



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE
BASADO EN WSN EN UNA FABRICA TEXTIL “ParaHeliz” DE LA CIUDAD DE
ATUNTAQUI**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: ANGEL ALEXANDER RUIZ ESCOBAR

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

IBARRA-ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003213228		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ruiz Escobar Angel Alexander		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui- Calle Bolívar y Salinas Esquina		
EMAIL:	aaruize@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062907642	TELÉFONO MÓVIL:	0985694109

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE BASADO EN WSN EN UNA FABRICA TEXTIL "ParaHeliz" DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI
AUTOR (ES):	Ruiz Escobar Angel Alexander
FECHA: DD/MM/AAAA	08 de noviembre del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electronica Redes de Comunicacion
ASESOR /DIRECTOR:	MSC. Jaime Michilena

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 8 días del mes de noviembre de 2022.

EL AUTOR:



Angel Alexander Ruiz Escobar



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN:

MAGÍSTER JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que el presente trabajo de Titulación DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE BASADO EN WSN EN UNA FABRICA TEXTIL “ParaHeliz” DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI, ha sido desarrollado por el señor Ruiz Escobar Angel Alexander bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

MSc. Jaime Michilena Caldero
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado en primer lugar a Dios, quien es el soporte fundamental y por haberme brindado lo más importante que es la salud y vida para desarrollar las actividades universitarias de la mejor manera y poder llegar a cumplir una meta y etapa de la vida. Así como también a mis padres quienes han sido un pilar primordial ya que siempre me brindaron el apoyo necesario para poder cumplir con este objetivo tan importante por otra parte a un ser querido que se adelantó mi querido abuelito Jorge. A todas las demás personas que estuvieron al pendiente en esta etapa de formación académica y a los docentes que impartieron todos sus conocimientos.

Ruiz Escobar Angel Alexander



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a toda mi familia, quien ha estado al pendiente de toda mi carrera universitaria dándome el apoyo necesario para crecer como persona y profesionalmente, a mi padre que siempre ha estado a mi lado dando buenas enseñanzas de vida, a mi madre quien ha sido una pieza importante durante todo el proceso de aprendizaje, a mi hermana y abuelita Milka que siempre han estado en todo momento en esta fase de formación, a Dome, mi novia que siempre me brido su amor y apoyo en los últimos años de carrera.

A mis compañeros de clase que compartí muchos momentos de aprendizaje durante toda la carrera: Cristian R, Stalin I, Kevin E, Kevin O, Cristian P, Rafael N; que sin duda alguna fueron parte de este proceso de formación y etapa llena de emociones, así como también a los demás amigos del enduro que siempre estuvieron pendientes.

A la segunda casa la Universidad Técnica del Norte, así como a los docentes que han sido parte de la formación profesional, quienes de forma desinteresada impartieron su conocimiento, y haciendo una mención especial a mi director MSC. Jaime Michilena y Asesores quienes fueron los guías para el desarrollo del este proyecto de Titulación.

INDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Problema.....	1
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance.....	4
1.5. Justificación.....	5
Capitulo II.....	8
2.1. Monitoreo Ambiental	8
2.1.1. ¿Por qué se realiza un Monitoreo Ambiental?.....	9
2.2. Dióxido de Carbono CO2	10
2.2.1. Niveles de CO2 en ambientes cerrados	11
2.2.2. Niveles de CO2 aptos para las personas	13
2.3. Niveles de temperatura en ambientes cerrados	14
2.3.1. Efectos de temperatura en las personas	14
2.3.2. Posibles riesgos para la salud.....	15
2.4. Redes de Comunicación	16
2.5. Topologías de Red.....	17

2.6. Tecnología WIFI	18
2.6.1. Estándares de WIFI.....	19
2.6.2. Tipos de Seguridad de WIFI.....	21
2.7. Red de Sensores Inalámbricos.....	22
2.7.1. Arquitectura de Red de Sensores Inalámbricos	23
2.8. Sensores.....	25
2.8.1. Sensores de CO2 y temperatura.....	25
2.9. Metodología de desarrollo de proyectos	27
2.9.1. Metodología de Diseño	29
Capitulo III.....	31
3.1. Fase 1: Definición de Requerimientos	31
3.2. Análisis.....	32
3.2.1. Situación Actual.....	32
3.2.2. Técnicas de Investigación.....	42
3.2.2.1. Observación Directa.....	42
3.2.2.2. La Entrevista	42
3.2.3. Propósito y Ámbito del Sistema	43
3.2.4. Descripción General del Sistema	43
3.2.5. Características del Sistema	44
3.2.5.1. Restricciones	44

3.2.5.2. Riesgos	45
3.3. Especificación de Requerimientos	45
3.3.1. Identificación de Stakeholders	46
3.3.2. Nomenclatura de los Requerimientos	46
3.3.3. Requerimientos de Stakeholders	47
3.3.4. Requerimientos del sistema	48
3.3.5. Requerimientos de Arquitectura	50
3.4 Recursos	51
3.5. Fase 2: Diseño del Sistema y del Software	52
3.5.1. Diagrama de Bloques General del Sistema.....	52
3.6. Elección de Hardware	53
3.6.1. Sección del Nodo Sensor	54
3.7. Elección del Software.....	55
3.7.1. Sección del Nodo Sensor	55
3.8. Hardware destinado para el Sistema	56
3.8.1. Módulo Arduino ESP8266.....	56
3.8.2. Sensor Humedad y temperatura DHT11	57
3.8.3. Sensor MQ-135 “Calidad de Aire”	58
3.9. Diseño de Sistema	59
3.9.1. Diagrama de Arquitectura del Funcionamiento del Sistema	60

3.10. Diseño del Hardware	61
3.10.1. Subsistema del Nodo Sensor.....	61
3.10.1.1. Diagrama de Conexión	62
3.10.1.2. Diagrama de Flujo nodo Sensor.....	65
3.11. Análisis de Red Empresa ParaHeliz.....	68
3.12. Análisis de Conectividad Eléctrica Empresa ParaHeliz.....	72
3.13. Diseño del Software	74
3.13.1. Sistema de Comunicación.....	74
3.13.1.1. Levantamiento de la Red Local del Sistema.....	74
3.13.2. Sistema Base de Datos	77
3.13.2.1. Creación Base de Datos Local	77
Capitulo IV.....	84
4.1. Fase 3: Implementación y Validación de Unidades	84
4.1.1. Prueba 1: Verificar que el nodo sensor del sector de la vaporizadora cumpla con todas las funciones	86
4.1.1.1. Verificación de adquisición de datos	87
4.1.1.2. Verificación para cumplir diferentes funciones.....	89
4.1.1.3. Verificación de conectividad con el gateway de la fábrica.....	91
4.1.2. Prueba 2: Verificar que el nodo sensor del sector de la sublimadora cumpla con todas las funciones	92

4.1.1.1. Verificación de adquisición de datos	93
4.1.1.2. Verificación para cumplir diferentes funciones	95
4.1.1.3. Verificación de conectividad con el gateway de la fábrica.....	97
4.2. Fase 4: Validación del Sistema	98
4.2.1. Muestras de las Pruebas del Sistema	98
4.2.2. Prueba 3: Adquisición de los datos del ambiente de la fábrica.....	99
4.2.2.1. Valores registrados durante el censo.....	100
4.2.2.2. Alertas y sistema de ventilación activados durante el censo.....	106
4.2.2.3. Normas que seguir por alertas del censo.....	109
4.2.3. Prueba 4: Verificación y almacenamiento de información en la base de datos local de la empresa.....	113
4.2.3.1. Estadísticas generadas para la fábrica.....	116
4.3. Costo del Sistema	130
4.3.1. Costo de Hardware.....	130
4.3.2. Costo de Infraestructura.....	131
4.3.3. Costo de Software	131
4.3.4. Costo de Implementación Total del Sistema	132
4.4. Beneficio del Sistema.....	132
4.5. Conclusiones	133
4.6. Recomendaciones.....	135

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de Infraestructura.	16
Figura 2. Topologías de red.	18
Figura 3. Rango de cobertura según el estándar 802.11	20
Figura 4. Arquitectura de red de sensores inalámbricos.	24
Figura 5. Sensor de Temperatura Ambiente.	26
Figura 6. Sensor de emisiones de <i>CO2</i>	27
Figura 7. Diagrama modelo en cascada.	30
Figura 8. Ubicación de la Fábrica textil “ParaHeliz”	33
Figura 9. Maquina Vaporizadora en funcionamiento	35
Figura 10. Maquina sublimadora en funcionamiento	36
Figura 11. Maquinaria de producción.....	38
Figura 12. Maquinaria de confección	39
Figura 13. Máquina de Vaporizado.	40
Figura 14. Datos del fabricante de la vaporizadora.	40
Figura 15. Máquina de sublimación.....	41
Figura 16. Diagrama General de Bloques.....	53
Figura 17. Modulo ESP 8266 ESP-12E.....	56
Figura 18. Sensor de Temperatura Ambiente.	57
Figura 19. Sensor Calidad de Aire.....	58
Figura 20. Diagrama de Arquitectura del Sistema.....	60
Figura 21. Diagrama de conexión del Nodo Sensor Sector Vaporizadora	62

Figura 22. Diagrama de conexión del Nodo Sensor Sector Sublimadora.....	63
Figura 23. Diseño PCB Nodo Sensor Sector Vaporizadora.	63
Figura 24. Diseño PCB Nodo Sensor Sector Vaporizadora.	64
Figura 25. Vista Frontal y Posterior del Nodo Sensor Sector Vaporizadora.....	64
Figura 26. Vista Frontal y Posterior del Nodo Sensor Sector Sublimadora.	65
Figura 27. Diagrama de Flujo del Nodo Sensor Sector Vaporizadora.	66
Figura 28. Diagrama de Flujo del Nodo Sensor Sector Sublimadora.....	67
Figura 29. ONT Fabrica Textil ParaHeliz.....	68
Figura 30. App parar medición de señal.....	69
Figura 31. Potencia de Señal Sector Vaporizadora.....	70
Figura 32. Sector Vaporizadora	70
Figura 33. Potencia de Señal Sector de Sublimación	71
Figura 34. Sector de Sublimación.....	71
Figura 35. Toma Eléctrica sector Vaporizadora.	72
Figura 36. Toma Eléctrica sector Sublimadora.....	72
Figura 37. Toma Eléctrica Nueva sector Vaporizadora.....	73
Figura 38. Toma Eléctrica Nueva sector Sublimadora.	73
Figura 39. Diagrama de Conexión entre Nodo y Gateway.....	74
Figura 40. Dirección MAC modulo Sector Vaporizado.....	75
Figura 41. Dirección MAC modulo Sector Sublimado	75
Figura 42. Ingreso a la Interfaz del AP.....	75
Figura 43. Configuración de dirección MAC y IP Static.....	76
Figura 44. Máquina Virtual Ubuntu Instalación.....	77

Figura 45. Comando para configurar la dirección IP.....	78
Figura 46. Configuración de dirección IP estática.....	78
Figura 47. Verificación de dirección IP estática.....	79
Figura 48. Instalación de Apache.....	79
Figura 49. Verificación de Apache.....	80
Figura 50. Instalación de PHP.....	80
Figura 51. instalación de MySQL.....	81
Figura 52. Instalación de phpMyAdmin.....	81
Figura 53. Verificación de página de PHP.....	82
Figura 54. Interfaz de la base de datos local.....	83
Figura 55. Diseño Nodo Sensor Sector Vaporizado.....	84
Figura 56. Diseño Nodo Sensor Sector Sublimado.....	85
Figura 57. Verificación de que el nodo sensor de vaporizado está tomando datos.	87
Figura 58. Llamado de librerías.....	88
Figura 59. Declaración de variables.....	88
Figura 60. Toma de datos.....	88
Figura 61. Condiciones del código.....	89
Figura 62. Verificación de led Verde encendido Temperatura Baja.	90
Figura 63. Verificación de led Amarillo encendido Temperatura Media.....	90
Figura 64. Verificación de led Rojo encendido Temperatura Alta.....	91
Figura 65. Conexión hacia el Gateway.....	91
Figura 66. Verificación de conectividad al Gateway.....	92
Figura 67. Verificación de que el nodo sensor de sublimado está tomando datos.	93

Figura 68. Llamado de librerías.....	94
Figura 69. Declaración de variables.....	94
Figura 70. Código de para la toma de datos.....	95
Figura 71. Condiciones de código.	95
Figura 72. Verificación de led Verde encendido Concentración de <i>CO2</i> Baja.	96
Figura 73. Verificación de led Amarillo encendido Concentración de <i>CO2</i> Media.	96
Figura 74. Verificación de led Rojo encendido Concentración de <i>CO2</i> Muy Alta.	97
Figura 75. Conexión hacia el Gateway.	98
Figura 76. Verificación de conectividad al Gateway.....	98
Figura 77. Nodo Vaporizado colocado de forma correcta.....	99
Figura 78. . Nodo Sublimado colocado de forma correcta.	100
Figura 79. Datos obtenidos en el sector de vaporizado led verde.....	101
Figura 80. Datos obtenidos en el sector de vaporizado led amarillo.	102
Figura 81. Datos obtenidos en el sector de vaporizado led rojo.	103
Figura 82. Datos obtenidos en el sector de sublimado led verde.....	104
Figura 83. Datos obtenidos en el sector de sublimado led amarillo.	105
Figura 84. Datos obtenidos en el sector de sublimado led rojo.	106
Figura 85. Alertas sector Vaporizado.	107
Figura 86. Alertas sector Sublimado.....	108
Figura 87. Sistema de ventilación sector Sublimado.....	108
Figura 88. Aviso Diseñado sector Vaporizado.	109
Figura 89. Aviso entregado al encargado de la vaporizadora.	110
Figura 90. Aviso colocado en el sector.....	110

Figura 91. Aviso Diseñado sector Sublimado.....	111
Figura 92. Aviso entregado al encargado de la sublimadora.....	112
Figura 93. Aviso colocado en el sector.....	113
Figura 94. Visualización de información base de datos local.....	114
Figura 95. Visualización de información base de datos local sector Vaporizado.	114
Figura 96. Visualización de información base de datos local sector Sublimado.....	115
Figura 97. Gráfica de valores del lunes.	119
Figura 98. Gráfica de valores del martes.	120
Figura 99. Gráfica de valores del miércoles.	120
Figura 100. Gráfica de valores del jueves.....	121
Figura 101. Gráfica de valores del viernes.	122
Figura 102. Gráfica de valores de la base de datos local Vaporizado.	122
Figura 103. Gráfica de valores del lunes.	126
Figura 104. Gráfica de valores del martes.	127
Figura 105. Gráfica de valores del miércoles.	127
Figura 106. Gráfica de valores del jueves.....	128
Figura 107. Gráfica de valores del viernes.	129
Figura 108. Gráfica de valores de la base de datos local Sublimado.....	129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de <i>CO2</i> según la norma NTP742.	12
Tabla 2. Riesgos de alta temperatura.	15
Tabla 3. Comparativa de estándares 802.11	19
Tabla 4. Tipos de seguridad inalámbrica	21
Tabla 5. Metodologías de proyectos	28
Tabla 6. Maquinaria de la empresa textil “ParaHeliz”	37
Tabla 7. Listado de Stakeholders del sistema de monitoreo	46
Tabla 8. Requerimiento con su nomenclatura.....	46
Tabla 9. Requerimientos de Stakeholders.....	47
Tabla 10. Requerimientos del Sistema.....	48
Tabla 11. Requerimientos de Arquitectura del Sistema.....	50
Tabla 12. Recursos Humanos	51
Tabla 13. Comparación para la Selección del Sistema Embebido del Nodo Sensor	54
Tabla 14. Selección del Nodo Sensor	55
Tabla 15. Características Modulo ESP 8266 ESP-12E.....	56
Tabla 16. Características del sensor DTH-11.	58
Tabla 17. Características del sensor MQ-135	59
Tabla 18. Listado de las Pruebas del Sistema	85
Tabla 19. Indicadores de los leds.	86
Tabla 20. Indicadores de los leds.	92
Tabla 21. Datos de la semana de pruebas sector vaporizado	116
Tabla 22. Datos de la semana de pruebas sector sublimado	123

Tabla 23. Costos de hardware de los componentes	130
Tabla 24. Costos de infraestructura de los componentes	131
Tabla 25. Costos del software utilizado	131
Tabla 26. Costos de la implementación total	132

Capítulo I

Antecedentes

En este capítulo se detallada los requerimientos necesarios para el desarrollo del presente trabajo de titulación, siendo estos: el tema elegido, la problemática, los objetivos, el alcance, la justificación con la finalidad de concluir este proyecto de una manera exitosa.

