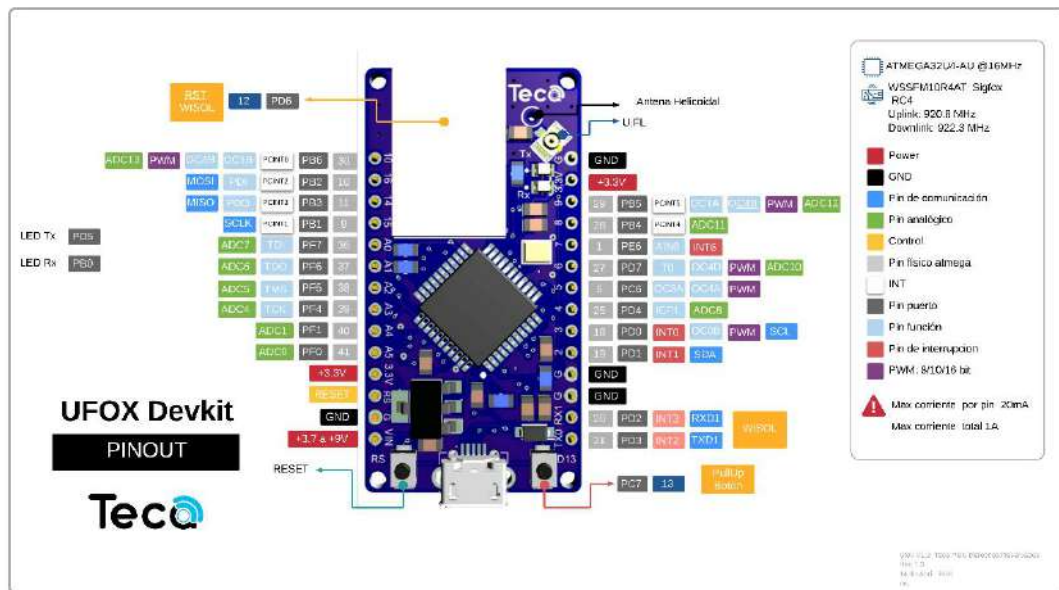


Imagen tomada de: <https://github.com/TECA-IOT/Ufox>

10.2.2. Tarjeta SIM900

Es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica, es compatible con todos los modelos de arduino con el formato UNO, es decir que la puedes controlar con los otros controlar con otros microcontroladores también, además está basada en el módulo SIM900 GSM4. El GPRS está configurado y controlada por vía UART usando comandos AT. Por lo tanto, solo conecta la tarjeta al microcontrolador arduino y comienza a comunicarse a través de comandos AT, es un dispositivo ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, en la figura 13 mostramos la tarjeta SIM900, y en la tabla 3 se muestra las características técnicas de la tarjeta(Anon, 2016).

Figura 13*Tarjeta SIM 900*

Imagen tomada de: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sim900-gsm-shieldarduino/>

Tabla 3*Características técnicas de la tarjeta SIM900*

| Características técnicas de la tarjeta SIM900 | |
|---|---|
| Características | Unidad |
| Chip principal | SIM900 |
| Voltaje de alimentación externo | 5-12V DC |
| Voltaje I/O | 5V TTL |
| Bajo consumo de corriente | 1.5Amp |
| Cuatro bandas | GSM/GPRS: 850,900,1800,1900 MHz |
| Trabaja solo con Tecnología GPRS | 2G multi-slot class 10/8 |
| GPRS | mobile station class B |
| Compliant to Class 4 | GSM phase 2/2+ 2 W @850/ 900 MHz |
| Class 1 | 1 W @1800/1900MHz |
| Socket Tarjeta | SIM |
| Socket batería | RTC |
| Conectores miniplug para audífono y micrófono | 3.5mm |
| Conector antena | SMA |
| Incluye antena Shield | GSM con conector SMA compatible con Arduino Uno |
| Temperatura de trabajo | -40°C to +85 °C |

La tarjeta SIM900 se la uso para aplicar la tecnología GSM y de esta manera realizar la automatización, además permitió programar desde el IDE de arduino, y dentro de la programación se logró enlazar los sensores y actuadores para que trabajen

entre sí. Este sistema funciona de la siguiente manera, con el sensor DTH11 monitoreamos la temperatura ambiente y si esta sobrepasa los parámetros establecidos se activa un servomotor, y con el sensor FC-28 se monitorea la humedad de la tierra y de acuerdo a los datos que envíe se activa una electroválvula. Además, esta tecnología permite el envío de datos a la plataforma ThingSpeak y de esta manera visualizarlos en tiempo real.

10.2.3. Arduino Uno

El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa, en la figura 14 se muestra el microcontrolador arduino uno.

Figura 14

Arduino Uno



Imagen tomada de: <https://www.xataka.com/basics>

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al

microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos.(Fernández, 2019)

La tarjeta de arduino uno, nos permitió acoplar todos sus pines a la tarjeta SIM900 y de esta manera se comunica con comandos AT, además arduino envía y recibe los datos de los sensores y actuadores para pasarlos a la sim 900 y esta los envía a la plataforma ThingSpeak, en la tabla 4 se muestra las características técnicas del microcontrolador.

Tabla 4

Características técnicas de la tarjeta arduino uno

| Características técnicas de tarjeta arduino | |
|---|---|
| Características | Unidad |
| Microcontroller | ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller |
| Operating Voltage | 5V |
| Recommended Input Voltage | 7-12V |
| Input Voltage Limits | 6-20V |
| Analog Input Pins | 6 (A0 – A5) |
| Digital I/O Pins | 14 (Out of which 6 provide PWM output) |
| DC Current on I/O Pins | 40 mA |
| DC Current on 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (0.5 KB is used for Bootloader) |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Frequency (Clock Speed) | 16 MHz |
| Microcontroller | ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller |
| Operating Voltage | 5V |
| Recommended Input Voltage | 7-12V |
| Input Voltage Limits | 6-20V |
| Analog Input Pins | 6 (A0 – A5) |
| Digital I/O Pins | 14 (Out of which 6 provide PWM output) |

10.2.4. Modulo Relé

Un relé es un interruptor mecánico operado eléctricamente que se puede encender o apagar, dejando pasar la corriente o no, y se puede controlar con voltajes bajos, en la figura 15 se muestra un relé (Isaac, 2016a).

Figura 15

Modulo relé simple



Imagen tomada de: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog>

El relé se lo utilizo para permitir el paso de corriente a la electroválvula y de esta manera se active y permita el paso de agua y haga trabajar al aspersor, cabe recalcar que se activa de acuerdo a los datos recibidos por el sensor de humedad de tierra, en la tabla 5 se muestra las características técnicas del módulo relé.

Tabla 5

Características técnicas de un relé

| Características técnicas de un relé | |
|-------------------------------------|---------------|
| Características | Unidad |
| Voltaje de operación | 5V |
| Señal de control | TTL 3.3V o 5V |
| Tiempo de acción | 10ms/5ms |
| Entradas acopladas | |
| Indicadores led de activación | |

10.2.5. Sensor de temperatura y humedad DHT11

Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos, además en un dispositivo que se lo utiliza en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura, en la figura 16 se muestra el sensor de temperatura y humedad (Isaac, 2016b).

Figura 16

Sensor de temperatura y humedad DHT11



Imagen tomada de: <https://www.hwlibre.com/dht11>

El sensor dth11 se lo uso para tomar la temperatura ambiente y a los datos obtenidos son enviados a las tarjetas Sigfox y GSM, además de pendiendo de la temperatura ambiente activan un servomotor para permitir el ingreso de aire y lograr un mejor ambiente para las plantas, en la tabla 6 se muestra las características técnicas del sensor.

Tabla 6

Características técnicas del sensor DHT11

| Características técnicas del sensor DHT11 | |
|---|-----------------------------|
| Características | Unidad |
| Alimentación | 3.3V a 5VDC |
| Corriente máxima | 2.5mA durante la conversión |

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Lectura de humedad | +/- 5% de precisión |
| Lectura de temperatura | +/- 2°C de precisión |
| Medidor de humedad | 20% a 80% |
| Medidor de temperatura | 0 a 50°C |
| Dimensiones | 15.5mm x 12mm x 5.5mm |

10.2.6. Sensor de humedad de suelo FC-28

El sensor FC-28 permite medir de forma sencilla la humedad del suelo por medio de dos electrodos resistivos. Es ideal para monitorear el nivel de humedad de las plantas y así recordar cuando necesitan ser regadas o para realizar un sistema totalmente automatizado. El funcionamiento del sensor se basa en medir la resistencia entre dos electrodos insertados dentro de la tierra, por lo que para un suelo muy húmedo tendremos una resistencia muy baja y para un suelo muy seco la resistencia será muy alta, en la figura 17 se muestra el sensor de humedad de tierra (Llamas, 2016).

Figura 17

Sensor de humedad de suelo FC-28

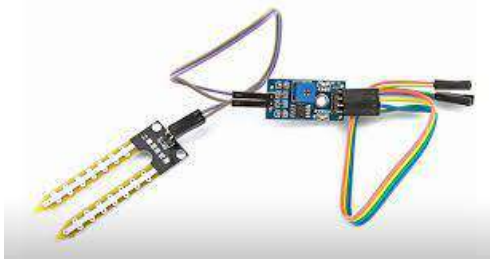


Imagen tomada de: <https://www.murkyrobot.com/guias/sensores/fc-28>

El sensor FC-28 permite analizar el nivel de humedad que tiene la tierra, y los datos recopilados son enviados a las tarjetas Sigfox y GSM correspondientemente, además gracias a los datos obtenidos y según la humedad que presente la tierra activa una electroválvula para preceder a regar las plantas con un aspersor de agua, y de esta

manera mantener húmeda la tierra y de esta forma garantizar un crecimiento óptimo para las plantas, en la tabla 7 se muestra las características técnicas del sensor.