1.1. Tema

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE BASADO EN WSN PARA UNA FABRICA TEXTIL “ParaHeliz” DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI.

1.2. Problema

Durante los últimos años en la industria textil que se lleva a cabo en la ciudad de Atuntaqui perteneciente al cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura la cual se ha ido incrementando cada día más, donde también los problemas de salud de los trabajadores se ponen más en riesgo a pesar de que existe un “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo” el cual está en vigencia en el Ecuador del año 2019, pero qué no es aplicado de una forma clara en las empresas y hacia los trabajadores de la ciudad de Atuntaqui (IESS, 2019).

La principal preocupación en materia de salud y seguridad en el sector textil está relacionada con las condiciones generales del entorno de trabajo. Puestos de trabajo, herramientas y un sistema de producción en cadena, imponen graves riesgos de enfermedades. Los talleres de confección no

tienen las condiciones de ventilación, calefacción, alumbrado y el ruido de la maquinaria (Andrade Andrea & Fausto, 2010).

Por lo que, los trabajadores de las fábricas textiles presentan altos riesgos de enfermedades como son el asma industrial, dermatitis de contacto, síntomas de irritación de ojos, nariz y garganta, cáncer de pulmón, nasofaríngeo y pérdida de audición por exceso de ruido los cuales son causados ya sea por la manipulación de la materia prima, o la puesta en marcha a las diferentes maquinarias con las que se confecciona las prendas de vestir. En la investigación de Andrade Andrea y Fausto Yépez de la Universidad Técnica del Norte realiza un análisis a las enfermedades profesionales y su relación con la ocupación laboral de los trabajadores de una fábrica textil de Atuntaqui en el año 2010-2011, se identifica que “El 62% de la población no utiliza medios de protección básicos, de los cuáles apenas el 28% usan mascarilla y prendas protectoras (8%), y un 2% guantes, siendo los requerimientos básicos establecidos en las normas los siguientes: uso permanente de mascarilla, protector de oídos, gafas, guantes (Andrade Andrea & Fausto, 2010).

Por consiguiente, se requiere implementar un sistema el cual evalúe la calidad del medio ambiente dentro de la empresa textil, lo que permitirá monitorear la temperatura, calidad del aire, mediante una red de sensores para que active mecanismos de ventilación y extracción de aire contaminado del proceso de sublimación que se realiza en la materia prima los cuales ayudara a tener una mejor calidad del medio ambiente en el interior de la empresa.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo del medio ambiente que contenga una red de sensores inalámbricos utilizando la tecnología WIFI para el monitoreo de la temperatura y calidad del aire en la fábrica “ParaHeliz” de la ciudad de “Atuntaqui” enfocado en analizar la cantidad de CO_2 presente dentro de la fábrica para accionar mecanismos de ventilación y generación de estadísticas para la empresa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el marco teórico que sustente el desarrollo del proyecto para el sistema de monitoreo de la red de sensores, además analizar los niveles de CO_2 dentro de ambientes cerrados para accionar mecanismos de ventilación.
- Diseño del software y hardware del sistema de monitoreo de modo que se ajuste a las necesidades de la fábrica textil. Aplicando criterios basados en la metodología en cascada.
- Implementación y evaluación del funcionamiento del sistema de monitoreo mediante pruebas, considerando los componentes de hardware y software propuestos en el diseño.
- Verificar y realizar un análisis costo beneficio para el diseño del sistema de monitoreo con el fin de analizar los aspectos ambientales y controlar los niveles de CO_2 dentro de la fábrica textil.

1.4. Alcance

Para el siguiente proyecto de titulación se realizará un diseño que contribuya de una mejor manera a la red de sensores inalámbricos, para el monitoreo de factores como la temperatura y el CO_2 existentes en la fábrica textil “ParaHeliz” de la ciudad de Atuntaqui, con el fin de obtener un análisis detallado que emiten los sensores de forma automática, para tomar precauciones dentro de la fábrica textil y activar mecanismos de ventilación y extracción de aire contaminado del proceso de sublimación que se realiza en la materia prima los cuales ayudara a tener una mejor calidad del medio ambiente dentro de una empresa textil.

Mediante una revisión bibliográfica acerca de las condiciones del medio ambiente que se debe tener dentro de una industria y de la red de sensores inalámbricos, se podrá identificar los agentes principales que intervendrán en el desarrollo del proyecto. Para el correcto desempeño de este proyecto se realizará un análisis de todos los requerimientos, como son de software y de hardware para poder hacer una correcta elección de los componentes que conformaran el sistema de monitoreo, para luego tener un correcto diseño de la red de sensores.

Se diseñará un sistema con criterios basados en la metodología en cascada el cual tenga la capacidad de recopilar los datos mediante un nodo central que recogerá los datos emitidos por los sensores basados en la tecnología WIFI, los cuales serán ubicados de una forma estratégica dentro de la fábrica textil “ParaHeliz”. La información que se recolectará por los respectivos nodos sensores será enviada a una estación base donde serán almacenados todos los datos para su posterior análisis.

Mediante la implementación de la red de sensores inalámbricos se podrá recolectar los datos obtenidos mediante una base de datos de licencia libre, con el propósito de almacenar y extraer la información la cual ayudará a hacer un análisis de la cantidad de CO_2 dentro de la fábrica textil.

Para realizar una comprobación de que todos los sensores estén funcionando de una manera correcta dentro de la fábrica textil de acuerdo con el diseño, se procederá a realizar las pruebas pertinentes de funcionamiento y monitoreo, realizando un análisis costo beneficio del sistema de monitoreo con el fin de analizar los aspectos ambientales y controlar los niveles de CO_2 dentro de la fábrica textil.

1.5. Justificación

Para el desarrollo de este proyecto se basa en un análisis en base a la protección de la salud de los trabajadores, para lo cual la Organización Mundial de la Salud (*OMS*) dice que las personas económicamente activas pasan aproximadamente una tercera parte del tiempo en el lugar de trabajo que significan las 8 horas diarias laborables, donde las condiciones de empleo y de trabajo tienen efectos considerables sobre la equidad en materia de salud (*Organización mundial de la Salud, 2017*).

Se evidencia que se tienen algunos riesgos ocupacionales tales como traumatismos, ruidos, agentes carcinogénicos, partículas transportadas por el aire y riesgos ergonómicos representan una parte considerable de la carga de morbilidad derivada de enfermedades crónicas: 37% de todos los casos de dorsalgia; 16% de pérdida de audición; 13% de enfermedad pulmonar obstructiva crónica; 11% de asma; 8% de traumatismos; 9% de cáncer de pulmón; 2% de leucemia; y 8% de depresión (*Organización mundial de la Salud, 2017*).

En cuanto al desarrollo de este proyecto se toma en cuenta como punto de partida el Plan Nacional de la Calidad de Aire del año 2010, donde dentro del proyecto 8 habla sobre la implantación del programa nacional de reducción de emisiones, es cumplir con uno de los objetivos el cual es Implementar mecanismos de evaluación, control y seguimiento de la calidad del aire en interiores (M. Hernández et al., 2010).

Con el desarrollo de este proyecto se pretende contribuir a mejorar la calidad del aire interior en las condiciones más adecuadas, ya que la mayoría del tiempo de trabajo se realiza dentro de la fábrica textil. En el caso del CO_2 , aunque no es un gas letal, en altas cantidades de concentración puede afectar el desempeño del trabajador ya que en grandes porciones las cuales son medidas en partes por millón (*ppm*) son “cercanas a 1000 ppm puede causar: dolores de cabeza, falta de concentración, mareos y problemas respiratorios. En entornos laborales las quejas comienzan a aparecer entre las 800 y 1000 ppm” (SENSORGO MKT, 2021).

Por lo cual se requiere implementar un sistema el cual evalué la calidad del medio ambiente dentro de una empresa textil, que ayudara a monitorear la temperatura, calidad del aire, mediante una red de sensores que active diferentes mecanismos de ventilación y extraiga el aire contaminado del proceso de sublimación que se realiza en la materia prima, lo cual ayudara a tener una mejor calidad del medio ambiente dentro de una empresa textil ayudando a cuidar la salud de cada uno de los trabajadores y la de sus familias previniendo las enfermedades y también cuidando el rendimiento y la producción de la fábrica textil.

El sistema pretende dar una solución al desarrollo de las actividades dentro de la empresa textil, con un monitoreo constante de la calidad del aire y de la temperatura por medio de la red de sensores inalámbricos junto con la tecnología WIFI ya que es una tecnología de bajo costo y con

una cantidad mínima en cuanto a interferencias para que los datos lleguen de una forma correcta hacia el nodo central.

Capítulo II

Fundamento Teórico

En el segundo capítulo describe los principales conceptos teóricos para el desarrollo del trabajo de titulación. Para ello, se inicia con el estudio acerca del monitoreo ambiental y el por qué se debe realizar un monitoreo del ambiente, posteriormente se realiza un análisis del CO_2 y los niveles que se debe tener en ambientes cerrados, así como también para las personas, de la misma manera se procede a realizar una indagación de lo que son los niveles de temperatura tanto para ambientes cerrados como para las personas y los riesgos de salud que se puede tener.

Adicionalmente se definen los conceptos de las comunicaciones donde se aborda el significado de red de infraestructura y la tecnología WIFI para luego pasar a lo que serían las redes de sensores inalámbricas por sus siglas en inglés Wireless Sensor Networks (WSN) donde se tiene la arquitectura de red y por último se analiza sensores de red WSN enfatizando en el sensor de CO_2 y de temperatura los cuales son los importantes para el desarrollo del proyecto.

2.1. Monitoreo Ambiental

El monitoreo del ambiente es una herramienta para evaluar las condiciones y tendencias ambientales, donde también consiste en la medición de variables como físicas, químicas y biológicas las cuales son analizadas durante un periodo de tiempo determinado, con el fin de evaluar los cambios que se tienen en algún lugar del medio ambiente. Por lo que el monitoreo ambiental es una pieza clave para la gestión ambiental lo que contribuye a la planificación y la ejecución de proyectos ambientales para el mejoramiento del ambiente (Márquez, 2020).

De acuerdo con (Jones, 2022) dentro del monitoreo ambiental uno de los casos que se está generando controversia se puede definir dentro de un sistema de sensores distribuidos, que pueden tener conectividad inalámbrica, con una informática de punta y herramientas de visibilidad que monitorean condiciones, procesos y equipos para rastrear la salud ambiental y prevenir eventos y fallas que pueden dañar el medio ambiente. Las condiciones ambientales en muchos casos indican calor, frío, humedad, vibración y otras variables ambientales que pueden ser adversas para operaciones consistentes y confiables.

2.1.1. ¿Por qué se realiza un Monitoreo Ambiental?

A medida que la población humana, las actividades industriales y el consumo de energía continúan creciendo, el desarrollo continuo de aplicaciones y dispositivos de monitoreo automatizados y avanzados es crucial para mejorar la precisión de los informes de monitoreo ambiental y la rentabilidad del proceso de monitoreo ambiental.

Uno de los principales objetivos al realizar un monitoreo ambiental es gestionar y minimizar el impacto que las actividades de una organización tienen sobre el medio ambiente, ya sea para asegurar el cumplimiento de las leyes y reglamentos o para mitigar los riesgos de efectos nocivos sobre el medio ambiente natural y proteger la salud de los seres humanos (HEAVY.AI, 2022).

Sin embargo, el propósito de un monitoreo ambiental consiste en la realización de mediciones y observaciones específicas de las cuales se puede analizar varios parámetros con la finalidad de verificar si se puede determinar los impactos ambientales producidos por ser humano (P. Hernández, 2019).

Por lo que, una vez realizado el análisis correspondiente al monitoreo ambiental de diferentes fuentes bibliográficas se puede deducir que existe varias alternativas de monitoreo las cuales son:

- Monitoreo de calidad del agua: Se analiza muestras que pueden ser de un río, un lago, una cascada, para ello se examina lo que es la turbidez, presencia de cloro, temperatura, conductividad, PH, coliformes entre otros (P. Hernández, 2019).
- Monitoreo de calidad del aire: Se puede analizar la cantidad de partículas suspendidas en el aire producidas por emisiones de hidrocarburos, dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, plomo, así como también la temperatura del ambiente (P. Hernández, 2019).
- Monitoreo de ruido: Se puede medir los decibeles que se emiten en una zona determinada.
- Monitoreo de residuos sólidos: Se recoge muestras de los restos que se hayan introducido en alguna zona geográfica (P. Hernández, 2019).

Y comparado los diferentes tipos de monitoreo ambiental y en base al proyecto de titulación, se realizará un análisis en cuanto al monitoreo del Dióxido de Carbono (CO_2) donde se dará a conocer acerca de los niveles de CO_2 en ambientes cerrados, los niveles aptos para las personas y dentro del monitoreo de la temperatura se tomará en cuenta los niveles en ambiente cerrado, los efectos que causa en las personas y los posibles riesgos que se tiene para la salud.

2.2. Dióxido de Carbono CO_2

El Dióxido de Carbono CO_2 o también conocido como anhídrido carbónico, el cual es un gas en donde sus moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono, para lo cual este compuesto sostiene una alarma social fundamentalmente con el cambio climático, el CO_2

habita la atmósfera en una proporción media de 380 a 400 partes por millón (ppm). Esa presencia es una de las estaciones del “ciclo planetario del carbono”, explica Rafael Sarda, investigadores del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España (BBVA, 2021).

Las principales fuentes de dióxido de carbono son la combustión de materiales fósiles (carbón, derivados del petróleo, biomasa, etc.) y la respiración aeróbica de la especie animal. En mucha menor medida, fenómenos naturales como los volcanes, contribuyen asimismo al incremento de la tasa de CO_2 (S&P, 2017).

2.2.1. Niveles de CO_2 en ambientes cerrados

La medición del CO_2 como un indicador de la ventilación del aire en los ambientes cerrados es una de las medidas más recomendadas para evitar cualquier dolencia con respecto al CO_2 que se tiene en el ambiente.