Tabla 7

Características técnicas del sensor FC-28

| Características técnicas del sensor FC-28 | |
|---|-----------------|
| Características | Unidad |
| Modelo | HW-103 |
| Corriente | 35mA |
| Alimentación VCC | 3.3 – 5V |
| Señal analógica AO | 0V hasta 5V |
| Señal digital DO | 3.3V / 5V (TTL) |
| VCC | 5V |
| Interfaz de salida digital | 0 y 1 |
| Interfaz de salida analógica | AO |

10.2.7. Válvula solenoide ½” 12 VDC

La válvula solenoide es un tipo de electroválvula abierto / cerrado, tiene dos partes el solenoide y el cuerpo plástico. El solenoide es un electroimán que al ser energizado se desplaza junto con el diafragma de la válvula y permite el paso del fluido, la válvula se mantiene abierta mientras el solenoide este energizado, cuando no está alimentado un resorte se encarga de regresar la válvula a su estado de reposo, es decir normalmente cerrada (NC).

El cuerpo de la válvula este fabricado en plástico con roscados machos a ambos lados de ½”, por lo que este modelo de válvula es ideal para controlar el flujo de agua en el hogar. Además, este tipo de dispositivo se lo puede controlar con Arduino, Pic, Raspberry pi y con una NodeMCU, en la figura 18 se muestra la válvula solenoide (Anon, 2014).

Figura 18*Válvula solenoide*

Imagen tomada de: <https://tecmikro.com/motores/560-electrovalvula-valvula-solenoid.html>.

La electroválvula se activa y permite el paso del agua para hacer trabajar un aspersor de agua, este dispositivo recibe la orden que le envía el sensor fc-28 y en función a eso realiza su trabajo dentro de la automatización, en la tabla 8 se muestra las características técnicas de la electroválvula.

Tabla 8*Características técnicas de la electroválvula*

| Características técnicas de la electroválvula | |
|---|------------------|
| Características | Unidad |
| Voltaje de operación | 12 VCD |
| Potencia | 8 W |
| Corriente | 0.6 A |
| Presión | 0.02 ~ 0.8 Mpa |
| Material | Metal + plástico |
| Temperatura máxima del fluido | 100 °C |

10.2.8. Servo motor MG 995

Es un servo con alto torque de hasta 11kg-cm, su diseño es robusto y de alto rendimiento, además cuenta con engranajes de metal que lo hace muy resistente, así mismo se podría decir que es muy versátil y se lo puede trabajar con arduino, en la figura 19 se muestra un servomotor MG 995DC (Paez, 2015).

Figura 19

Servo motor MG 995



Imagen tomada de: <https://www.electronicoscaldas.com/es/motores-y-servos/608-servo-motor-mg995.html>

El servomotor se activa de acuerdo a los datos enviados por el sensor dth11 y su trabajo es realizar un giro de 90° y mediante un tensor eleva una ventana o aireador que permite ventilar el ambiente del invernadero, en la tabla 9 se muestra las características técnicas del servomotor.

Tabla 9

Características técnicas de un servomotor

| Características técnicas de un servo motor | |
|--|--------------------------------------|
| Características | Unidad |
| Voltaje de funcionamiento | 4.8 a 7.2 VDC |
| Grados / Angulo de Rotación Máximo | 180° |
| Corriente de funcionamiento | 100mA |
| Velocidad de funcionamiento | 0,17 seg/60 grados (4,8 V sin carga) |

| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Velocidad de funcionamiento | 0.13seg/60 grados (6,0 V sin carga) |
| Par de parada | 13 kg-cm (180,5 oz-En) a 4,8 V |
| Temperatura de funcionamiento | -30 ~ +60 ° |
| Estructura interna | Engranajes de plástico |

10.2.9. Aspersor de agua

Un difusor es un emisor de riego que aporta el agua en forma de abanico, sin realizar ningún tipo de movimiento, en la figura 20 se muestra un aspersor de agua para regar plantas.

Figura 20

Aspersor de agua



Imagen tomada de: <https://grupoloshidroscd.ec/aspersores/>

10.3. Software

10.3.1. Backend Sigfox

Sigfox Backend proporciona una interfaz de aplicación web para la gestión de dispositivos y a configuración de datos, así como API web basadas en estándares para automatizar la gestión de dispositivos e implementar la integración de datos. Las API se basan en solicitudes HTTPS REST, como GET o POST y el formato de carga útil es JSON (Sigfox Backend – Sigfox Networking Guide, en la figura 21 se muestra el interfaz de comunicación entre el backend de sigfox y ThingSpeak (Ludovic, 2018).

Figura 21

Interfaz de comunicación entre backend de Sigfox y ThingSpeak



Imagen tomada de: <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/backend-sigfox/>

En el proyecto se hace uso del Backend de Sigfox para gestionar la información proveniente de los sensores, de esta manera permite crear los callbacks para redireccionar la información a otras aplicaciones o servidores web, para solventar el proyecto se da la redirección de esto a la plataforma ThingSpeak para visualizar los datos.

10.3.2. ThingSpeak

Es una plataforma IoT, en el proyecto se la utiliza para recoger y almacenar datos provenientes de los sensores conectados al microcontrolador, es de uso libre da la posibilidad de acceder desde el aplicativo móvil o la web, en la figura 22 muestra características técnicas donde es posible verificar los datos en tiempo real.

Figura 22

Plataforma ThingSpeak

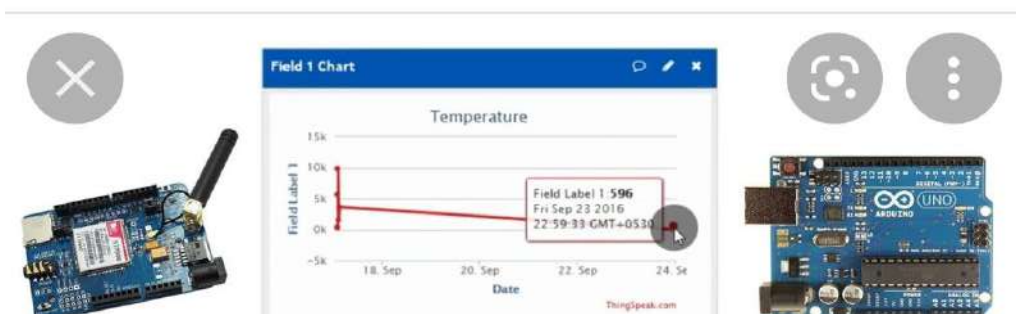


Imagen tomada de: <https://arduinoblocks.blogspot.com/2019/02/publicar-y-almacenar-datos-en-internet.html>

La plataforma de ThingSpeak se la usó para la visualización de los datos enviados por las tecnologías Sigfox y GSM correspondientemente, así mismo nos permite interpretar un diagrama de datos para realizar una comparativa de datos, además todos los datos que presentan son en tiempo real, y de esta manera visualizarlos en cualquier lugar donde nos encontremos.

10.4. Desarrollo de la propuesta

En el siguiente apartado, vamos a detallar paso a paso el desarrollo de la automatización de los invernaderos, además se presenta los pasos a seguir para cumplir con los objetivos propuestos en el inicio de la investigación, esta sección contiene los elementos físicos como plataformas digitales empleadas.

10.4.1. Arquitectura de la tecnología Sigfox

En la figura 23 se muestra los diferentes elementos empleados en la automatización, la dirección de la flecha indica a donde llegan los datos tomados por cada uno de los componentes tanto en hardware y software. El elemento principal es la tarjeta Ufox ya que se encarga de recopilar los datos del sensor de humedad de tierra y de acuerdo a lo parámetros establecidos se activa el aspersor agua y riega las plantas, la humedad ideal de la tierra para un crecimiento óptimo de las lechugas y fresas es de 45 y 60% de humedad.

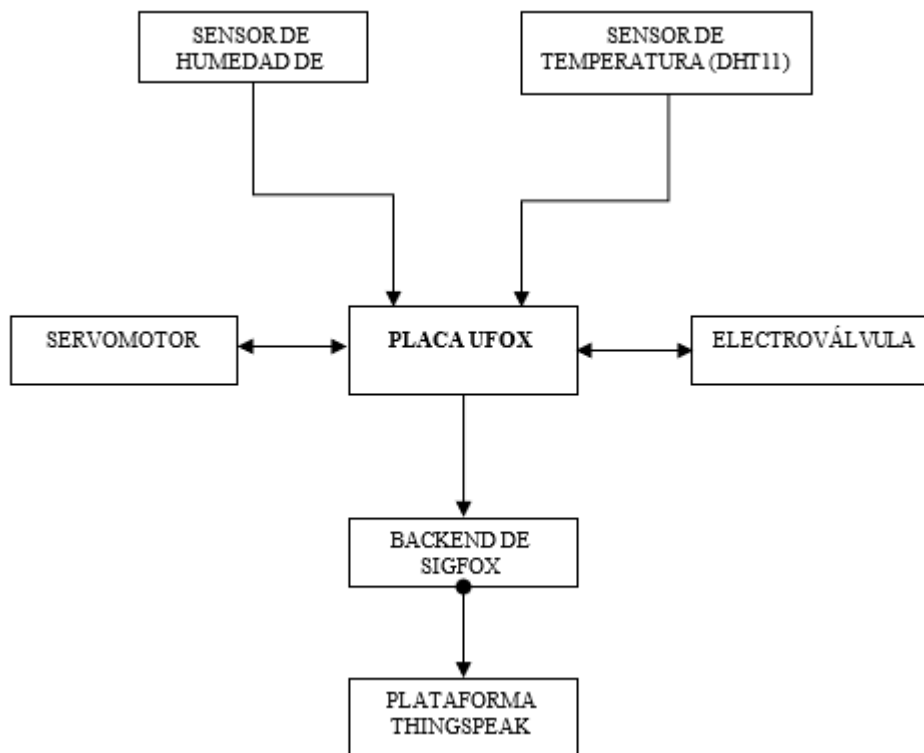
También dentro del invernadero implementamos el sensor de temperatura y humedad el mismo que envía los datos a la tarjeta ufox y dependiendo de la temperatura ambiente activa un aireador que está controlado por un servomotor, es

importante detallar que la temperatura debe oscilar entre 18 a 25°C para un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas.