El químico alemán Max Von Pettenkofer, definió la concentración de 0.1% (1000 ppm) como la concentración límite de CO_2 por un determinado tiempo en un área en ambientes interiores. A ese dato se le conoce como el “número de Pettenkofer”. A partir de esta concentración pueden presentarse malestares como dolor de cabeza y desconcentración (Quiroa, 2017).

Se conoce como el “Síndrome del Edificio Enfermo” a los edificios que enferman a los trabajadores presentes, las causas que originan este tipo de síndromes son el tipo de climatización que posean o la falta de higiene del aire. La gama de síntomas es bastante amplia: Irritaciones de los ojos, nariz y garganta; sequedad en mucosas y piel; cansancio mental; infecciones frecuentes de las vías respiratorias y tos; ronquera, disnea, picazón e hipersensibilidad no específica (Quiroa, 2017).

Según una normativa española NTP 742 la cual es aplicada como referencia internacional, se tomó en cuenta ya que se está realizando el proyecto dentro de una fábrica, la cual hace referencia a la ventilación general de los edificios se puede clasificar en zonas determinadas por 4 grupos básicos haciendo referencia a la calidad del aire en interior los cuales son:

- IDA 1: Calidad del aire interior alta.
- IDA 2: Calidad del aire interior media.
- IDA 3: Calidad del aire interior moderada.
- IDA 4: Calidad del aire interior baja.

Según la *Tabla 1* se puede analizar que en base a los niveles de CO_2 que se tiene al aire libre que va desde los 380 hasta los 400 ppm, se considera como un ambiente de calidad del aire alta cuando se tiene un intervalo menor a los 400 ppm dentro de un ambiente cerrado de acuerdo con la norma NTP 742 - IDA 1.

Tabla 1. Niveles de CO_2 según la norma NTP742.

Niveles de CO_2 (ppm)		
Categoría	Intervalo Típico	Valores por Defecto
IDA 1	<400	350
IDA 2	400 a 600	500
IDA 3	600 - 1000	800
IDA 4	>1000	1200

Fuente: (Quiroa, 2017)

2.2.2. Niveles de CO₂ aptos para las personas

Es de importancia tener un control en cuanto a los niveles de concentración de CO₂ que se debe tener en cuenta para las personas dentro de los ambientes cerrados, para ello se detalla los niveles aceptables permitidos de concentración de CO₂ (S&P, 2018).

- Concentraciones usuales de CO₂ en ambientes exteriores: 350 a 450 ppm.
- Concentraciones aceptables de CO₂ en ambientes interiores (IAQ): 600 a 800 ppm.
- Concentraciones tolerables de CO₂ en ambientes interiores (IAQ): 1000 ppm.

Donde realizando un análisis de los problemas que puede causar al estar expuesto por mucho tiempo a grandes cantidades de CO₂ podría causar algunas afectaciones al ser humano como se detalla de algunas de las condiciones que se tiene en referente a las partes por millón del CO₂ (S&P, 2018).

- 350 ppm: es el aire del exterior.
- 1000 ppm: produce sensaciones de que el aire sea menos abundante o escaso.
- 4000 ppm: es como tener una habitación que no tiene una ventilación adecuada.
- 5000 ppm: es el nivel máximo permitido en aulas o trabajos.
- 30.000 ppm: son niveles muy altos de CO₂ los cuales pueden causar dolor de cabeza, mareos, problemas de respiración y una falta de concentración.

2.3. Niveles de temperatura en ambientes cerrados

La temperatura en interiores ha de medirse en relación con la humedad del lugar. La sensación térmica es un factor que se debe tener en cuenta, y los mismos niveles de calor o de frío serán diferentes en zonas muy húmedas o demasiado secas (Siber ventilación inteligente, 2016).

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) el cual es un curso internacional que se puede obtener recomienda, por ejemplo, que, en entornos de oficinas, locales de trabajo y de mayor tamaño, el aire debería estar a 26 grados centígrados, con una humedad relativa de entre el 30% y el 70%. Sin embargo, ofrece niveles recomendados de temperatura más al detalle para verano e invierno (Siber ventilación inteligente, 2016).

- En verano, entre 24 y 28 grados y con la humedad en porcentajes entre 45 y 60.
- En invierno, entre 23 y 25 grados con una humedad en porcentajes entre 40 y 50.

2.3.1. Efectos de temperatura en las personas

La exposición laboral a ambientes calurosos puede suponer un riesgo para la salud. Se trata del denominado estrés térmico, que es la carga de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la combinación de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, de la actividad que realizan y de la ropa que lleven puesta. Estableciendo las condiciones ambientales, los factores que influyen y que son medibles son la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del aire (Jaga, 2018).

2.3.2. Posibles riesgos para la salud

Los posibles riesgos que se puede tener en cuanto a la temperatura en un ambiente de trabajo donde según la Técnica de prevención del INSHT (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo), las consecuencias en la salud pueden ser la que constan en la siguiente *Tabla 2* :

Tabla 2. *Riesgos de alta temperatura.*

Riesgo	Síntomas
Desmayo por calor	Al estar de pie o inmóvil durante mucho tiempo en un ambiente caluroso puede producir una bajada de tensión. Se manifiesta con pérdidas de consciencia o desmayos
Deshidratación	La exposición prolongada al calor implica una pérdida de agua a través de la sudoración y puede producir problemas gastrointestinales y calambres musculares
Agotamiento por calor	Se produce cuando existe una gran deshidratación y produce náuseas, fatiga y pérdida de la capacidad de trabajo. Con una rehidratación o reposo se recupera la normalidad
Golpe de calor	Es la situación más grave por un incremento elevado de la temperatura interna por encima de 40,5 °C, y la piel caliente y seca debido a que no se produce sudoración. En este caso es necesaria la asistencia médica

Fuente: Adaptado de (Jaga, 2018)

Una vez que se ha comprendido y analizado los temas del monitoreo ambiental, lo que es dióxido de carbono con sus niveles aptos para las personas y los niveles en ambientes cerrados, seguido de lo que es la temperatura con su respectivo análisis y juntamente con los posibles riesgos para salud se pasa a indagar en lo que sería la parte tecnología para el desarrollo del proyecto comenzando con la base de lo que sería las redes de comunicación.

2.4. Redes de Comunicación

Dentro de las redes de comunicación se puede dividir en dos las cuales son cableadas e inalámbricas, pero dentro de las redes inalámbricas se tiene una subdivisión Ad-hoc y de infraestructura donde se dará a conocer un poco más acerca de la de red de infraestructura.

Una red de infraestructura es la arquitectura de red para proporcionar comunicación entre clientes inalámbricos y recursos de red por cable. La transición de datos del medio inalámbrico al cableado ocurre a través de un punto de acceso. En donde un punto de acceso juntamente con sus clientes inalámbricos asociados define el área de cobertura (Fernandez Barcell, Manuel, 2008).

En la red de infraestructura todo el tráfico de una red inalámbrica se encamina a través de un punto de acceso, donde todos los dispositivos inalámbricos deben estar dentro de la zona de cobertura para poder establecer una comunicación entre ellos, se caracteriza principalmente porque se tiene un punto de acceso centralizado.

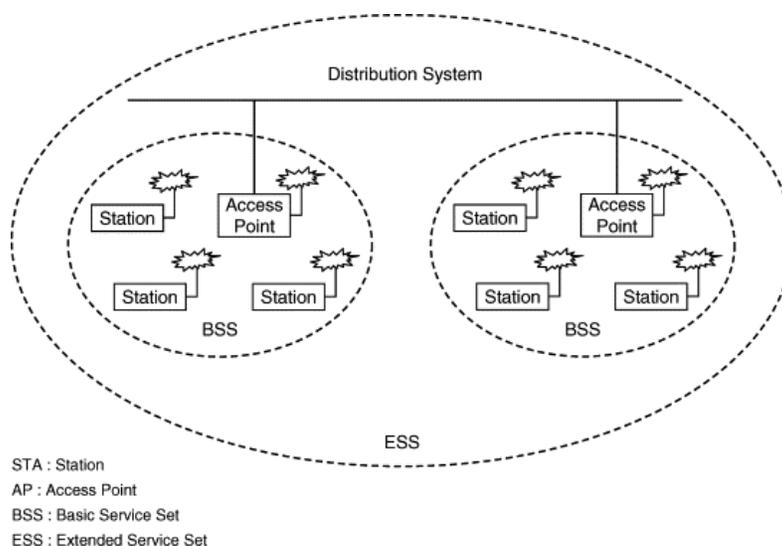


Figura 1. Red de Infraestructura.
Fuente: (Fernandez Barcell, Manuel, 2008)

Una vez comprendido más acerca de una red de infraestructura las cuales son una subdivisión de las redes inalámbricas donde se tiene la parte normativa y las recomendaciones que están bajo el estándar IEEE 802.11 con sus diferentes variantes y versiones donde se da inicio a lo que sería la tecnología WIFI donde se puede conocer acerca del tipo de seguridad y las versiones que se han ido desarrollando, así como también se da a conocer acerca de las topologías de red que se tiene dentro de las comunicaciones donde se tiene varias formas de lograr establecer una comunicación como son las topologías de anillo, árbol, estrella, malla, bus, entre otras.

2.5. Topologías de Red

Las topologías de red hacen referencia a la forma en la que se encuentra distribuida una red, incluyendo los nodos, conexión de varios elementos y líneas para poder asegurar la transmisión y recepción de datos de una forma segura, para ello existen varias topologías de red en donde las más utilizadas o destacadas son: Bus, estrella, anillo, malla, árbol y otras más (UNIR, 2022).

Dentro de la topología de Bus se tiene que todos los dispositivos están conectados directamente a un solo canal y no existe un vínculo entre los nodos de la red, en donde se tiene algunas ventajas como la fácil instalación y aumento de más nodos a la red y desventajas en cuanto a que si surge algún problema todos los dispositivos de la red se quedan sin conexión.

Por otro lado, la topología de red en anillo se crea una red cerrada por los dispositivos que se encuentran conectados, lo que quiere decir es que cada uno de los nodos se encuentran conectados entre sí y para que la información se transmita se deberá tener una secuencia entre cada nodo hasta que la información llegue hasta el receptor, es decir que la información que se transmite debe pasar por todos los nodos.

Y tenemos la topología más utilizada la cual es la de estrella en donde todos los dispositivos de la red se encuentran conectados a un punto central de la red, lo que permite que cada uno de los dispositivos se comuniquen entre si logrando sacarle un mayor provecho a este tipo de topología. Para ello se presenta en la siguiente *Figura 2* las topologías de red las cual se hace referencia.

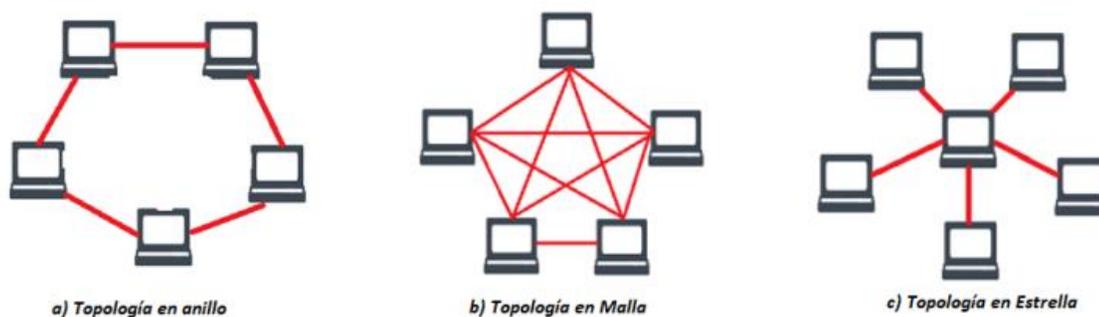


Figura 2. Topologías de red.
Fuente: (Dominguez, 2020)

2.6. Tecnología WIFI

El WIFI es una tecnología de red inalámbrica que viene de su nombre “Wireless Fidelity” que quiere decir “Fidelidad inalámbrica”, en la que los dispositivos inalámbricos se pueden conectar entre sí para realizar un intercambio de información y de esta manera se establezca un red de comunicación, desde un punto de vista técnico se le conoce como el estándar IEEE 802.11 el cual define los protocolos que los dispositivos inalámbricos requieren para poder establecer una comunicación mediante WIFI, estos dispositivos que emiten WIFI se los conoce como Router o punto de acceso inalámbrico, los cuales son compatibles con los diferentes estándares de IEEE (CISCO, 2018).

2.6.1. Estándares de WIFI

Dentro de la tecnología de WIFI existe diferentes tipos de estándar IEEE 802.11 la cual es certificada por la Alianza WIFI la cual consta de varias normas inalámbricas creadas por el Instituto de Ingenieros y Electrónicos (IEEE) (Valero, 2020). En cuanto a los estándares más comunes y que se los encuentra en los dispositivos para un cliente final de puede ver en la siguiente.

Tabla 3. *Comparativa de estándares 802.11*

Estándar	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n
Año de creación	1999	1999	2003	2009
Frecuencia	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz y 5 GHz
Velocidad	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	300 Mbps
Compatibilidad	Con 802.11 a/n	Con 802.11 b/g/n	Con 802.11 b/g/n	Con 802.11 a/b/g/n
Rango de cobertura	35 m	35 m	70 m	70 m
Modulación	OFDM	CCK (DSSS)	OFDM y CCK (DSSS)	OFDM
Restricciones	No puede interactuar con equipos 802.11b	No puede interactuar con equipos 802.11a	Estándares con rangos menores a 802.11g se reduce la velocidad de transmisión	-
Aplicado A	Redes inalámbricas con velocidad de 20 Mbit/s	Protocolo de transmisión	de Opera con tecnología de RF, DSSS y OFDM	Con todos los dispositivos de las anteriores versiones de WIFI

Fuente: Adaptado de (Romo, 2012)

- IEEE 802.11ac: Este estándar es también conocido como WIFI 5 o también como WIFI Gigabit, este opera en la banda de los 5 GHz y gracias a la tecnología de beamforming lo permite focalizar las señales de radio y la velocidad que se tiene la cual fijada teóricamente hasta los 1300 Mbps (Valero, 2020).
- IEEE 802.11ax: También se le conoce como WIFI 6 y tiene la capacidad de trabajar en las bandas de 2.4 y 5 GHz, este protocolo es compatible con los anteriores y se tiene una velocidad máxima de transmisión de 10 Gbps siendo una de las tecnologías que se tiene hoy en día en los hogares (Valero, 2020).

Dentro de los estándares se puede apreciar en la siguiente *Figura 3* el rango de alcance que se tiene por cada uno de ellos de las utilizado.