Finalmente, todos los datos obtenidos tanto del sensor de humedad de tierra (higrómetro), como el de temperatura y humedad (dth11) son enviados a la plataforma sigfox los mismos que se podrán visualizar en tiempo real y así determinar qué tan eficiente es la tecnología Sigfox en el tema de automatización.

Figura 23

Arquitectura del sistema de la tecnología Sigfox



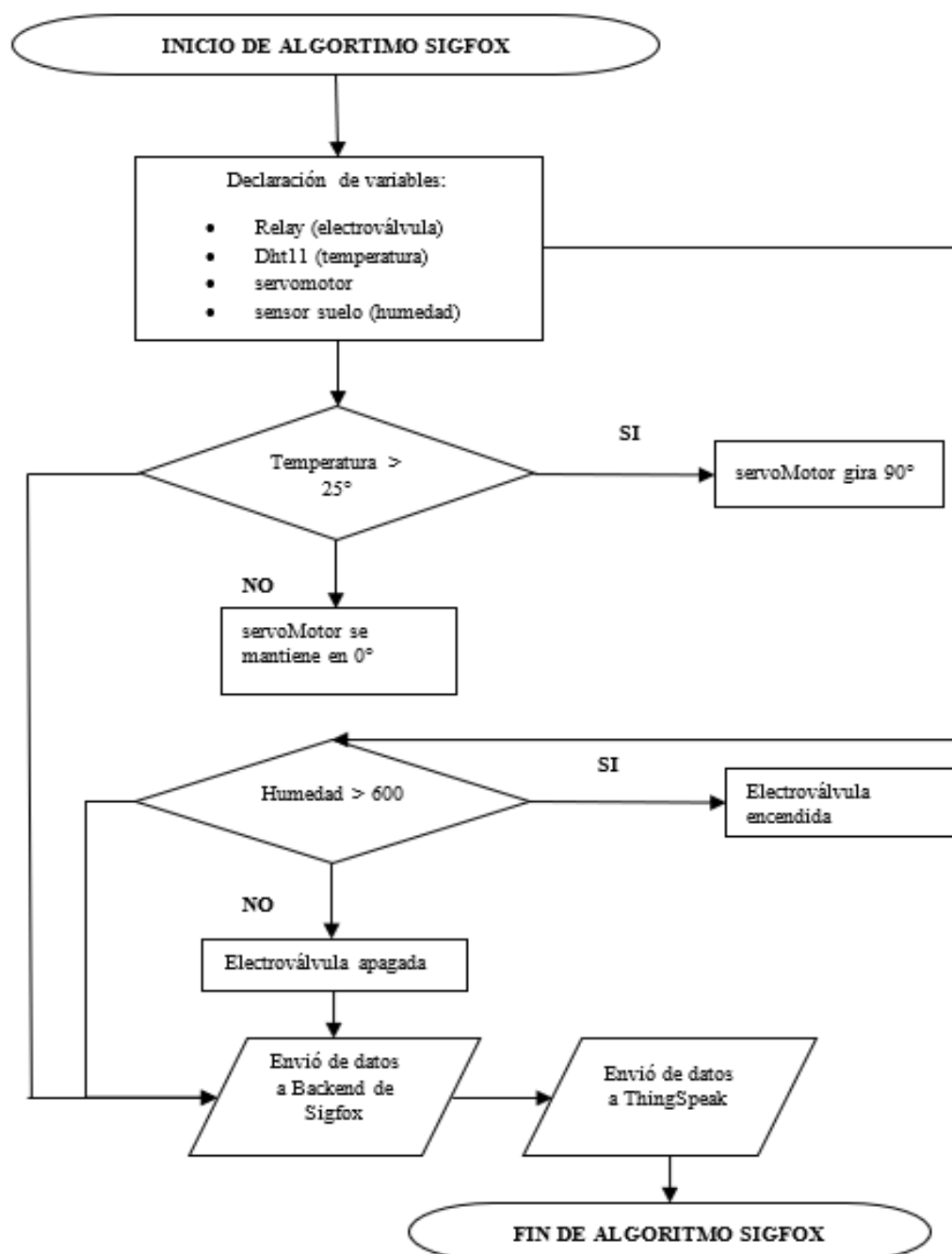
10.4.2. Diagrama de flujo de la tecnología Sigfox

En la figura 24 se presenta el diagrama de flujo a utilizar para la programación del sistema. El flujograma se forma con un inicio de programación para luego entrar bucle el cual será repetitivo, continua con la toma los datos del sensor de temperatura DTH11, en donde muestra si la temperatura es mayor a 25°C se activa un servomotor

y realiza un giro de 90°, que permitirá el ingreso de aire al invernadero, y si la temperatura es menor a 25°C el mismo actuador permanece en 0° es decir en estado desactivado, continua con la toma de datos del sensor de humedad de suelo en donde se muestra si el suelo está seco se actica la electroválvula y si el suelo esta húmedo el mismo actuador estará en estado desactivado.

Figura 24

Diagrama de flujo de la tecnología Sigfox



10.4.3. Diagrama electrónico de la tecnología Sigfox

En la figura 25 se presentan todos los componentes a utilizar en las conexiones electrónicas de la tecnología Sigfox, siendo la placa Ufox el principal elemento, quien recibirá los datos tomados por cada uno de los sensores para luego poder accionar a los actuadores dependiendo de las condiciones que tengan colocadas en la programación realizada en el IDE de arduino, cabe recalcar que se puede cumplir la automatización correctamente, además detallamos que las electroválvulas necesitan ser abastecidas con un voltaje de 12V para ello se necesita un módulo relé, ya que la placa no proporciona la energía necesaria para ser puesto en marcha la automatización, en la tabla 10 se muestra los pines de conexión.

Figura 25

Diagrama electrónico de la tecnología Sigfox

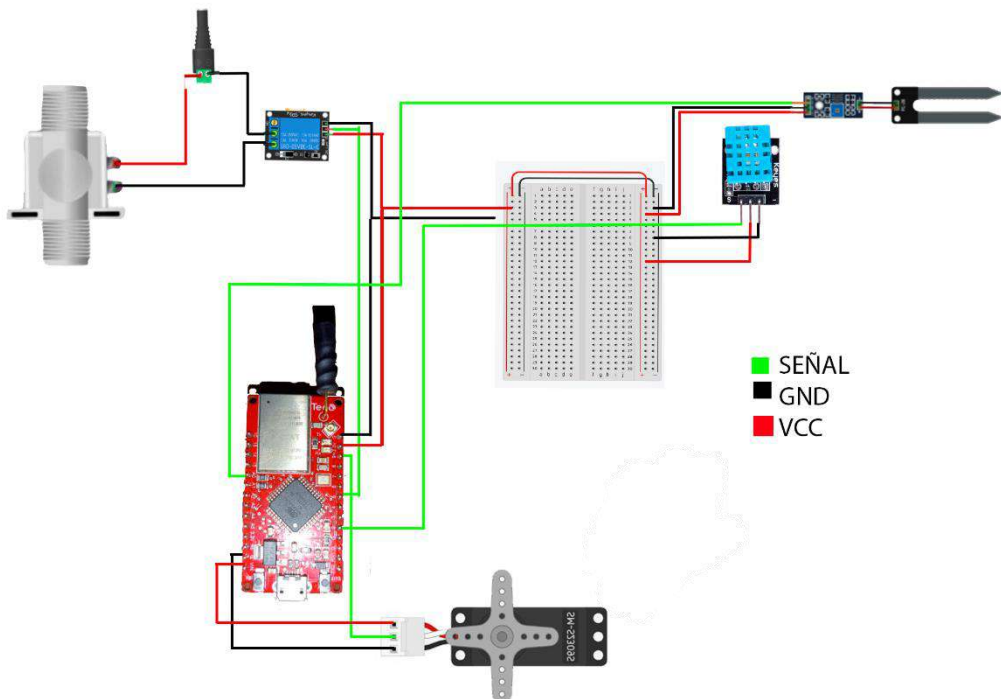


Tabla 10*Pines de conexión de Sigfox*

| Pines de conexión | |
|---------------------------------|-----------------|
| Dispositivo | Pin de conexión |
| Sensor de humedad | A0 |
| Sensor de temperatura y humedad | D2 |
| Servomotor | D5 |
| Electroválvula | D9 |