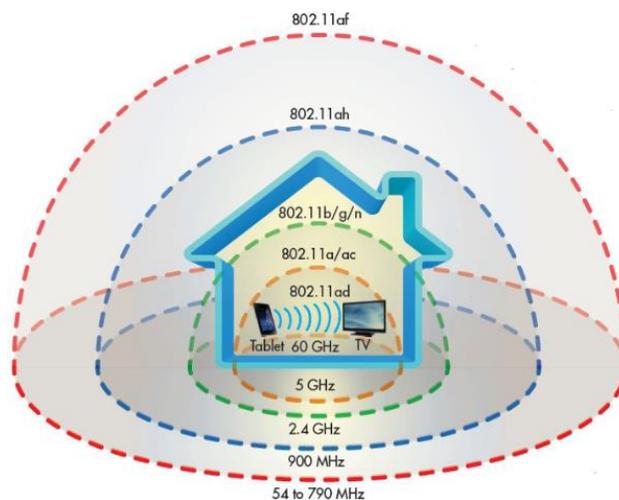


Figura 3. Rango de cobertura según el estándar 802.11

Fuente: (Alcocer, 2016)

2.6.2. Tipos de Seguridad de WIFI

La seguridad de una red WIFI depende del cifrado que se requiera aplicar a una red, está puede ser configurada en el Router y los adaptadores de red inalámbricos, se puede clasificar entre tipos de seguridad seguras y no seguras por cada una de las características que se tiene para ello podemos apreciar en la siguiente *Tabla 4* algunas de ellas.

Tabla 4. *Tipos de seguridad inalámbrica*

Seguridad	WEP	WPA	WPA2	WPA3
Encriptación	Débil	Mejor que WEP	Mayor seguridad	Estándar inalámbrico más seguro
Cifrado	65 y 128 bits	256 bits	256 bits	192 bits
Tipo de clave	-	TKIP	TKIP y AES	Servidor de autenticación
Autenticación	-	PSK	PSK	-

Fuente: Adaptado de (Jiménez, 2021)

- WEP: Este tipo de cifrado es de los primeros el cual apareció en año 1999 que significa “Aire Equivalent Privacy”, este tipo de cifrado es el más inseguro y obsoleto, donde se tiene dos cifrados de 64 y 128 bits de los cuales es muy inseguro así se utilice el de 128 bits, por lo que ya no se utiliza este tipo de cifrado debido a las vulnerabilidades que se tiene (Jiménez, 2021).
- WPA: Este cifrado es una evolución en cuanto a WEP ya que se tiene un cifrado de 256 bits, y se tiene una mejora en cuanto a la comprobación de contenidos e integridad de mensajes los cuales permite que sea un poco más seguro y utiliza el protocolo de clave

temporal TKIP lo cual ayudara a que no pueda ser atacado un Router fácilmente (Valero, 2022).

- WPA2: En este tipo de seguridad se tiene dos variantes en cuanto al tipo de cifrado de TKIP y AES por lo que se puede decir que el cifrado de TKIP ya es obsoleto y el cifrado de AES es uno de los más seguros ya que realiza un cifrado por bloques para permitir claves más largas y seguras (Valero, 2022).
- WPA3: Es uno de los estándares de seguridad en redes inalámbricas más seguros por que se tiene un cifrado de 192 bits por lo que cuanto mayor es la clave de cifrado es más difícil de romper la seguridad, lo que le hace más seguro y fiables del mercado (Ramírez, 2020).

Una analizado la parte de la tecnología que se va a utilizar en el presente proyecto se procede a indagar acerca de las redes de sensores inalámbricos, así como también la arquitectura que se emplea para luego pasar a la parte de los sensores que se va a implementar detallando cada una de las características que comprende cada uno para el presente proyecto.

2.7. Red de Sensores Inalámbricos

Las Redes Inalámbricas de Sensores o RIS (*también llamadas WSN por sus siglas en inglés*) están compuestos por varios tipos de sensores electrónicos, llamados nodos de sensores y que son distribuidos a lo largo de un ambiente de interés particular. Por ello se considera que cada sensor inalámbrico en una red ad-hoc recolecta datos de su ambiente, como la cantidad de luz, temperatura, humedad, vibraciones y otros factores ambientales, para luego ser procesados y analizados posteriormente (Juan Pérez, Elizabeth Urdaneta, 2014).

Cada nodo, envía los datos recolectados a sus vecinos, estos a su vez a sus propios vecinos, hasta que la información alcanza un destino específico el cual es llegar al nodo central, donde será procesada, brindando una buena imagen del ambiente circundante en tiempo real dependiendo del tipo de escenario que se requiera analizar (Juan Pérez, Elizabeth Urdaneta, 2014).

Las redes inalámbricas de sensores (WSN - Wireless Sensor Network), se basan en dispositivos de bajo costo y consumo, las cuales son capaces de obtener información de su entorno, procesarla de forma óptima, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central el cual realiza la función de coordinar los datos obtenidos de la red de sensores inalámbricos (Stankovic, 2007).

2.7.1. Arquitectura de Red de Sensores Inalámbricos

La arquitectura para una red de sensores inalámbricos conocido como WSN en cual su principio de funcionamiento se basa en tres componentes principales los cuales son el nodo de sensores, el Gateway y la estación base, para lo cual en la siguiente *Figura 4* se presenta la arquitectura de red establecida para el desarrollo del presente proyecto; para lo cual el primer elemento que se tiene son los sensores los cuales son los encargados de recolectar la información respectiva y por consiguiente ser procesados y enviados de forma inalámbrica hacia el Gateway, el cual será el encargado de recolectar la información de cada uno de los sensores, para luego ser procesados y almacenados en una base de datos para poder transmitirles al usuario y tener datos en forma de estadísticas.

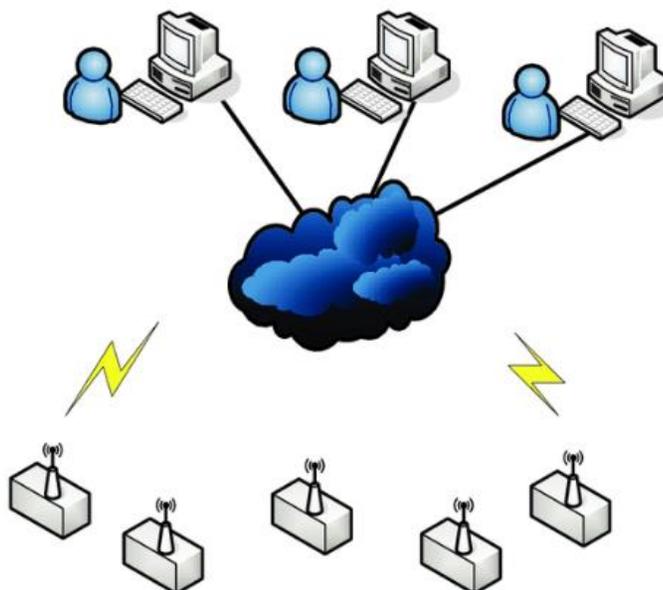


Figura 4. Arquitectura de red de sensores inalámbricos.
Fuente: (Ortiz et al., 2010)

Para lo cual el nodo sensor es uno de los elementos primordiales en la una red de sensores inalámbricos WSN ya que tiene la tarea de recolectar y procesar los datos, donde el nodo sensor se conforma de cuatro partes fundamentales: la primera en la administración de la energía para el correcto funcionamiento, luego se tiene el sensor que es el encargado de recibir la información y transformar información en señales eléctricas, luego el microcontrolador que recibe los datos del sensor y por último se tiene el transceiver el cual tiene la capacidad de combinar la funciones de transmisión y recepción inalámbrica, para poder establecer la comunicación (Dominguez, 2020).

Luego se tiene el Gateway el cual es una sistema de hardware y software para interconectar dos redes entre si el cual permite funcionar con diferentes protocolos de red, por lo que quiere decir que si un usuario se logra conectar al Gateway lo que se realiza es examinar la solicitud y si está coincide con la reglas que se ha establecido por el administrador de la red, el Gateway crea

una conexión entre las dos redes, lo que quiere decir es que primero analiza una solicitud entre los protocolos diferentes de cada red para poder transmitir información (López Jurado, 2021).

Y por último se tiene la estación base en donde se almacenará toda información en una base de datos para luego ser analizada y formar estadísticas acerca del monitoreo que se está realizando mediante la red de sensores.

2.8. Sensores

Un sensor es un dispositivo electrónico el cual permite monitorear el medio, logrando transformar las variaciones del entorno y transformar de un fenómeno físico en un voltaje analógico o en algunos casos en señal digital, es decir lo que permiten los sensores es la posibilidad de comunicación entre el mundo físico con los sistemas de medición ya sean eléctricos o electrónicos, para luego de un procesamiento poder obtener información que puede ayudar a monitorear cualquier ambiente que se necesite obtener datos de una forma precisa.

De acuerdo con el apartado 2.1.1 del porque se realiza un monitoreo ambiental y en base al tema planteado se detalla el funcionamiento de sensores de CO_2 y de Temperatura los cuales serán utilizados para el desarrollo del proyecto.

2.8.1. Sensores de CO_2 y temperatura

De acuerdo con los parámetros que se requiere analizar en el presente proyecto, a continuación, se presenta los sensores necesarios para la recolección de la información.

- **Sensor de temperatura Ambiente:** El sensor que se presenta en la *Figura 5*, servirá para poder obtener valores del cambio de la temperatura, para ello los datos que se recolecte

serán transformados en señales eléctricas para luego ser procesados y analizados respectivamente.

Este sensor se conecta a pines digitales ya que la señal que se obtiene es de forma digital, para el funcionamiento del sensor este se compone de un sensor capacitivo para medir la humedad y también de un termistor que es un elemento el cual detecta la temperatura donde está compuesto por material semiconductor, por ende, tiene una buena calidad y respuesta por lo que sus rangos de medición van desde los 0 grados centígrados hasta 50 grados centígrados (Díaz, 2014).

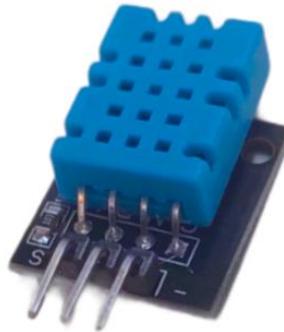


Figura 5. Sensor de Temperatura Ambiente.
Fuente : (ABC Electronica, 2016)

- **Sensor de emisiones de CO_2 :** Como se muestra en la siguiente *Figura 6*, este sensor se caracteriza por ser electroquímico lo cual al entrar en contacto con diferentes gases como: amoníaco, alcohol, benceno, humo y dióxido de carbono varia su resistencia, para lo cual este sensor cuenta con una salida analógica y otra digital, este sensor permite la detección gases nocivos en un rango máximo de 10-1000 ppm.

El sensor está encerrado por dos capas de acero inoxidable el cual asegura de que este no se dañe ante una exposición a gases inflamables, dentro se puede encontrar un

bonina de níquel-cromo el cual forma un sistema de calefacción juntamente con un revestimiento de estaño para formar el sistema de detección (Unit Electronics, 2016).

En cuanto al voltaje de salida dependerá de la concentración de humo o gas lo que quiere decir, cuando mayor sea la concentración de gas mayor será el voltaje de salida y si se tiene una menor concentración de gas, tendrá un voltaje bajo.



Figura 6. Sensor de emisiones de CO_2
Fuente: (Olimex, 2012)

2.9. Metodología de desarrollo de proyectos

Dentro de las metodologías que se puede encontrar para el desarrollo y gestión de proyectos se tiene varias las cuales cada una de ellas se debe seguir un proceso para el correcto desarrollo, mediante una metodología de proyectos se puede elaborar, definir y sistematizar un conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se debe seguir durante un proyecto para la elaboración de un producto o algún servicio para el desarrollo de una empresa (Empresa, 2020).

En la siguiente *Tabla 5* se presenta algunas metodologías para el desarrollo de proyectos con su descripción.

Tabla 5. *Metodologías de proyectos*

Metodología	Descripción
1 Cascada	Consiste inicialmente en el objetivo del proyecto, dividir en diferentes procesos que se ejecutan de forma secuencial hasta lograr los objetivos en cada fase el proyecto, esta metodología se conforma de las siguientes fases: Inicio, planificación, ejecución, monitorización y control y el cierre del proyecto.
2 Cadena Crítica	Es una metodología basada en la teoría de las restricciones (TOC), desarrollada para maximizar el avance de un proyecto, para ello se basa en tres principios: Identificación, Dar prioridad y Subordinar el resto de las tareas.
3 Ágil	Se basa en la flexibilidad y capacidad de modificar los productos o servicios a lo largo del proyecto, ya que estos se van usando al mismo tiempo que se desarrollan, donde esta metodología se conforma de tres fases: Inicio, Desarrollo y Cierre.
4 Híbrida	Se caracteriza por tener una mejora continua de los procesos ya que se enfoca en entornos de alta competencia donde el tiempo es una variable muy importante donde se debe considerar la adaptación al cambio, innovación y la creación de ambientes dinámicos y colaborativos.

Fuente: Adaptado de (Empresa, 2020)

Una vez realizado un análisis de las metodologías que se tiene para el desarrollo de proyectos la que se utiliza es la metodología en Cascada ya que lo primero que se realiza es plantear el objetivo del proyecto y planificar de una manera óptima para el desarrollo de este, donde se enfoca en dividir en fases los diferentes procesos que se ejecutan de una manera secuencial y se debe cumplir con cada uno de los objetivos planteados, para ellos se debe cumplir con las siguientes fases:

- Fase 1: Requisitos
- Fase 2: Diseño
- Fase 3: Implementación
- Fase 4: Verificación

2.9.1. Metodología de Diseño

La metodología que se emplea en el siguiente proyecto es del “modelo en cascada”, el cual hace referencia a un modelo de ciclo de vida lineal-secuencial, en donde para cada una de las fases tiene que completarse antes de continuar con la siguiente fase. En este modelo de metodología cuando se termina una fase se procede a una revisión para poder determinar si el proyecto está desarrollándose de una buena manera, en donde la fase las pruebas se la realiza una vez que todas las demás fases se hayan desarrollado con éxito.

En la siguiente *Figura 7*, se puede apreciar el diagrama del modelo en cascada, donde cada una de las fases comienza cuando una de las anteriores se ha desarrollado de manera correcta, para ello cada fase se compone de entrega de un beneficio y un proceso de revisión donde cada una de las fases no se superponen entre ellas.

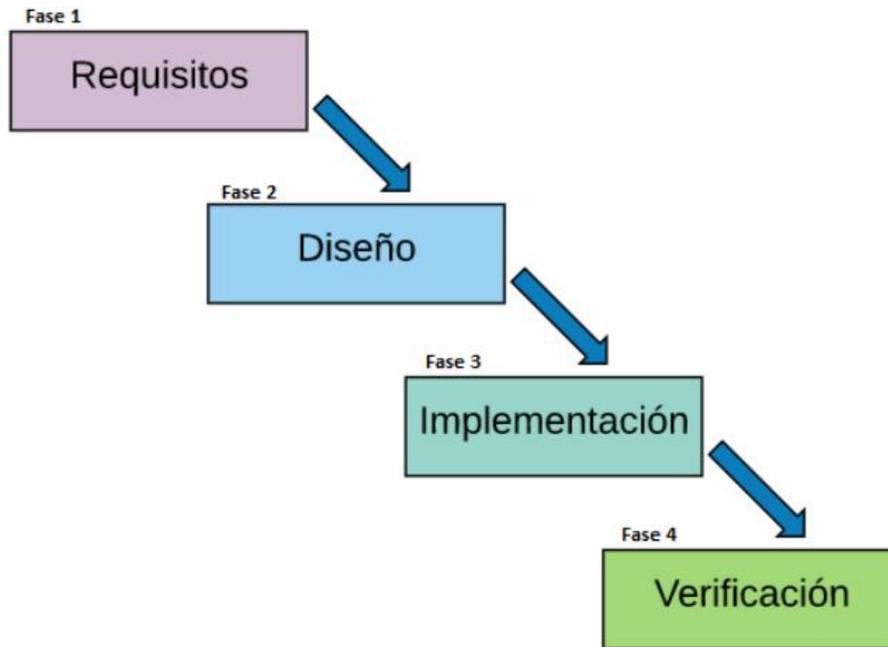


Figura 7. Diagrama modelo en cascada.
Fuente: (Dominguez, 2020)

Capítulo III

Diseño del Sistema

En el siguiente capítulo se detalla como metodología a seguir en el presente proyecto la del modelo en cascada, que tienen un sistema de diseño adecuado y que se lo realiza de una forma organizada. Para dar inicio al desarrollo de este capítulo se realiza un análisis de la situación actual de la empresa textil, seguido de un estudio de los requisitos, el diseño del sistema, la implementación y la verificación, donde también se realizará la elección de los componentes para el presente proyecto.