10.4.4. Arquitectura de la tecnología GSM

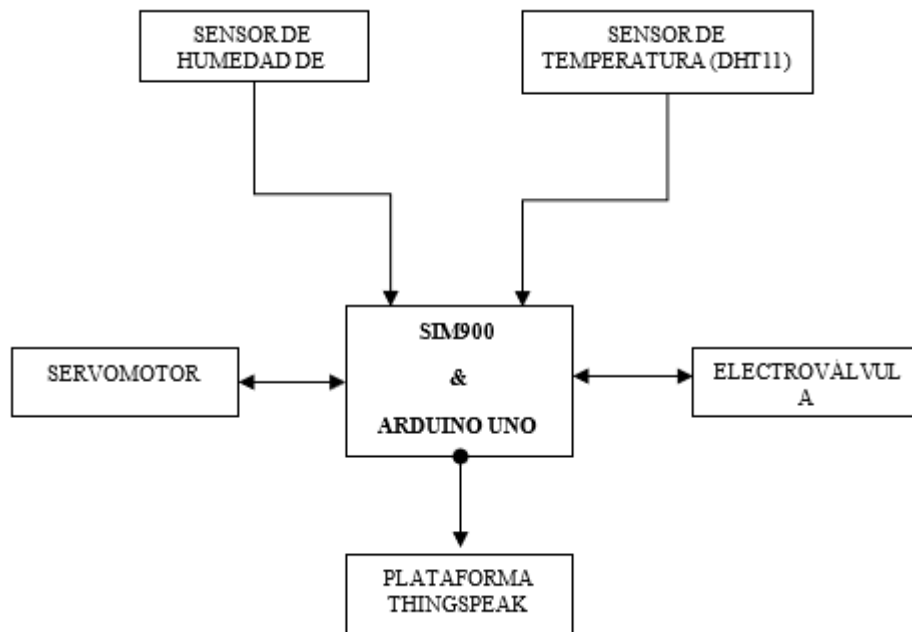
En la figura 26 se muestra los diferentes elementos empleados en la automatización, la dirección de la flecha se toma conforma a donde llegan los datos tomados por cada uno de los componentes tanto en hardware y software. El elemento principal es la tarjeta SIM900 vinculada con arduino uno ya que se encarga de recopilar los datos del sensor de humedad de tierra y así mismo enviar los datos de activación del aspersor para proporcionarles agua a las plantas, la humedad ideal de la tierra para un crecimiento óptimo de las plantas, en este caso las lechugas y fresas es de 45 y 60% de humedad.

También dentro del segundo invernadero implementamos el sensor de temperatura y humedad el mismo que envía los datos a la tarjeta SIM900 y dependiendo de la temperatura ambiente activa un aireador que está controlado por un servomotor, es importante detallar que la temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo de las plantas debe oscilar entre 18 a 25°C.

Finalmente, todos los datos obtenidos tanto del sensor de humedad de tierra (higrómetro), como el de temperatura y humedad (dth11) son enviados a la plataforma ThingSpeak los mismos que se podrán visualizar en tiempo real y así determinar qué tan eficiente es la tecnología GSM en el tema de automatización.

Figura 26

Arquitectura del sistema de la tecnología GSM

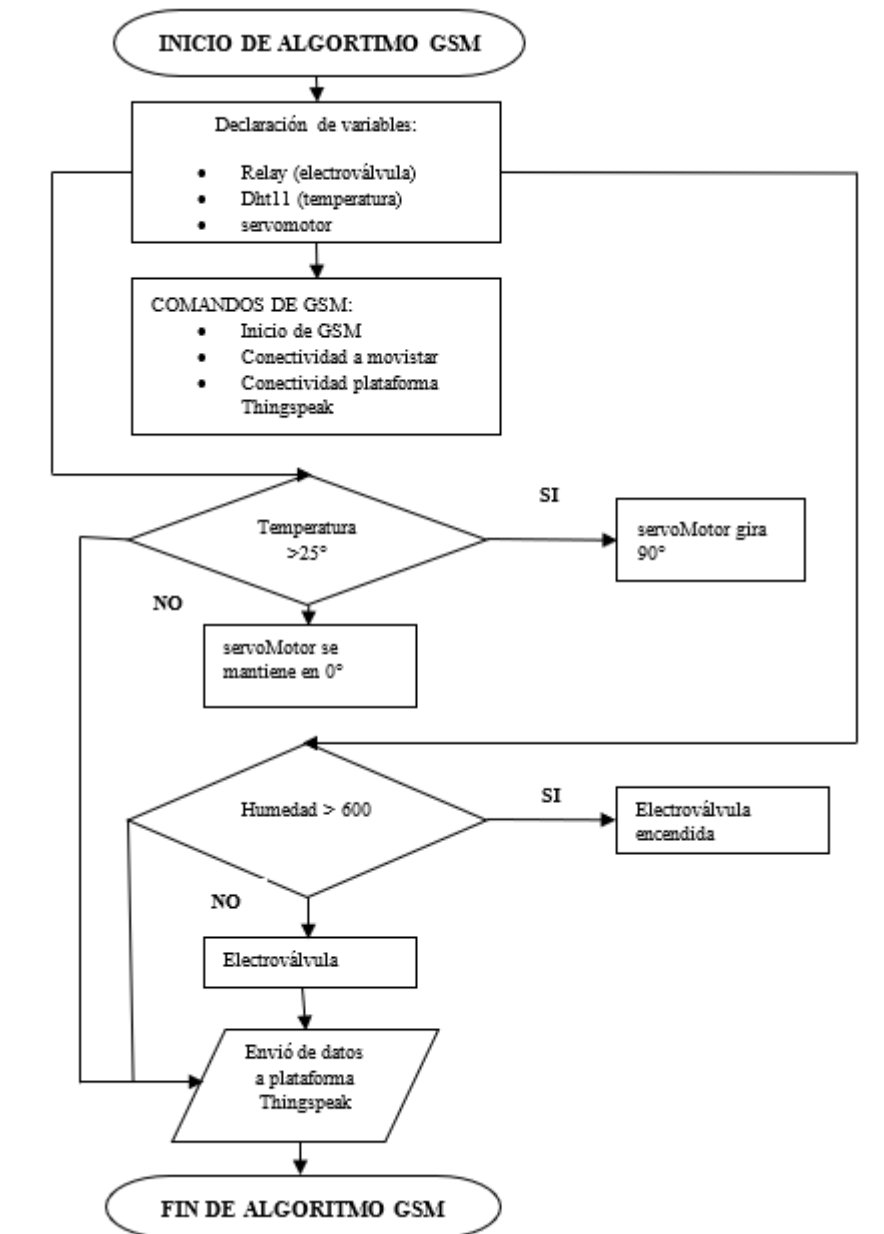


10.4.5. Diagrama de flujo de la tecnología GSM

En la figura 27 se presenta el diagrama de flujo a utilizar para la programación del sistema. El flujograma se forma con un inicio de programación para luego entrar bucle el cual será repetitivo, continua con la toma los datos del sensor de temperatura DTH11, en donde muestra si la temperatura es mayor a 25°C se activa un servomotor y realiza un giro de 90°, que permitirá el ingreso de aire al invernadero, y si la temperatura es menor a 25°C el mismo actuador permanece en 0° es decir en estado desactivado, continua con la toma de datos del sensor de humedad de suelo en donde se muestra si el suelo está seco se actica la electroválvula y si el suelo esta húmedo el mismo actuador estará en estado desactivado.

Figura 27

Diagrama de flujo de la tecnología GSM



10.4.6. Diagrama electrónico de la tecnología GSM

En la figura 28 se presentan todos los componentes a utilizar en las conexiones electrónicas de la tecnología GSM, siendo la placa SIM900 el principal elemento, quien recibirá los datos tomados por cada uno de los sensores para luego poder accionar a los actuadores dependiendo de las condiciones que tengan colocadas en la programación realizada en el IDE de arduino, cabe recalcar que se puede cumplir la

automatización correctamente, además detallamos que las electroválvulas necesitan ser abastecidas con un voltaje de 12V para ello se necesita un módulo relé, ya que la placa no proporciona la energía necesaria para ser puesto en marcha la automatización, en la tabla 11 se muestra los pines de conexión.

Figura 28

Diagrama electrónico de la tecnología GSM

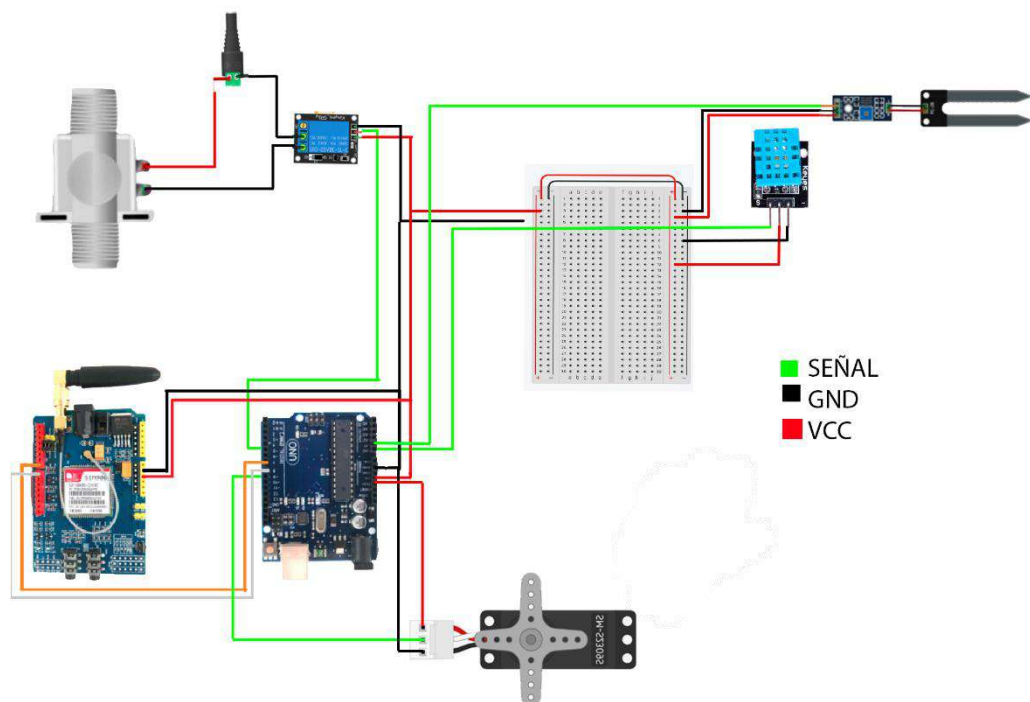


Tabla 11

Pines de conexión de GSM

| Pines de conexión en arduino uno | |
|----------------------------------|-----------------|
| Dispositivo | Pin de conexión |
| SIM900 | D7, D8 |
| Sensor de humedad | A0 |
| Sensor de temperatura y humedad | A2 |
| Servomotor | D5 |
| Electroválvula | D9 |

10.4.7. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas se realizaron en dos cajones de cultivo dentro de un cerramiento tipo invernadero como se puede evidenciar en la figura 9 y 10, en este prototipo se aplicaron las tecnologías Sigfox y GSM, las plantas que se utilizaron para poner en marcha la automatización fueron lechugas y fresas ya que son plantas de ciclo corto y su producción es de aproximadamente tres meses.