3.1. Fase 1: Definición de Requerimientos

Para iniciar la Fase 1, se comenzará a reconocer los principales factores importantes que se debe considerar para el desarrollo del presente proyecto, donde los factores que se analizará son los requerimientos operacionales, de usuario, de arquitectura, ya que es muy necesario realizar un análisis investigativo el cual proveerá de información sobre los problemas que interviene en el presente proyecto, para luego poder especificar los requerimientos que deberán cumplir con las necesidades de análisis.

3.2. Análisis

Para establecer los respectivos requerimientos que requiere el diseño de la red de sensores inalámbricos, es de vital importancia realizar un análisis del lugar donde se va a desarrollar el presente proyecto, para luego dar a conocer la situación actual y las dimensiones donde se va a trabajar. Para ello se lo realiza por medio de visitas de campo al lugar de implementación del sistema de monitoreo.

3.2.1. Situación Actual

El presente proyecto de titulación se desarrollará en las instalaciones de la Fábrica Textil “ParaHeliz”, ubicada en Antonio Ante en la ciudad de Atuntaqui–Ecuador, entre las calles Bolívar y Salinas esquina, propiedad del señor Angel Fabian Ruiz Zumárraga, la cual comprende de una extensión de 280 metros cuadrados, donde se encuentra establecida la vivienda y la fábrica textil, cuenta con maquinaria para la producción y la confección de prendas de vestir que tiene su proceso de elaboración dentro la fábrica.

Se dará a conocer de una forma detallada la cantidad de personas que se encuentran trabajando dentro de la fábrica, así como también los horarios de trabajo que se tiene, para ello, se realizará entrevistas a cada uno de los trabajadores se obtendrá datos de las complicaciones que se han generado por causa de la temperatura y gases como el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), se dará a conocer la cantidad de maquinaria que cuenta dentro de la fábrica, ya que estas al tener motores generan un aumento de temperatura dentro de las instalaciones, para ello se hará visitas a la fábrica textil donde se realiza una entrevista al gerente el señor Angel Ruiz Zumárraga para poder recopilar los datos acerca de la maquinaria y poder realizar un listado.

Se conocerá cuáles son las maquinarias que generen una mayor cantidad de temperatura, así como de gases que pueden ser el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), para ello mediante visitas a la fábrica se procederá a recopilar la información mediante entrevista al gerente y poder tomar fotografías de la maquinaria y tener un análisis de donde se podrá poner los puntos de monitoreo.

En la siguiente *Figura 8* se presenta la ubicación exacta de la fábrica textil “ParaHeliz” en la ciudad de Atuntaqui.

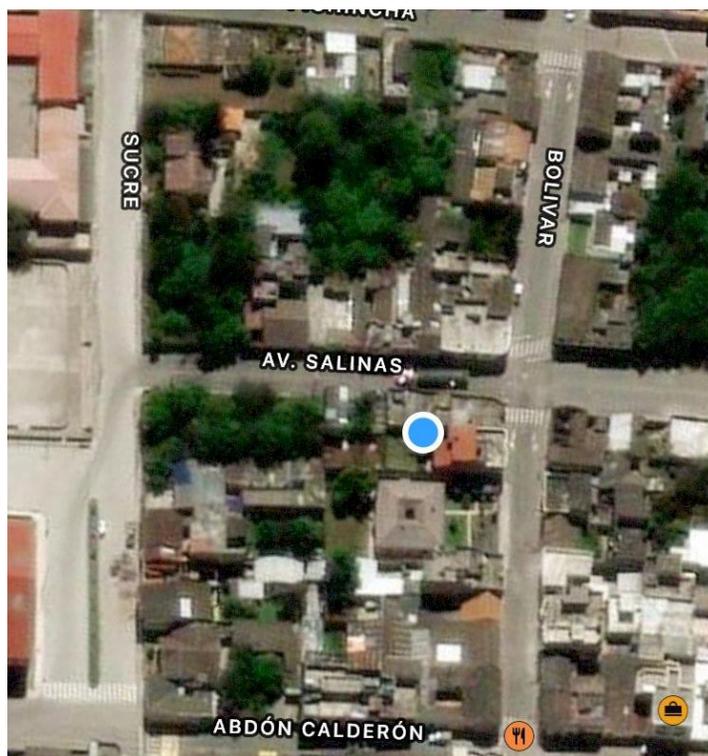


Figura 8. Ubicación de la Fábrica textil “ParaHeliz”
Fuente: Google Earth

La Fábrica textil “ParaHeliz” lo conforman 10 personas a partir del presente año 2022 ya que con la situación actual de la pandemia se ha reducido la cantidad de trabajadores por temas de

que no se tiene tanta producción y que ya no se necesita muchas personas dentro de la fábrica, el horario de trabajo se tiene establecido de la siguiente manera:

- Horario de entrada: 8:00
- Hora de almuerzo: 13:00 a 14:00
- Horario de salida: 18:00

En cuanto a las afectaciones de salud se realizó entrevistas a cada uno de los trabajadores donde se pregunto acerca de los síntomas desarrollados en base a la temperatura que se tiene dentro de la fábrica, haciendo un énfasis en la persona que está a cargo de la vaporizadora ya que está máquina inyecta vapor a alta temperatura para el planchado de la tela, la cual de las 8 horas de trabajo pasa encendida 6 horas.

Los trabajadores supieron manifestar que en base a la temperatura que se encuentran dentro de la fábrica los síntomas que han tenido son leves provocando una baja sensación de debilidad, deshidratación, hiperventilación, y en cuanto a la persona que se encuentra a cargo de la vaporizadora ha manifestado que también tiene los mismos síntomas agregando que se puede tener dolores musculares, contracciones musculares e incremento de la presión arterial.

Estos síntomas se deben al choque térmico que es cambio brusco de temperatura el cual se produce al salir de un lugar caluroso a un fresco y viceversa, el cual fue mencionado por el Dr. José Ortellado titular del Instituto nacional de prevención cardiovascular de la república de Paraguay (Ministerio de salud publica y bienestar social, 2014).

En la siguiente *Figura 9* se puede observar la máquina de vaporizado en funcionamiento donde se ve el vapor que sale de la misma.



Figura 9. Maquina Vaporizadora en funcionamiento
Fuente: Elaborado por el autor

Otras de las afectaciones que se tiene y que se está experimentando en los últimos años a partir del 2019 ya que se implementó la parte de la sublimación textil, es en cuanto al proceso que se realiza.

Para conocer más acerca del proceso de sublimación se realizó una entrevista al Ingeniero textil William Esparza docente de la Universidad Técnica del Norte, “Supo manifestar que el desarrollo de la sublimación textil dependiendo de la marca o fabricante de la tinta las cuales contienen un valor de pH (6-9.5 aproximado), glicerol ($C_3H_8O_3$), un pigmento sintético que es utilizado para textiles y un disolvente. Por lo que al momento de que se imprime la tinta en la tela se puede tener gases como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), benceno y otros

gases dependientes de la composición de la tela” (W. Esparza, comunicación personal, 18 de mayo de 2022).

Por otro lado, mediante las visitas a la fábrica textil y en base a la entrevista realizada a la persona que manipula la sublimadora se le pregunto acerca de los síntomas que ha desarrollado al estar tanto tiempo inhalando los gases que sale del proceso de sublimación, pudo manifestar que se tiene síntomas de dolor de cabeza, mareo, náuseas, provocando que las actividades no se desarrollen de una forma adecuada.

En la siguiente *Figura 10* se puede apreciar la máquina de sublimación en funcionamiento donde se ve el gas que sale de la misma.



Figura 10. Máquina sublimadora en funcionamiento
Fuente: Elaborado por el autor

Mediante las visitas a la fábrica y la entrevista realizada al señor gerente se pudo realizar un listado a la maquinaria que se encuentra en funcionamiento, donde se tiene algunas las cuales hacen parte de la producción de prendas donde se puede encontrar la maquinaria de producción y de confección, para ello en la siguiente *Tabla 6* se detalla la cantidad de maquinaria que cuenta la empresa.

Tabla 6. *Maquinaria de la empresa textil “ParaHeliz”*

Tipo	Marca	Serie	Cantidad	Detalle
Máquina de Tejer	SHIMA SEIKI	SES122FF	1	Galga 10
Máquina de Tejer	SHIMA SEIKI	SES122FF	1	Galga 7
Máquina de Tejer	SHIMA SEIKI	SWG-V	1	Multigalga
Máquina enconadora	KUBA		1	4 usos
Máquina cardadora			1	
Máquina de coser industrial overlock	JUKI	MO-6700	2	
Máquina de coser industrial overlock	MAUSER		1	
Máquina de coser industrial overlock	SPEZIAL	WS-001		
Máquina de coser Semi-Industrial recta	SIRUBA	L818-M1	1	
Máquina de coser industrial recta	CONSEW	230	1	
Máquina urladora	BROTHER	CM2-B931-1	1	
Máquina ojaladora	JUKI	LBH-782	1	5 hilos
Máquina recubridora	GEMSY	500B-06	1	2 hilos
Máquina recubridora espada	Rimoldi	264-16 1MD-12	1	

Máquina cortadora manual	Jontex	1758	1
Máquina Sublimadora	Nacional		1
Máquina vaporizadora	FIRSAN	180/85MCG	1

Fuente: Entrevista al Gerente de ParaHeliz

Dentro de la fábrica textil “ParaHeliz”, se puede apreciar las diferentes maquinarias de producción las cuales por el gran tamaño y tomando en cuenta que siempre pasan encendidas y que tienen motores grandes que generan mayor cantidad de calor conjuntamente con las máquinas de confección que se eleva un poco más la temperatura del ambiente, en las siguientes *Figura 11* y en la *Figura 12* se puede apreciar el tamaño de una máquina de producción así como también la de una de confección las cuales son las responsables de elevar la temperatura dentro de la fábrica.



Figura 11. Maquinaria de producción
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 12. Maquinaria de confección
Fuente: Elaborado por el autor

Por otra parte, se tiene el área donde se plancha o se vaporiza la tela que sale de las máquinas de producción y el producto terminado como se aprecia en la *Figura 13* donde se aumenta de temperatura ya que se generan grandes cantidades de vapor el cual oscila entre los 164,2 grados de temperatura de servicio como se muestra en la *Figura 14* que hace referencia los datos del fabricante de la máquina, donde no tiene una adecuada ventilación para mantener una temperatura de ambiente correcta para los trabajadores, ya que está vaporizadora se tiene en funcionamiento la mayor parte del día.



Figura 13. Máquina de Vaporizado.

Fuente: Visita a la fábrica textil



Figura 14. Datos del fabricante de la vaporizadora.

Fuente: Visita a la fábrica textil

Se observa una área que realiza el proceso de sublimación de prendas de vestir donde se eleva la temperatura ambiente de la fábrica ya que con estas máquinas se genera calor ya que es una plancha que debe estar a una temperatura de 200 a 215 grados centígrados para realizar la sublimación en base a las recomendaciones de los fabricantes de la tinta.

Además de que se tiene un incremento de la temperatura también se produce lo que son gases como el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), benceno, etc. cuando se realiza una sublimación ya que es un proceso en el cual la tinta se imprime en la tela por medio de calor, pasando de estado sólido a estado gaseoso sin pasar por el líquido. Se puede apreciar en la siguiente *Figura 15* la máquina que se emplea en el proceso de sublimación.



Figura 15. Máquina de sublimación.
Fuente: Elaborado por el autor

Por lo que en la actualidad con el avance de la ciencia la cual puede ayudar a solventar los inconvenientes que se han presentado y con la ayuda de tecnologías inalámbricas y el monitoreo mediante sensores, permitirá controlar el ambiente para mejorar y optimizar el desempeño de la fábrica, así como también cuidar la salud de los trabajadores.

3.2.2. Técnicas de Investigación

Para el siguiente trabajo de titulación se plantea la técnica de campo, donde debido a que no se tiene ninguna investigación similar se procede a realizar las visitas correspondientes a la fábrica textil, mediante entrevistas tanto al gerente como a los trabajadores se recopila la información que ayudara al presente trabajo.

3.2.2.1. Observación Directa

Mediante la observación directa permite realizar un análisis más a detalle de la situación en la cual se encuentra la fábrica textil, para poder precisar el ambiente que se tiene dentro de ella y determinar algunas variables que se debe tomar en cuenta, para identificar cuáles serían los inconvenientes al momento de realizar el diseño de la red de monitoreo.

Para poder realizar la investigación se hace visitas directas a la fábrica textil “ParaHeliz” donde se puede apreciar los espacios en los cuales se encuentran ubicada la maquinaria de producción como de confección para poder determinar donde se podría ubicar a cada uno de los sensores tomando en cuenta la estructura de la fábrica.

3.2.2.2. La Entrevista

Con esta técnica de investigación permitirá hacer preguntas a uno o varios trabajadores de la fábrica textil, con el fin de recabar información acerca de las actividades que realicen y los síntomas que han evidenciado debido a la temperatura generada por la maquinaria y del gas que se produce de la sublimación, que será de ayuda para el desarrollo del proyecto.

3.2.3. Propósito y Ámbito del Sistema

En cuanto a la propuesta presentada se desarrollará una red de sensores inalámbricos WSN para un sistema de monitoreo del medio ambiente en la fábrica textil “ParaHeliz” tendrá módulos inalámbricos juntamente con sensores de temperatura y CO_2 que permitirá monitorear el ambiente de la fábrica para la obtención de estadísticas favorables para la empresa.

La red inalámbrica se encargará de enviar información de las variables de cada uno de los sensores, pudiendo identificar un incremento en cuanto a la temperatura y los demás gases que se encuentran dentro de la fábrica. Por lo que es muy importante que los datos se envíen sin ningún problema verificando constantemente que los nodos estén en condiciones para evitar fallos y se intervenga la conexión y por ende se pierdan los datos y no se activen los sistemas de ventilación.

3.2.4. Descripción General del Sistema

El sistema de monitoreo que se quiere implementar mediante una red de sensores inalámbricos donde tendrá un nodo central y dos nodos sensores que estarán en la capacidad de analizar el medio ambiente de una forma constante en cuanto a la temperatura como los gases monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), que se producen en la fábrica textil “ParaHeliz”.

Los nodos sensores tendrán que medir cada uno de los parámetros de una forma precisa y estable, de tal manera que si se encuentra una posible falla se pueda identificar como un posible fallo en el sistema y de igual manera el nodo central tendrá que recolectar los datos para ser procesados y activar mecanismos de ventilación y generar datos para la empresa.

Finalmente, lo que se requiere analizar con este sistema de monitoreo inalámbrico, es el medio ambiente de la fábrica textil el cual permitirá cuidar la salud de los trabajadores y mejorar el desempeño de la empresa.

3.2.5. Características del Sistema

Para el presente proyecto se realiza un sistema de monitoreo del medio ambiente mediante una red de sensores inalámbricos que permitirá analizar la temperatura y gases como dióxido de carbono (CO_2), que se producen en la fábrica textil “ParaHeliz”. En este proyecto se tiene algunas alternativas de hardware y software para su desarrollo las cuales se puede tener al momento de su funcionamiento.

3.2.5.1. Restricciones

Dentro de las restricciones del proyecto en base al sistema de monitoreo se puede apreciar las siguientes:

- Las pruebas que se realizar serán únicamente dentro de las instalaciones de la fábrica textil “ParaHeliz”.
- El sistema de monitoreo funcionara 8 horas a diario mientras la fábrica textil este operando.
- Para las pruebas se utilizará dos nodos sensores, el uno medirá la temperatura y el otro el CO_2 en ppm.
- Solo el desarrollador del proyecto tendrá acceso a la manipulación de los nodos y de los sensores.
- El sistema de monitoreo a implementar solo estará enfocado al análisis de los parámetros de Temperatura y gases como CO_2 .

- El sistema de monitoreo realizara el muestreo de los datos para activar sistemas de ventilación y generación de una base de datos para tener estadísticas para la empresa.

3.2.5.2. Riesgos

- Si no se tiene un sensor que este en lugares óptimos no se podrá tener una referencia para analizar los puntos donde serán colocados los demás sensores.
- Al no tener un rango referencial de medición no se podrá generar estadísticas para la empresa y poder activar mecanismos de ventilación.
- Es sistema de monitoreo no funcionara si no existe corriente eléctrica.
- Las pruebas de funcionamiento se deben realizar cuando la maquinaria esté en funcionamiento.

3.3. Especificación de Requerimientos

En cuanto a la propuesta presentada para desarrollar una red de sensores WSN para la fábrica textil “ParaHeliz”, lo principal es la realización de la red inalámbrica para lo cual es necesario analizar la tecnología que se va a utilizar en base a las necesidades de la investigación.

En base a un análisis previo, donde se recolecto información importante para el desarrollo de la red de sensores del presente trabajo, los requerimientos que se debe tener en cuenta son los de usuario, de sistema y los de arquitectura.

3.3.1. Identificación de Stakeholders

Para las personas las cuales están interesadas o son partícipes de la presente investigación ya sea de forma directa o indirecta, estas pueden ser beneficiados o afectados en cuanto a las actividades realizadas del proyecto.

Tabla 7. *Listado de Stakeholders del sistema de monitoreo*

Stakeholders	
1.	Gerente Fábrica Textil “ParaHeliz”
2.	Trabajadores de la Fábrica Textil “ParaHeliz”
3.	Universidad Técnica del Norte
4.	MSC. Jaime Michilena
5.	MSC. Pamela Godoy
6.	MSC. Ana Umaquinga
4.	Sr. Angel Ruiz Escobar

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.2. Nomenclatura de los Requerimientos

Los requerimientos deben ser identificados de forma correcta para ello es importante reconocer con una abreviatura la cual hará la diferencia para reconocer a cada uno de los requerimientos que se planteen para tener un buen manejo de los datos, así como se indica en la siguiente *Tabla 8*:

Tabla 8. *Requerimiento con su nomenclatura*

Requerimiento	Nomenclatura
De Stakeholders	StRS
De Sistema	SyRS

De Arquitectura

SrSH

 Fuente: Elaborado por el autor

3.3.3. Requerimientos de Stakeholders

Para poder realizar el diseño del sistema de monitoreo es primordial tener en cuenta algunos requerimientos los cuales van en base a la parte operativa del sistema de monitoreo y también con respecto a las necesidades de los usuarios, para ello en la siguiente *Tabla 9* se puede apreciar algunos parámetros y requisitos necesarios que ayudaran a la investigación de este proyecto.

Tabla 9. *Requerimientos de Stakeholders*

Requerimientos StRS					
#	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
Requerimientos Operacionales					
StRS1	El sistema se debe implementar donde se encuentre la maquinaria textil.	X			SyRS9
StRS2	El sistema debe permitir la adquisición y visualización de los datos para el administrados y el gerente.	X			
StRS3	El sistema debe estar siempre conectado durante su operación a una fuente de alimentación eléctrica.	X			SyRS4
StRS4	El enlace entre el nodo sensor y el nodo central “Gateway” será mediante tecnología wifi.	X			SyRS5
StRS5	Se activarán alarmas cuando el nivel de CO_2 , sobrepasen las 550 ppm y se apagara maquinaria durante 20 minutos cuando supere las 800 ppm.		X		

StRS6	Los datos del censado se podrán visualizar en una base de datos local.	X	SyRS7
StRS7	Cuando se sobre pase la temperatura de los 28 °C se tendrá que abrir la ventana para ventilar el lugar de trabajo.	X	
Requerimientos de Usuario			
StRS8	El sistema permita evidenciar la información de los nodos que han sido censados.	X	
StRS9	Los datos deben ser mostrados de una forma clara para el usuario.	X	
StRS10	Los datos deben ser visualizados en la base de datos local.	X	SrSH9

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.4. Requerimientos del sistema

Para tener en cuenta los requerimientos del sistema es muy importante analizar los requerimientos funcionales en base a la misión que debe cumplir el sistema de monitoreo, para ello en la siguiente *Tabla 10* se plantea algunas de las funciones que se debe cumplir.

Tabla 10. *Requerimientos del Sistema*

Requerimientos SyRS					
#	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
Requerimientos de Sistema					
SyRS1	El rendimiento y desempeño del sistema sean a largo plazo.	X			
SyRS2	El soporte para el sistema sea a largo plazo.	X			

SyRS3	Los datos deben ser guardados lo más rápido posible en la base de datos.	X	
SyRS4	El retardo para subida de información sea la menor posible.	X	StRS3
Requerimientos de Interfaz			
SyRS5	Es necesario ingresar al sistema para visualizar los datos.	X	StRS4
SyRS6	La placa debe tener entrada y salida de pines digitales y analógicos para el sistema de monitoreo.	X	
SyRS7	La placa debe permitir una conectividad WIFI para el envío de datos.	X	StRS6
Requerimientos de Uso			
SyRS8	El sistema debe estar energizado.	X	
Requerimientos de Modo y Estado			
SyRS9	El sistema debe estar en funcionamiento durante las horas laborables de la fábrica.	X	StRS1
Requerimientos Físicos			
SyRS10	El módulo sensor deben ser compacto.	X	SrSH12
SyRS11	Los sensores deben ser ubicados de una forma correcta para una mejor captación.	X	
SyRS12	Los nodos deben ser ubicados de forma correcta para evitar interferencias.	X	

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.5. Requerimientos de Arquitectura

Para la correcta implementación de la red inalámbrica, es muy importante realizar un análisis de los requerimientos tanto del hardware como del software, con el objetivo de que el sistema de monitoreo funciones de la mejor manera. Para ellos en la siguiente *Tabla 11* se presenta los requerimientos que se debe tener en cuenta de los elementos que van a hacer utilizados.

Tabla 11. *Requerimientos de Arquitectura del Sistema*

Requerimientos SrSH					
#	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
Requerimientos Lógicos					
SrSH1	El nodo sensor debe permitir vincularse con el nodo central para el envío de datos.	X			
Requerimientos de Diseño					
SrSH2	La ubicación de la placa del nodo sensor debe ser lo más cercana al lugar de censado.	X			
SrSH3	La implementación del sistema debe ser a bajo costo		X		
SrSH4	El tamaño de los componentes debe ser de escala pequeña		X		SyRS10
Requerimientos de Hardware					
SrSH5	El sistema debe tener un sensor capaz de medir la temperatura ambiente -20 - 60 °C.	X			
SrSH6	El sistema debe tener un sensor capaz de detectar gases como CO ₂ , CO en ppm.	X			
SrSH7	El sistema tenga la capacidad de procesar los datos de manera ágil.	X			

SrSH8	El sistema embebido permita visualizar los datos en la base datos local.	X	StRS10
SrSH9	El sistema debe tener un bajo costo en los módulos de comunicación inalámbrica.	X	
SrSH10	Disponibilidad de los dispositivos en el mercado con un precio accesible.	X	
SrSH11	La proporción de los componentes debe ser de tamaño reducido.	X	SyRS10
Requerimientos de Software			
SrSH12	Disponibilidad de librerías para cada uno de los sensores a utilizar.	X	
SrSH13	Sistema operativo y un lenguaje de programación de código abierto.	X	
SrSH14	El software de programación debe ser compatible con la placa de desarrollo.	X	
SrSH15	Solo el desarrollador podrá ingresar a la base de datos para verificar el funcionamiento.	X	
Requerimientos Eléctricos			
SrSH16	Tomas eléctricas para alimentación del sistema.	X	

Fuente: Elaborado por el autor

3.4 Recursos

Para el siguiente trabajo dentro de los temas de investigación, se debe tener muy en cuenta que las personas las cuales estarán involucradas directamente las cuales aportan con ideas, así como también con la toma de decisiones con el respecto al proyecto de titulación, se las puede apreciar en la siguiente *Tabla 12*.

Tabla 12. *Recursos Humanos*

HUMANOS	
Tutor	Ing. Jaime Michilena
Desarrollador	Sr. Angel Ruiz Escobar

Fuente: Elaborado por el autor

3.5. Fase 2: Diseño del Sistema y del Software

Una vez que se ha realizado el análisis de la situación actual de la fábrica textil “ParaHeliz”, donde con la ayuda de las entrevistas realizadas se logró tener una buena cantidad de información para poder determinar los requerimientos técnicos y operacionales que se necesita para el correcto desarrollo del presente proyecto. Donde antes de iniciar con el diseño se procede a mostrar un diagrama de bloques general, para luego realizar la selección de los componentes de hardware y software.

3.5.1. Diagrama de Bloques General del Sistema

En el siguiente diagrama de bloques que se observa en la *Figura 16*, se muestra como está formado el sistema de monitoreo propuesto.

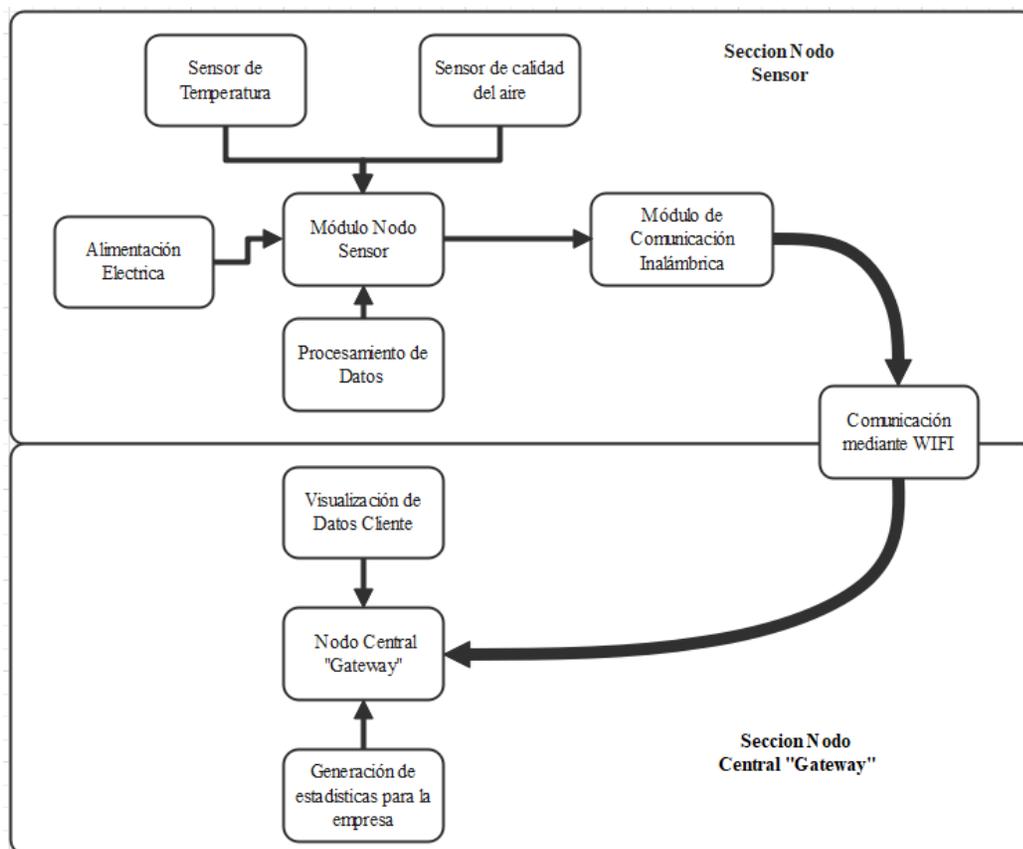


Figura 16. Diagrama General de Bloques
Fuente: Elaborado por el autor

3.6. Elección de Hardware

En el siguiente apartado se va a determinar los componentes necesarios y adecuados de hardware para el sistema de monitoreo, donde previamente con el análisis realizado de los diferentes requerimientos los cuales deberán cumplir para su funcionamiento. La selección se realizará mediante tablas comparativas de los diferentes componentes que se encuentran en el mercado, para ello se asignará una nomenclatura de 1 y 0, donde (1 si cumple, 0 no cumple) por lo que se deberá elegir al componente de mejor valoración.

3.6.1. Sección del Nodo Sensor

En esta sección hace referencia a la toma de datos, donde el principal componente es el módulo o placa de procesamiento de la información, el cual debe cumplir con todos los requerimientos antes mencionados. En la siguiente *Tabla 13* se aprecia las opciones de microcontroladores que pueden ser utilizados para el sistema de monitoreo.

Tabla 13. *Comparación para la Selección del Sistema Embebido del Nodo Sensor*

Requerimientos								
Tipo	StRS3	SrSH4	SrSH8	SrSH11	SyRS3	SyRS6	SrSH12	Valoración
Arduino	1	1	0	1	1	1	1	6
ESP8266								
ESP-12E								
Arduino	1	0	1	0	0	1	1	4
Uno								

Cumple: "1" No Cumple: "0"

Elección: ESP8266

Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede apreciar en la comparación realizada de la *Tabla 13*, se determina que el microcontrolador que cumple con los requerimientos establecidos para el presente proyecto es el módulo ESP8266 ESP-12E de Arduino el cual cuenta con un tamaño reducido, así como también el costo y ya que tiene un bajo consumo energético, es por eso por lo que ha sido elegido como el apto para el desarrollo del sistema. Las características de este dispositivo seleccionado se muestran en la *Sección 3.8.1* y también más a detalle en el Datasheet en el *ANEXO 1*.