Para corroborar la toma de datos de los sensores se hace la conexión de los dos circuitos electrónicos con una alimentación de 5V excepto para los relés ya que ellos se alimentan con una fuente de 12V 5Amp, así mismo se copilo y subió los códigos con el payload realizado en el IDE de arduino en las placas de desarrollo. Luego de haber copilado el código se procedió a abrir el monitor serie donde se pudo visualizar los datos enviados por los sensores de humedad de tierra, temperatura ambiente, y para la comprobación de la automatización se expuso al sensor FC- 28 a una humedad $>$ a 600, por lo cual se verifico el cierre de la electroválvula. De la misma manera se trabajó al sensor DTH11 exponiéndolo a una temperatura $>$ a 25° y se pudo constatar que el servomotor giro 90° y abrió una ventana que se colocó en un extremo del invernadero como aireador. Es importante mencionar que las pruebas se realizaron a los dos sistemas de automatización.

Después de haber realizado las pruebas necesarias nos dirigimos a la plataforma de ThingSpeak para verificar que las tarjetas electrónicas estén enviando los datos correctos, los mismos nos sirvan para realizar una comparativa técnica de datos.

10.4.8. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos una vez ya implementado las tecnologías son satisfactorias porque responden de manera correcta a los objetivos planteados dentro del proyecto de titulación, en la figura 29 y 30 mostramos los resultados obtenidos de humedad de tierra, temperatura y humedad ambiente en tiempo real de las dos tecnologías en la plataforma de ThingSpeak.

Es importante destacar que con las pruebas realizadas se identificó que los actuadores tardan 30 segundos tanto en activarse y desactivarse, de igual forma se evaluó a los sensores, los mismos envían un dato cada 5 minutos y normalmente debe recibir 12 tramas de datos, entonces se verifico que la tecnología Sigfox envía 12 datos y recibe 12 datos y la tecnología GSM envía 12 datos, pero recibe 11 datos, y de esta manera se concluyó que durante el proceso pierde una trama de datos.

Desde el punto de vista analítico se pudo determinar la eficiencia de cada tecnología, en la tabla 12 se muestra en la eficiencia de las tecnologías donde Sigfox presenta un 95% y GSM un 90.8%, para evaluar este dato se toma de referencia el tiempo y la cantidad de datos enviados.

Por otra parte, concluimos científicamente que las fresas necesitan un mejor tratamiento y cuidado, ya que para su desarrollo es recomendable usar un riego a medida justa, lo ideal es una técnica a goteo y evitar un exceso de humedad. Además, para lograr una fecundación ideal es necesario obtener una temperatura ambiente de 12°C y 25°C, con una humedad al 60 y 80%,(PAXZU, 2021) entonces no podemos ajustarnos en el tema de temperaturas y humedades porque tenemos un cultivo mixto de fresas y lechugas.

Figura 29

Visualización de resultados de la tecnología Sigfox

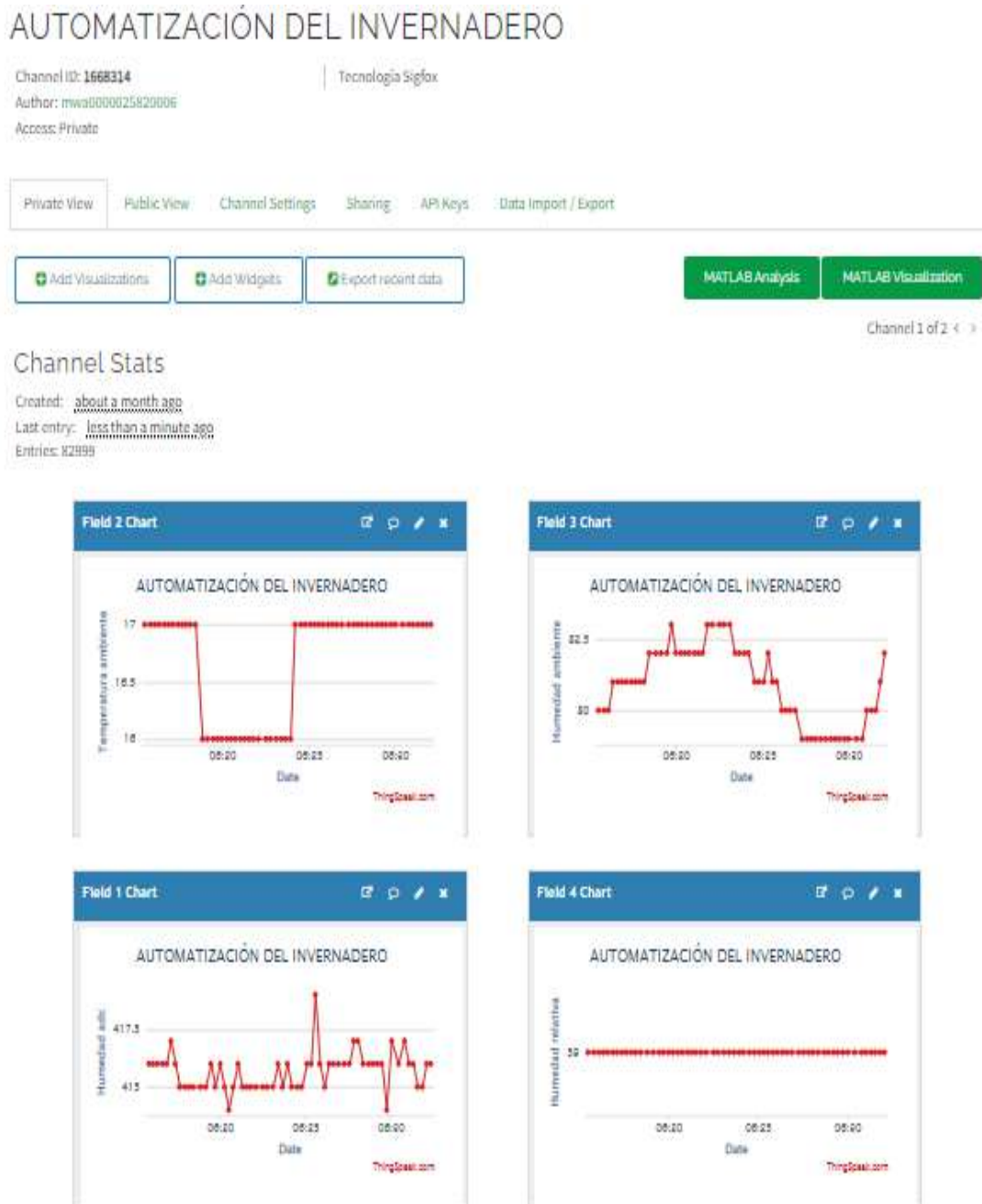
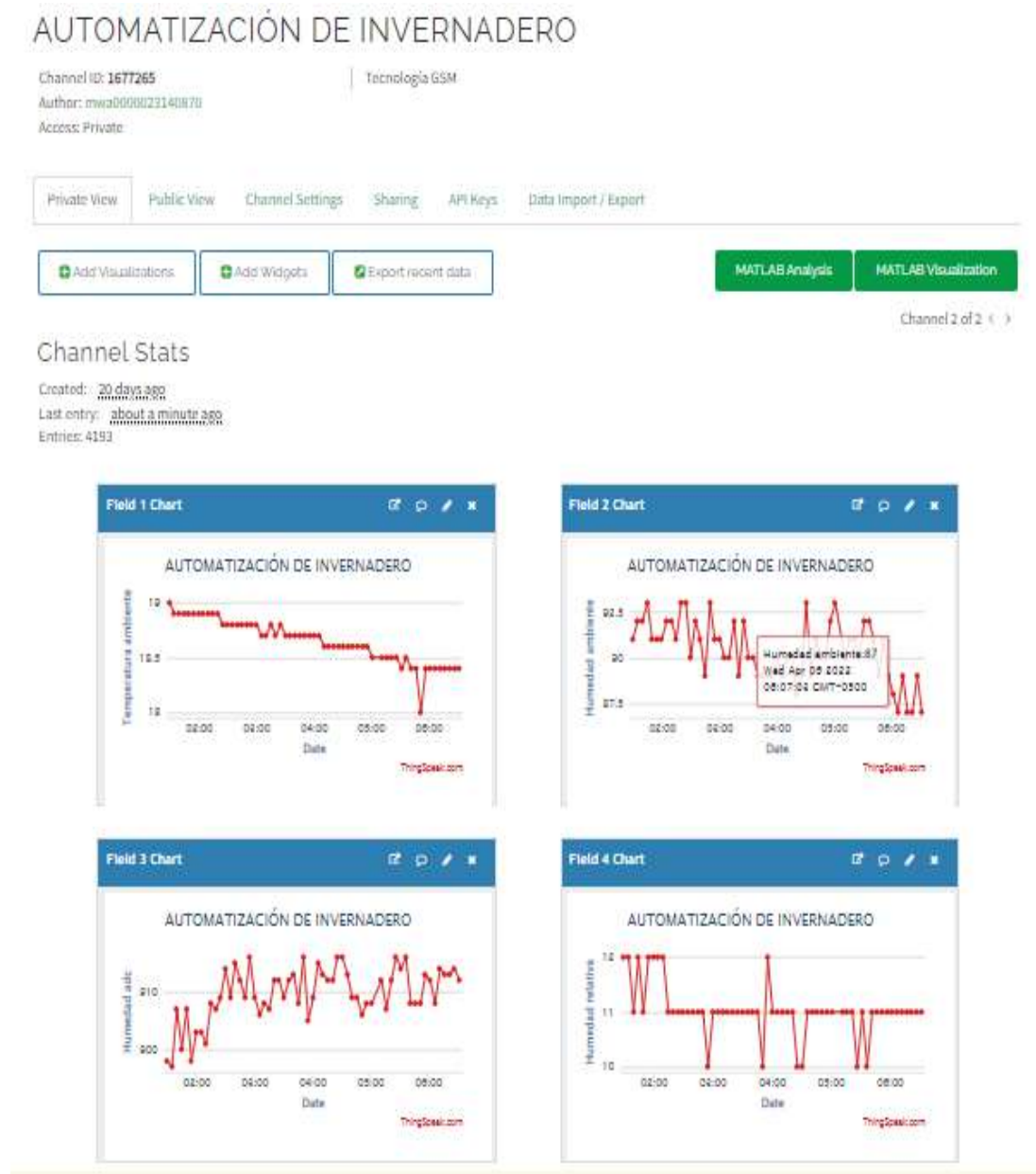