3.7. Elección del Software

Dentro de la elección del software se debe tener en cuenta los requerimientos antes mencionados, que se debe tomar en cuenta que el lenguaje de programación deber ser compatible con el hardware que ya fue seleccionado para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo. La selección se realizará mediante tablas comparativas de los diferentes lenguajes de programación, para ello se asignará una nomenclatura de 1 y 0, donde (1 si cumple, 0 no cumple) por lo que se deberá elegir al componente de mejor valoración.

3.7.1. Sección del Nodo Sensor

Para poder realizar la elección del software el cual debe cumplir con los requerimientos anteriormente planteados en la *Tabla 10*. Para ello se analiza cuál de los diferentes lenguajes de programación es el más adecuado para el correcto funcionamiento del sistema, en la siguiente *Tabla 14* se puede ver cuál es el seleccionado.

Tabla 14. *Selección del Nodo Sensor*

Requerimientos				
Tipo	SrSH13	SrSH14	SrSH15	Valoración
Arduino IDE	1	1	1	3
Python	1	1	1	3
Cumple: "1" No Cumple: "0"				
Elección: Arduino IDE				

Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede apreciar en la comparación realizada de la *Tabla 14*, se determina que el lenguaje de programación que cumple con los requerimientos establecidos para el presente

proyecto es Arduino IDE, ya que es el más compatible con la placa a utilizar y por qué se tiene diferentes librerías para poder ocupar en el sistema.

3.8. Hardware destinado para el Sistema

Los dispositivos que se ha seleccionado para el desarrollo de este proyecto serán verificados con anterioridad para poder ser adquiridos, realizando un énfasis en las especificaciones técnicas para correcto uso y configuración.

3.8.1. Módulo Arduino ESP8266

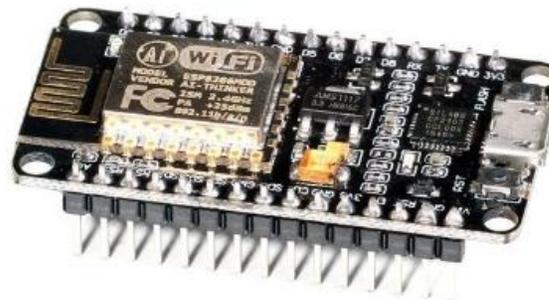


Figura 17. Módulo ESP 8266 ESP-12E
Fuente : (Ai-Thinker, 2015)

La *Figura 17*, muestra el módulo ESP 8266 ESP-12E el cual es uno que se utiliza muy a menudo y que es de bajo costo, también cuenta con un lenguaje propio el cual se lo puede programar su interfaz con Arduino IDE. A continuación, en la siguiente *Tabla 15* se detallan las características que tiene este módulo.

Tabla 15. Características Modulo ESP 8266 ESP-12E

Parámetro	Características
Tensión de alimentación	3.3V
Protocolos soportados	802.11 b/g/n
Soporte de red	2.4 GHz
Banda	2400 MHz
Procesador	32 bits
Potencia de salida	0.15 W
Consumo en modo de baja energía	10 uA
Modos de funcionamiento	AP, STA, STA + AP
Comunicación interfaz	SPI, Serial, UART
Tamaño	24mm x 16mm

Fuente : (Ai-Thinker, 2015)

3.8.2. Sensor Humedad y temperatura DHT11

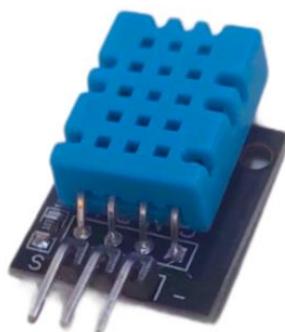


Figura 18. Sensor de Temperatura Ambiente.

Fuente : (ABC Electronica, 2016)

El sensor que se presenta en la *Figura 18* es el DHT-11 el cual es un sensor capaz de realizar mediciones de temperatura y humedad relativa y sobre todo de bajo costo, el cual cuenta con una salida única digital, es un sensor de alta precisión y posee una larga distancia de transmisión y excelente estabilidad a largo plazo. En la siguiente *Tabla 16* se detalla sus características. Las

características de este dispositivo seleccionado se muestran más a detalle en el Datasheet en el ANEXO 2.

Tabla 16. *Características del sensor DTH-11.*

Parámetro	Características
Dimensiones	40mm x 20mm x 8mm
Peso	10g
Voltaje de entrada	3.3 V y 5 V
Corriente de medición	1.3-2.1 mA
Rango de medición de temperatura	-20 – 60 °C
Rango de medición de humedad	5% - 95%
Tiempo de respuesta	1s

Fuente : (ABC Electronica, 2016)

3.8.3. Sensor MQ-135 “Calidad de Aire”



Figura 19. Sensor Calidad de Aire
Fuente: (Olimex, 2012)

El sensor que se presenta en la *Figura 19* es el MQ-135 el cual es un sensor el cual puede detectar la calidad del aire gracias a su composición electro-química que varía su resistencia al estar en contacto con gases nocivos en un rango de 10 – 1000 ppm, este sensor cuenta con la capacidad

de interactuar con cualquier placa de desarrollo y adema cuenta con una salida analógica y otra digital. En la siguiente *Tabla 17* se detalla sus características. Las características de este dispositivo seleccionado se muestran más a detalle en el Datasheet en el *ANEXO 3*.

Tabla 17. *Características del sensor MQ-135*

Parámetro	Características
Dimensiones	32mm x 22mm x 24mm
Peso	8g
Voltaje de operación	5 V
Corriente de operación	150 mA
Temperatura de operación	-20 ~ 70°C
Humedad de operación	< 95% RH
Detección de	Amoniac, Óxidos de nitrógeno, Alcohol, Sulfuros, Benceno, Monóxido de carbono, Óxido de carbono y humo
Rango de sensibilidad	10-1000 ppm

Fuente: (Unit Electronics, 2016)

3.9. Diseño de Sistema

Una vez concluido el estudio del análisis de requerimientos para el sistema de monitoreo del presente proyecto y haber seleccionado el hardware como el software; se procederá a realizar el diseño de como estarán conectados los diferentes componentes que conforman el nodo sensor, de igual forma de cómo será la comunicación de los nodos para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo.

3.9.1. Diagrama de Arquitectura del Funcionamiento del Sistema

A continuación, en la *Figura 20*, se detallan los componentes que van a hacer parte del sistema de monitoreo, así como también se indica el proceso que realiza el sistema para correcto funcionamiento.

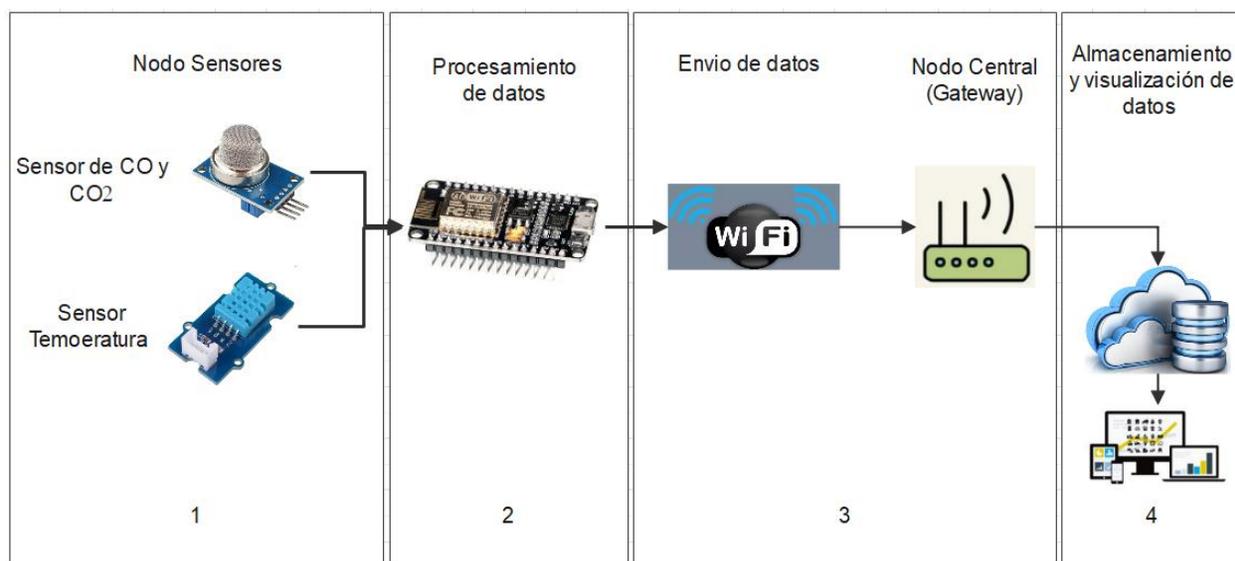


Figura 20. Diagrama de Arquitectura del Sistema
Fuente: Elaborado por el autor

El sistema de monitoreo para la empresa ParaHeliz está conformado por dos partes; un nodo sensor y un nodo central, de la siguiente manera:

- Proceso 1: Los sensores deben ser ubicados de forma correcta dentro de la fábrica textil para que puedan obtener los parámetros a analizar de manera precisa, para ello los sensores deben estar conectados al módulo ESP 8266 y este a la vez conectado siempre a la corriente eléctrica.

- Proceso 2: Una vez que los sensores han tomado los datos serán procesados en el módulo ESP 8266, donde en el código de programación se encargará de enviar los datos adquiridos a una BDD para poder posteriormente analizarlos.
- Proceso 3: Se realiza el procesamiento de los datos la comunicación del nodo sensor se realiza mediante Wifi hacia el nodo central “Gateway” el cual será el AP de la empresa textil para luego en una computadora que se tendrá la base de datos alojada para evidenciar los datos.
- Proceso 4: Para que se pueda visualizar los datos adquiridos en la computadora del sistema de monitoreo se podrá realizar un análisis donde según los parámetros que se tenga se podrá activar mecanismos de ventilación y generar estadísticas para la empresa ParaHeliz.

3.10. Diseño del Hardware

Para desarrollar el sistema electrónico de monitoreo para la empresa ParaHeliz se utiliza como placa principal el módulo ESP 8266 ESP-12E y los sensores de temperatura y de CO_2 y para el nodo central “Gateway” será el AP de la fábrica. Por lo que en los siguientes puntos se va a describir como es el funcionamiento de los dos nodos sensores, así como también el diagrama de conexión de cada componente.

3.10.1. Subsistema del Nodo Sensor

En este subsistema para que inicie el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo la empresa debe empezar a operar dentro de sus horas laborables, para ello se debe tener conectados los sensores en el módulo ESP 8266 ESP-12E y a la vez que este ya se encuentre conectado a la red wifi de la fábrica textil, por lo que al momento de empezar el censado y se procesen los datos

estos serán enviados desde el módulo hacia el Gateway “AP de empresa textil” y luego ya se podrá visualizar los parámetros obtenidos en la base de datos.

3.10.1.1. Diagrama de Conexión

El sensor de temperatura DHT11 como el sensor de CO_2 MQ-135, los cuales son los encargados de adquirir los datos provenientes del monitoreo que se conectarán al módulo ESP 8266 ESP-12E, en la siguiente *Figura 21* se aprecia del sector de vaporizado y en la *Figura 22* del sector de sublimado como se puede verificar el diagrama de conexión de cada nodo sensor.

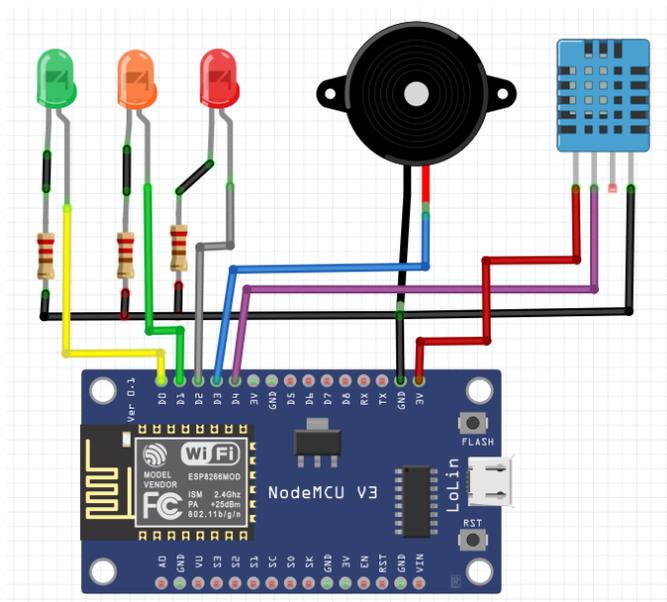


Figura 21. Diagrama de conexión del Nodo Sensor Sector Vaporizadora
Fuente: Elaborado por el autor

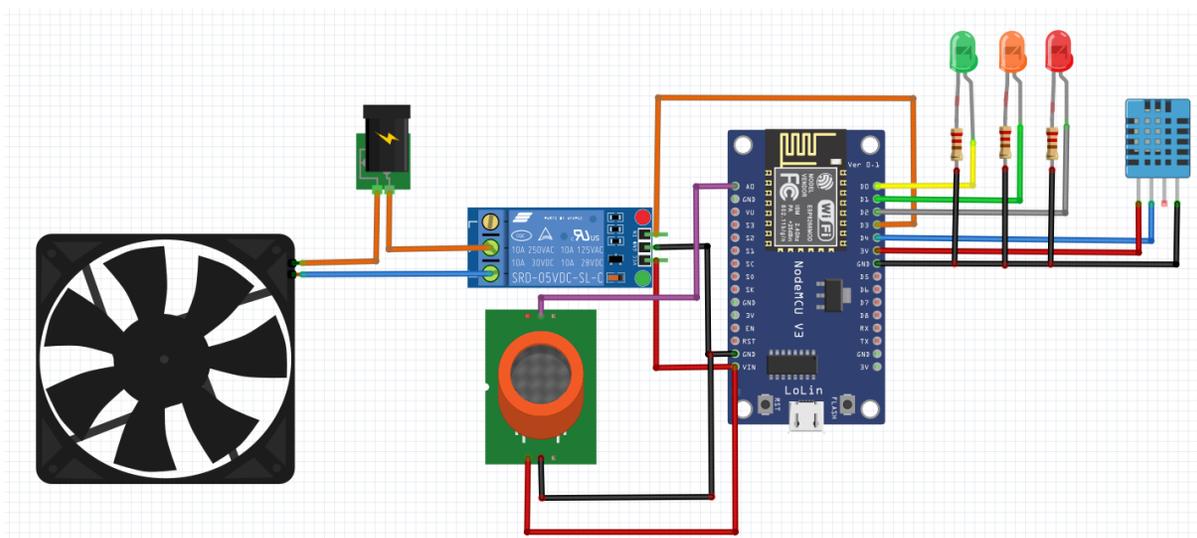


Figura 22. Diagrama de conexión del Nodo Sensor Sector Sublimadora
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez que se tenga establecida la conexión de cada uno de los nodos sensor para cada sector se procede a realizar la placa PCB de tal forma que se acople de forma correcta el módulo ESP8266 con cada uno de los sensores y los demás componentes del circuito eléctrico, para ello en la siguiente *Figura 23* y *Figura 24* se muestra el PCB de cada sector.