Figura 30*Visualización de resultados de la tecnología GSM***Tabla 12***Resultados obtenidos*

| Características | Eficiencia del sistema | |
|---|------------------------|-------|
| | Sigfox | GSM |
| Funcionamiento de sensores y actuadores | 90% | 90% |
| Muestra de datos en ThingSpeak | 100% | 91.6% |
| Promedio total | 95% | 90.8% |

10.4.9. Comparativa de tecnologías

En la comparativa tomaremos en cuenta el consumo de energía y en términos generales se pudo diagnosticar que la tecnología Sigfox tiene un consumo de 5 voltios a 1 amperio en diferencia a la tecnología GSM que consume de 5 a 12 voltios a 1.5 amperios, otro parámetro tomado en cuenta es que la tecnología Sigfox envía los datos a la plataforma ThingSpeak por medio del Backend de sigfox mientras tanto GSM envía directamente.

También se tomó en cuenta la red de comunicación que usa cada una de las tecnologías y la Sigfox usa una red 0G y GSM usa 2G, así mismo se verifico el costo operativo de Sigfox y podemos deducir que para usar la plataforma Sigfox es gratuita si se usa dos sensores, mientras que GSM tendríamos que contratar un plan celular o hacer recargas mensuales para tener datos en la tarjeta SIM y los costos serian elevados. La conectividad fue otro parámetro a comparar y de acuerdo a los datos enviados se pudo evidenciar que Sigfox es eficiente en el envío de los datos mientras que GSM tiene caídas de red, por el motivo que usa datos de la tarjeta SIM.

Finalmente se tomó en cuenta la cantidad de datos enviados dentro de una hora y Sigfox envía 12 datos mientras que GSM envía 11 como se evidencia en el ítem 10.4.8, párrafo 2 y de esta forma determinamos que la tecnología Sigfox es más eficiente en el manejo del invernadero, en la tabla 13 se muestra los parámetros de comparación entre las dos tecnologías.

Tabla 13*Comparativa técnica de las tecnologías*

| Características | Sigfox | GSM |
|--|-----------|--|
| Consumo de energía | 5V – 1Amp | 5 a 12V – 1.5Amp |
| Uso de la plataforma ThingSpeak en el envío de datos | Directa | Por medio de backend de sigfox |
| Red de comunicación | 0G | 2G |
| Costo operativo | Menor | Alto, por el tema de recarga de datos. |
| Conectividad | Eficiente | Existen caídas de red |
| Cantidad de datos enviados en 1 hora | 12 | 11 |

10.4.10. Evaluación de los datos

En base a los resultados obtenidos se concluye que la automatización con la tecnología sigfox es confiable, eficiente y se recomienda implementarla en zonas urbanas como terrazas, patios y jardines, también cabe recalcar que se tuvo un problema en el crecimiento de las plantas ya que se carece de conocimiento en el tema agrónomo. Es importante mencionar que las fresas necesitan un ambiente especial para su producción donde se debe tomar en cuenta el tipo de riego que se le debe proporcionar y la temperatura y humedad tanto de la tierra como la del ambiente.

También es importante mencionar que la tecnología GSM si cumple algunos parámetros en el tema de automatización, pero tiene un poco de dificultad en la activación de los actuadores es decir es un poco lenta, pero para un proyecto pequeño solo de prueba se la puede tomar en cuenta.

11. Conclusiones

- En base a la investigación de fuentes bibliográficas se pudo determinar que para una automatización de un invernadero es ideal usar la tecnología Sigfox ya que es una de las más usadas en este tipo de sistemas, así mismo dentro de la investigación encontramos la tecnología GSM, no es muy usada en el ámbito de la automatización, pero sería de mucha ayuda para poder realizar una comparativa técnica entre los dos sistemas.
- Gracias a la automatización se pudo analizar la humedad de tierra, temperatura y humedad ambiente y así mismo estos datos poderlos visualizar en tiempo real en la plataforma ThingSpeak.
- Asimismo, con el monitoreo diario de los sensores se pudo verificar que de repente dejaron de enviar datos a la plataforma ThingSpeak, entonces se acudió a revisar los sensores y se pudo verificar que su vida útil en mínima por las condiciones en las que trabajan, es decir están expuestos a la humedad y esto hace que se deterioren rápidamente.
- Se concluye, una vez realizada e implementada cada tecnología, se puede aducir que la tecnología Sigfox trabaja mejor en la automatización por el manejo de los sensores y actuadores. Además, el trabajo que realiza todo el sistema es beneficioso para la producción y cultivo de las plantas.
- Es importante mencionar que las fresas y las lechugas no comparten las mismas condiciones climáticas para su desarrollo, es decir las lechugas son más resistentes a temperaturas y humedades altas.

12. Recomendaciones

- Buscar un lugar adecuado para la implementación de este proyecto, también se recomienda el sitio que se escoja tenga una buena ventilación y la superficie tenga un buen drenaje de agua.
- Se recomienda elegir plantas de ciclo corto que compartan las condiciones de temperatura y humedad para lograr una mejor producción de las mismas.
- Al momento de instalar cada tecnología tener en cuenta las alimentaciones de cada tarjeta, ya que esto puede generar un contratiempo, es decir la fuente principal no envíe suficiente corriente a los sensores y actuadores, para ello se recomienda usar fuentes o cargadores independientes para los actuadores y para saber qué cantidad de energía debemos suministrar a cada uno de los dispositivos es indispensable revisar el datasheet de cada elemento.
- Se recomienda usar sensores de tipo industrial que resistan las condiciones de trabajo, a continuación, recomendamos el siguiente: Sensor de humedad y temperatura EE211, y el sensor de suelo HT-706.
- Se recomienda para futuros proyectos donde se tenga que poner en práctica la parte electrónica y ambiental, solicitar la ayuda a los docentes o estudiantes de la carrera de Desarrollo Ambiental o a su vez trabajar en conjunto para obtener resultados más eficientes en el control y manejo de plantas.

13. Bibliografía

Agila Conza, Eddy V., and Alex M. Maldonado R. 2006. “Automatización Del Invernadero Del Centro Andino de Tecnología Rural (CATER).”

Anon. 2014. *¿Qué Es Una Electroválvula y Para Qué Sirve?*

Anon. 2016. “Modulo SIM900 GSM.” Retrieved March 21, 2022

(http://www.arduinove.com/index.php?route=product/product&product_id=181).

Anon. n.d. “GSM.”

Anon. n.d. “Nuevas Tecnologías Ya Llegan a Los Invernaderos • Cofepasa.”

Retrieved November 13, 2021b (<https://cofepasa.com/invernaderos-y-nuevas-tecnologias/>).

Aránguez, Tasia. 2016. “¿Qué Es El Método Hermenéutico? | La Galería de Los Perplejos.” Retrieved November 20, 2021 (<https://arjai.es/2016/08/24/que-es-el-metodo-hermeneutico/#more-5661>).

Díaz, José, and Raúl Cobo. 2004. “Revista ElectroIndustria - Uso de La Tecnología GSM En Transmisión de Datos Industriales.”

Fernández, Yúbal. 2019. “Qué Es Arduino, Cómo Funciona y Qué Puedes Hacer Con Uno.” Retrieved March 21, 2022 (<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>).

Fuster, Doris. 2019. “Investigación Cualitativa: Método Fenomenológico.”

Propósitos y Representaciones, January 1, 201–29.

Isaac. 2016a. “Arduino + Módulo Relé y Rock & Roll: Mezclando AC/DC |

Hardware Libre.” Retrieved March 23, 2022 (<https://www.hwlibre.com/arduino-modulo-rele/>).

Isaac. 2016b. “DHT11: Todo Sobre El Sensor Para Medir Temperatura y Humedad | Hardware Libre.” Retrieved March 23, 2022 (<https://www.hwlibre.com/dht11/>).

Isaac, L. 2016. “DHT22: El Sensor de Temperatura y Humedad de Precisión | Hardware Libre.” Retrieved December 1, 2021 (<https://www.hwlibre.com/dht22/>).

Khan, Jamil Y. 2019. “Introduction to IoT Systems.” *Internet of Things (IoT)* (January):1–24. doi: 10.1201/9780429399084-1.

Llamas, Luis. 2016. “Medir La Humedad Del Suelo Con Arduino y Sensor FC-28.” *Ingeniería, Informática y Diseño*. Retrieved December 1, 2021 (<https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>).

López, Carlos. 2021. “¿Qué Es La Red GSM y Cómo Funciona? - CCM.” Retrieved November 19, 2021 (<https://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>).

Ludovic, Le Moan. 2018. “Backend Sigfox – Aprendiendo Arduino.” Retrieved March 23, 2022 (<https://www.aprendiendoarduino.com/tag/backend-sigfox/>).

Mercedes. 1384. “No Title الحاوی جلد بیستم.”

Montoya, Edwin Andrés Quiroga, Sergio Fernando Jaramillo Colorado, Wilmar Yesid Campo Muñoz, and Gabriel Elías Chanchí Golondrino. 2017. “Propuesta de Una Arquitectura Para Agricultura de Precisión Soportada En IoT.” *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao* (24):39–56. doi: 10.17013/risti.24.39-56.

Muñoz, Kelly, and Jorge Andrade. 2016. “DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN QUE PERMITA ADMINISTRAR LOS RECURSOS DISPONIBLES EN EL INVERNADERO INTELIGENTE DEL INIAP LOCALIZADO EN LAS

INSTALACIONES DE LA ESPE ORIENTADO A LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA CERTIFICADA.” (July):1–23.

Paez, Cristian. 2015. “Servomotor MG995.” Retrieved March 23, 2022 (<https://www.electronicoscaldas.com/es/motores-y-servos/608-servo-motor-mg995.html>).

PAXZU. 2021. “¿Cómo Cultivar Fresas En Invernadero? | Agropinos.” Retrieved April 6, 2022 (<https://www.agropinos.com/blog/cultivo-de-fresas-en-invernadero>).

Rodríguez, Daniela. 2019. “Método Hermenéutico: Origen, Características, Pasos y Ejemplo.” Retrieved November 20, 2021 (<https://www.lifeder.com/metodo-hermeneutico/>).

Rose, Karen. 2015. “La Internet de Las Cosas.” Retrieved January 8, 2022 (<https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>).

Salazar, Jordi, and Santiago Silvestre. 2017. “Internet de Las Cosas (IoT).” *TechPedia* 34.

Sánchez, Juan. 2005. “Análisis y Estudio de Redes GPRS.” 13.

Sánchez, Luis. 2011. “Metodología Proyectual .” March 14.

Tancara Q., Constantino. 1993. “La Investigación Documental.” *Temas Sociales* 17:91–106.

Wanstrath, Chris. 2008. “GitHub - TECA-IOT/Ufox: Libreria Ufox - Sigfox.” 2008. Retrieved March 20, 2022 (<https://github.com/TECA-IOT/Ufox>).

[https://www.Tancara.com/+Q.%2C+C.\(1993\).+La+Investigacion/](https://www.Tancara.com/+Q.%2C+C.(1993).+La+Investigacion/)

14. Anexos

14.1. Certificado de aprobación



VICERRECTORADO ACADÉMICO

Loja, 6 de Abril del 2022
Of. N° 58 -VDIN-ISTS-2022

Sr.(ita). DIAZ TORRES SEGUNDO GERARDY
ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRONICA

Ciudad

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para comunicarles que una vez revisado el anteproyecto de investigación de fin de carrera de su autoría titulado **SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022**, el mismo cumple con los lineamientos establecidos por la institución; por lo que se autoriza su realización y puesta en marcha, para lo cual se nombra como director de su proyecto de fin de carrera (el/la) ING. LEYDI MARIBEL MINGO MOROCHO.

Particular que le hago conocer para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Germán Patricio Villamarín Coronel Mgs.
VICERRECTOR DE DESARROLLO E INNOVACION DEL ISTS



VICERRECTORADO ACADÉMICO

Loja, 6 de Abril del 2022
Of. N° 57 -VDIN-ISTS-2022

Sr.(ita). PINTO CORDOVA VICENTE STALIN
ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRONICA

Ciudad:

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para comunicarles que una vez revisado el anteproyecto de investigación de fin de carrera de su autoría titulado **SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021 – MARZO 2022**, el mismo cumple con los lineamientos establecidos por la institución; por lo que se autoriza su realización y puesta en marcha, para lo cual se nombra como director de su proyecto de fin de carrera (e/la) ING. LEYDI MARIBEL MINGO MOROCHO.

Particular que le hago conocer para los fines pertinentes.

Atentamente,


Ing. Germán Patricio Villamarín Coronel Mgs.
VICERRECTOR DE DESARROLLO E INNOVACION DEL ISTS



14.2. Autorización para la ejecución



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUDAMERICANO
Hacemos gente de talento!



ELECTRÓNICA
TECNOLOGÍA SUPERIOR

Yo, Ing. Oscar Geovanny Jiménez con documento de identidad 1103571590, coordinador de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja a petición verbal del interesado.

AUTORIZO

A Segundo Gerardy Diaz Torres con cédula de identidad Nro. 1105887754 y a Vicente Stalin Pinto Córdova con cédula de identidad Nro. 1105226656, estudiantes del sexto ciclo de la carrera de Electrónica del “Instituto Superior Tecnológico Sudamericano”; para que realicen su proyecto de investigación de fin de carrera titulado: “SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022” para lo cual nos comprometemos en entregar a los estudiantes la información necesaria hasta que culmine dicho proceso.

Loja, 16 de mayo del 2022

Ing. Oscar Jiménez

C.I. 1103571590

14.3. Certificado de implementación



Loja, 16 de mayo del 2022

Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

TUTOR DEL SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA- ELECTRÓNICA, a petición verbal por parte del interesado.

CERTIFICO

Que el Sr Segundo Gerardy Diaz Torres con cédula 1105887754 y el Sr Vicente Stalin Pinto Córdova con cédula 1105226656 han venido trabajando en el Proyecto de fin de carrera “SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS SIGFOX Y GSM EN EL PERIODO OCTUBRE 2021-MARZO 2022”; el mismo que se encuentra a la presente fecha en un 100% culminado según los requerimientos funcionales planteados. Lo certifico en honor a la verdad para los fines pertinentes y a solicitud del interesado.

Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

TUTOR SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA

Semestre Octubre 2021 – Marzo 2022

14.4. Certificado de aprobación del abstract

CERTF. N° 006-RH-ISTS-2022
Loja, 30 de Abril de 2022

El suscrito, Lic. Ricardo Javier Herrera Morillo., **DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO "SUDAMERICANO"**, a petición de la parte interesada y en forma legal,

CERTIFICA:

Que el apartado **ABSTRACT** del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera de los señores **DIAZ TORRES SEGUNDO GERARDY Y PINTO CORDOVA VICENTE STALIN** estudiantes en proceso de titulación periodo Octubre 2021 – Mayo 2022 de la carrera de **ELECTRÓNICA**; está correctamente traducido, luego de haber ejecutado las correcciones emitidas por mi persona; por cuanto se autoriza la presentación dentro del empastado final previo a la disertación del proyecto.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes.

English is a piece of cake!



Lic. Ricardo Javier Herrera Morillo.
DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS ISTS - CIS

Lic. Ricardo Herrera
ENGLISH TEACHER
DATE:

14.5. Presupuesto

El presente proyecto de investigación tiene un presupuesto de materiales a utilizar que se detallan en la tabla 14.

Tabla 14

Presupuesto

| Presupuesto | | | | |
|-------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
| N.º | Material | Precio unitario | Cantidad | Valor total |
| 1 | Palos redondos | 1.5 | 10 | 15.00 |
| 2 | Plástico | 4.00 | 7 | 28.00 |
| 3 | Tablas | 3.50 | 8 | 28.00 |
| 4 | Electroválvula | 15.00 | 2 | 30.00 |
| 5 | Sensor DTH11 | 7.00 | 2 | 14.00 |
| 6 | Sensor FC-28 | 4.00 | 2 | 8.00 |
| 7 | Modulo relé | 5.00 | 2 | 10.00 |
| 8 | Servo motor | 10.00 | 2 | 20.00 |
| 9 | Fuente 12V | 5.00 | 2 | 10.00 |
| 10 | Tarjeta Ufox | 75.00 | 1 | 75.00 |
| 11 | Placa SIM-900 | 40.00 | 1 | 40.00 |
| 12 | Tarjeta SIM (claro) | 5.00 | 1 | 5.00 |
| 13 | Arduino | 10.00 | 1 | 10.00 |
| 14 | Aspersor de agua | 5.00 | 2 | 10.00 |
| 15 | Otros | 50.00 | 1 | 50.00 |
| | | | TOTAL | 343.00 |

14.7. Programación

14.7.1. Programación de la tecnología Sigfox

```
#include <Ufox.h> //incluimos la librería para poder controlar la tarjeta ufox

#include <DHT.h> //incluimos la librería para poder controlar el sensor dth11

#include <Servo.h> //incluimos la librería para poder controlar servo

#define RXLED 17

#define DHTTYPE DHT11

#define DHTPIN 2 // declaramos la variable para el sensor dt11

Ufox wisol;

int relay = 5; //declaramos la variable para el relé para que accione la electroválvula

float humedad;

float temperatura_dht;

Servo servoMotor; // declaramos variable para controlar el servo

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

const int AirValue = 1023; //el valor que devuelve el sensor cuando está suspendido
en el aire. (no tocar con las manos)

const int WaterValue = 0; //el valor que devuelve el sensor cuando esta sumerguido
en agua. puede usar un vaso con agua del caño.

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  wisol.begin(9600);
```

```
dht.begin();

//while (!Serial);

pinMode(RXLED,OUTPUT);

pinMode(relay,OUTPUT);

servoMotor.attach(9); // iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin 9

servoMotor.write(0);

}

void loop() {

    //encendido del wisol

    wisol.RST();

    digitalWrite(RXLED,LOW);

    // sensor dht11

    humedad = dht.readHumidity();// varía entre 0% hasta 100% un byte es suficiente

    temperatura_dht = dht.readTemperature();

    if( temperatura_dht>25 ){

        servoMotor.write(90);

        delay(1000);

    }

    if(temperatura_dht<25){

        servoMotor.write(0);
```

```
    delay(1000);  
  
  }  
  
  Serial.print("humedad: ");  
  
  Serial.print(humedad);  
  
  Serial.println("%");  
  
  Serial.print("temperatura: ");  
  
  Serial.print(temperatura_dht);  
  
  Serial.println("°C");  
  
  //sensor suelo  
  
  uint16_t humedad_adc = analogRead(A0);  
  
  int h_r = map(humedad_adc, AirValue, WaterValue, 0, 100); // map() de Arduino  
permite transformar un valor entero de un rango de entrada al valor correspondiente a  
otro rango de salida.  
  
  uint8_t humedad_relativa = 0; // solo varia de 0 a 100.  
  
  humedad_relativa = h_r;  
  
  if( h_r < 0 ) h_r = 0;  
  
  else if( h_r > 100 ) h_r = 100;  
  
  if( humedad_adc > 600 ){  
  
    digitalWrite (relay, 1);  
  
  }
```

```

if(humedad_adc<600){

    digitalWrite (relay,0);

}

//sensor suelo

Serial.print("humedad adc: ");

Serial.print(humedad_adc);

Serial.println("%");

Serial.print("humedad relativa: ");

Serial.print(humedad_relativa);

Serial.println("%");

    // buff es una variable de tipo char para almacenar la salida formateada que desea
mostrar en el monitor serial.

char buff[30]="";

//formatear a cadena, convertir los datos a valores hexadecimales
printf(buff,"%04x%02x%02x%04x",humedad_adc,humedad_relativa,humedad,temp
eratura_dht);

//Custom payload config humADC::uint:16 humREL::uint:8 hum::uint:8
temperatura_dht::int:16

//conexion con plataforma Sigfox

Serial.print("Enviando: ");

Serial.println(buff);

```

```
//Envio de datos Sigfox

Serial.println(wisol.SEND(buff));

digitalWrite(RXLED,HIGH);

wisol.SLEEP();

delay(5000);

//Serial.println("-Presione botón 13-");

}
```

14.7.2. Programación de la tecnología GSM

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <DHT.h>

#include <Servo.h>

#include <String.h>

SoftwareSerial SIM900(7,8);

DHT dht(A2,DHT11);

Servo myservo;

float temperatura=0;

float humedad=0;

float humedad_adc=0;

float humedad_relativa=0;

int relay = 5;
```

```
const int AirValue = 1023;

const int WaterValue = 0;

void setup(){

  myservo.attach(9);

  myservo.write(0);

  pinMode(relay,OUTPUT);

  SIM900.begin(19200);

  Serial.begin(19200);

  dht.begin();

  digitalWrite(9,1);

  delay(1000);

  digitalWrite(9,0);

  delay(20000);

}

void loop(){

  comandos();

  if(SIM900.available())

    Serial.write(SIM900.read());

}

void comandos(){
```



```
SIM900.println("AT+CIPSTATUS");

delay(2000);

SIM900.println("AT+CIPMUX=0");

delay(2000);

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CSTT=\"internet.claro.com.ec.\",\"\",\"\");

delay(1000);

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CIICR");

delay(3000);

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CIFSR");

delay(2000);

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CIPSPRT=0");

sensor();

delay(3000);

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\");

delay(6000);
```

```
mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CIPSEND");

delay(4000);

mostrarDatosSeriales();

String datos="GET
https://api.thingspeak.com/update?api_key=NZVBFITA3HIO9X45&field1=0"+
String(temperatura)+"&field2=0"+ String(humedad)+"&field3=0"+
String(humedad_adc);+"&field4=0"+ String(humedad_relativa);

SIM900.println(datos);

delay(4000);

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println((char)26);

delay(5000);

SIM900.println();

mostrarDatosSeriales();

SIM900.println("AT+CIPSHUT");

delay(5000);

mostrarDatosSeriales();

}

void mostrarDatosSeriales(){
```

```
while(SIM900.available()!=0)

    Serial.write(SIM900.read());

}

void sensor(){

    uint16_t humedad_adc = analogRead(A1);

    int h_r = map(humedad_adc, AirValue, WaterValue, 0, 100);

    uint8_t humedad_relativa = 0;// solo varia de 0 a 100.

    humedad_relativa = h_r;

    if( h_r<0 ) h_r=0;

    else if( h_r>100 ) h_r=100;

    if( humedad_adc>600 ){

        digitalWrite (relay,1);

    }

    if(humedad_adc<600){

        digitalWrite (relay, 0);

    }

    temperatura = dht.readTemperature();

    humedad = dht.readHumidity();

    if( temperatura>25 ){

        myservo.write(90);
```

```
        delay(1000);  
    }  
  
    if(temperatura<25){  
        myservo.write(0);  
        delay(1000);  
    }  
  
    Serial.print("La temperatura es: ");  
  
    Serial.print(temperatura);  
  
    Serial.println("°C");  
  
    Serial.print("La humedad es: ");  
  
    Serial.print(humedad);  
  
    Serial.println(" %");  
  
    Serial.print("La humedad del suelo es: ");  
  
    Serial.print(humedad_adc);  
  
    Serial.println(" %");  
  
    Serial.print("La humedad relativa es: ");  
  
    Serial.print(humedad_relativa);  
  
    Serial.println(" %");  
}
```

14.8. Evidencias fotografías

Figura 31

Colocación del sensor de humedad de tierra



Figura 32

Calibrando sensores y actuadores



Figura 33

Implementación de las tecnologías en el invernadero

**Figura 34**

Sistema GSM armado con sensores y actuadores

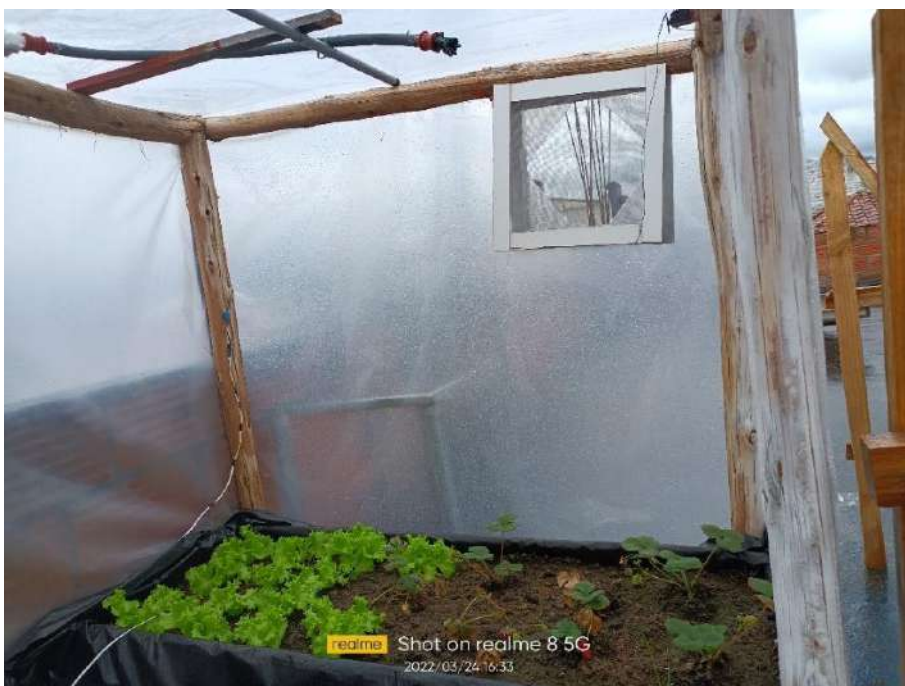
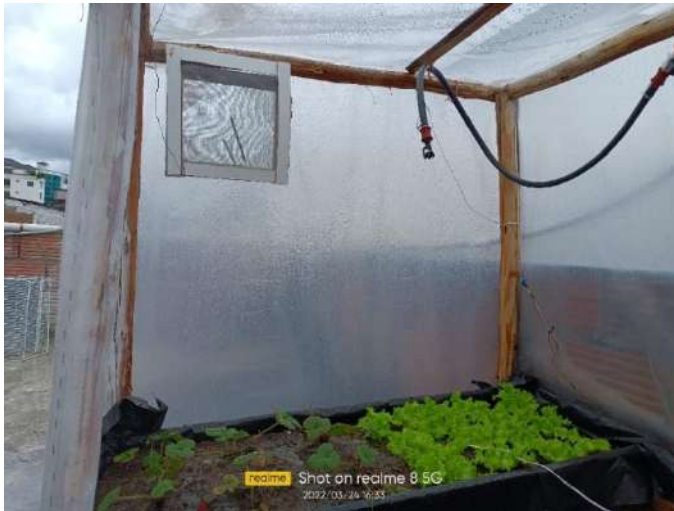


Figura 35

Sistema Sigfox armado con sensores y actuadores

**Figura 36**

Producción con la tecnología GSM



Figura 37

Producción con la tecnología Sigfox