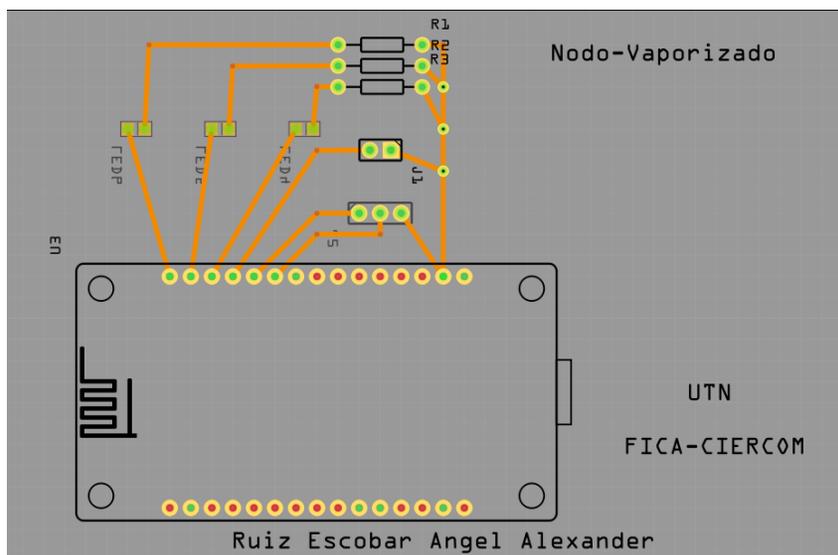


Figura 23. Diseño PCB Nodo Sensor Sector Vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor

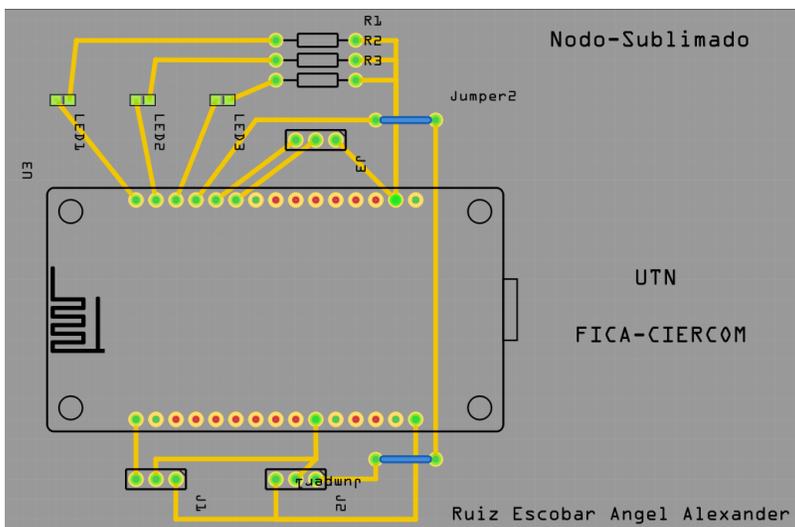


Figura 24. Diseño PCB Nodo Sensor Sector Vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor

Después de realizar el diseño de la placa se procede a insertar los componentes respectivos para el correcto funcionamiento de la placa, para colocar el módulo ESP 8266 se lo realiza con espadines, así como también para los sensores ya que estos si sufren algún daño se los podrá reemplazar con facilidad, en la siguiente *Figura 25* y *Figura 26* se puede apreciar las dos placas de los nodos sensores de los dos sectores.

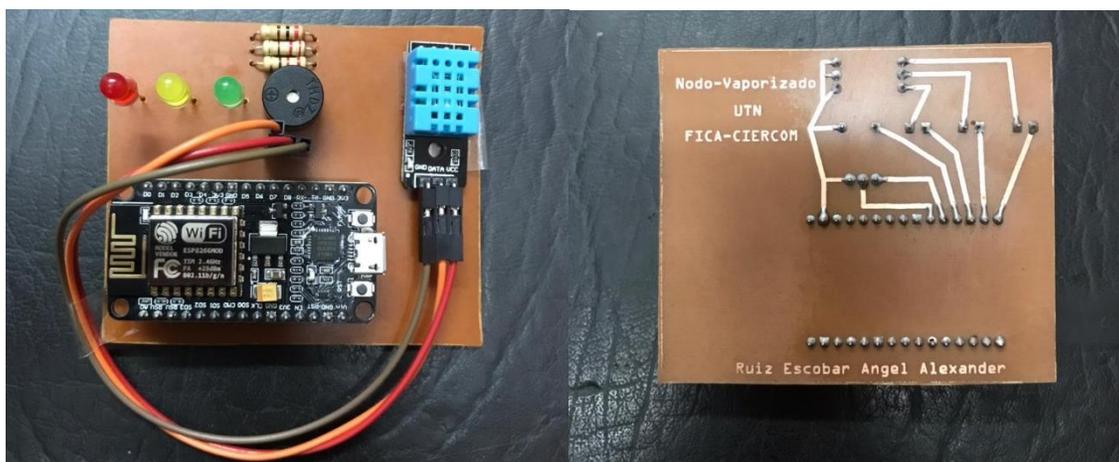


Figura 25. Vista Frontal y Posterior del Nodo Sensor Sector Vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor

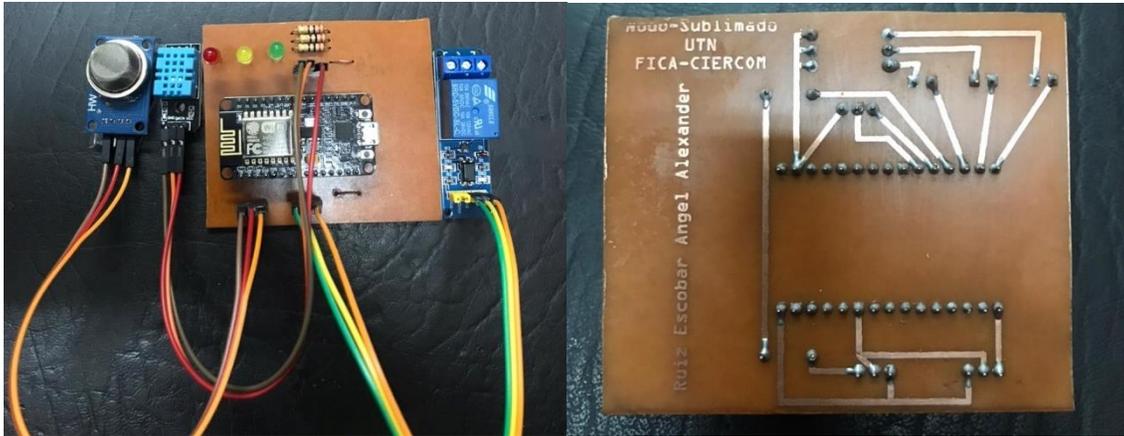


Figura 26. Vista Frontal y Posterior del Nodo Sensor Sector Sublimadora.
Fuente: Elaborado por el autor

3.10.1.2. Diagrama de Flujo nodo Sensor

Se procede a describir en la siguiente *Figura 27* y *Figura 28* el diagrama de flujo de cada nodo sensor donde se indica de forma general el funcionamiento, para lo cual la primera parte consiste en incluir las respectivas librerías para que el módulo funcione correctamente y luego se pueda realizar la comunicación inalámbrica mediante WIFI, luego se procede a declarar las variables de las diferentes funciones, así como también los pines de entrada de información de cada sensor.

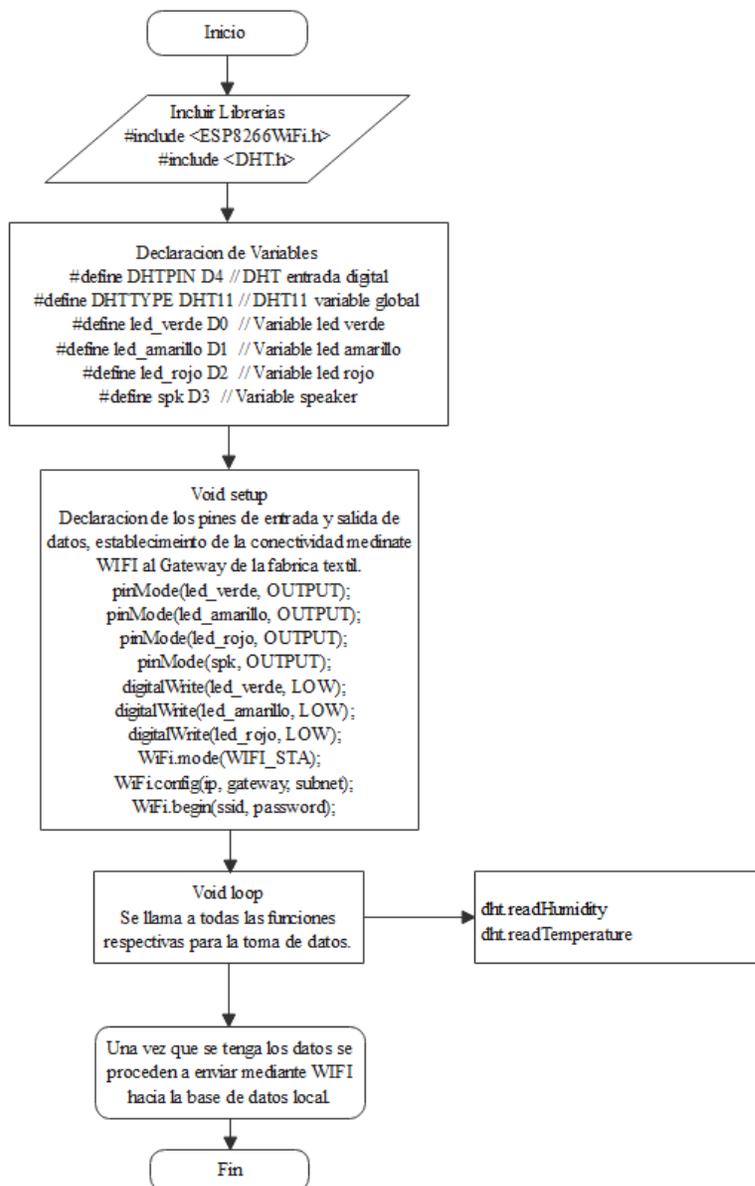


Figura 27. Diagrama de Flujo del Nodo Sensor Sector Vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor

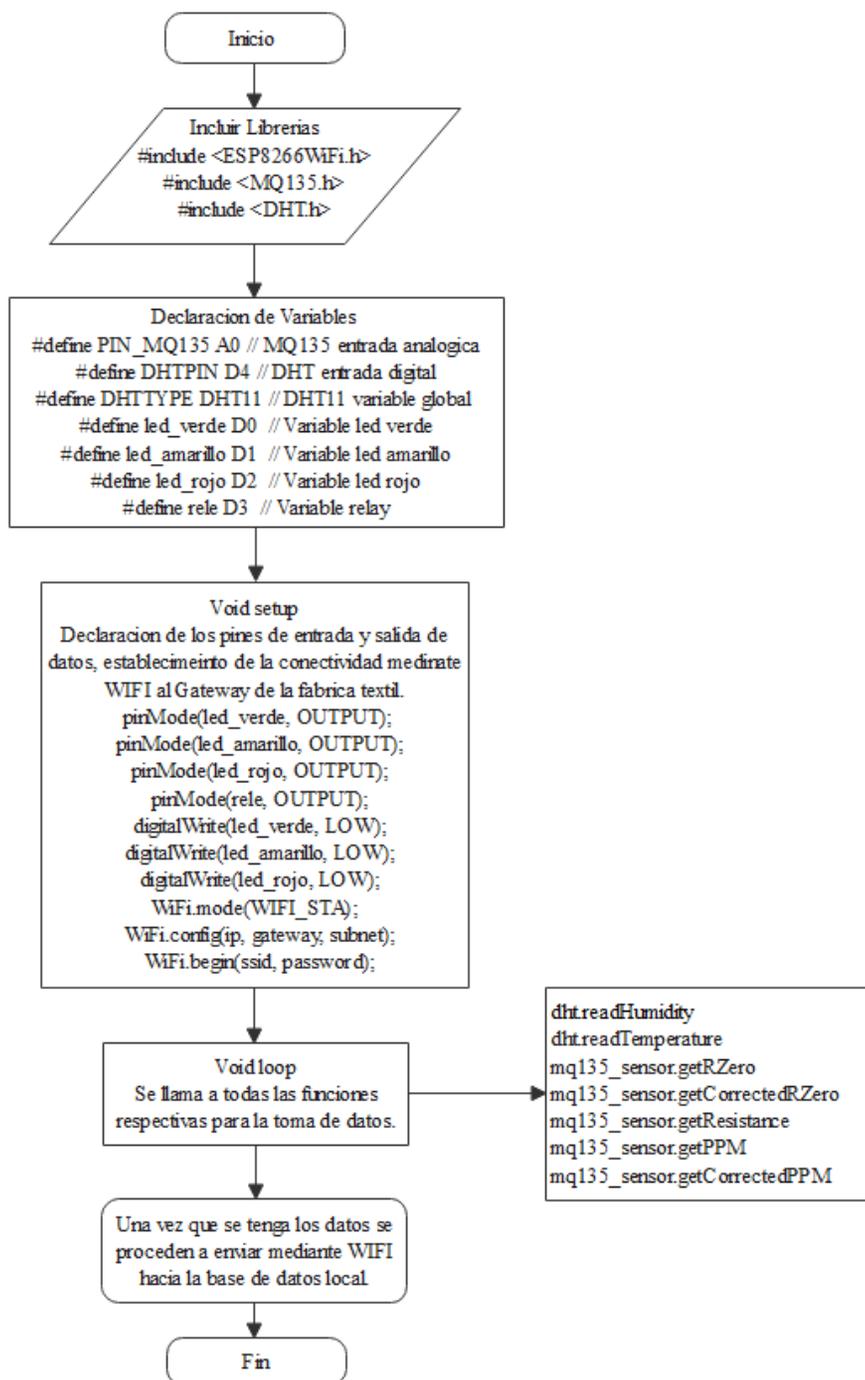


Figura 28. Diagrama de Flujo del Nodo Sensor Sector Sublimadora.

Fuente: Elaborado por el autor

3.11. Análisis de Red Empresa ParaHeliz

Se realiza un análisis de la red en cuanto a la potencia de la señal (Wifi) que se tiene dentro de la empresa textil ya que cuenta con un equipo de la marca Huawei serie EG8141A5, donde los proveedores del servicio de internet es de la empresa SmartLink's la cual ofrece 30 Mbps, en la siguiente *Figura 29* se puede apreciar el equipo que cuenta la empresa.

Dentro de las características del equipo se puede apreciar que tiene un termina de red óptica, con una ganancia de las antenas de 5dBi y trabaja en 2.4 GHz, un puerto GE y tres puertos FE, lo que le hace una ONT con funciones de reenvío de alto rendimiento para garantizar una buena conectividad. Las características de este dispositivo se muestran más a detalle en el Datasheet en el *ANEXO 4*.



Figura 29. ONT Fabrica Textil ParaHeliz.
Fuente: Elaborado por el autor

Para poder analizar la potencia de la señal que emite la ONT de la fábrica textil se utilizó una aplicación llamada Net Spot como se muestra en la siguiente *Figura 30* con la cual podremos verificar que potencia de señal se tiene en el lugar donde será ubicado el módulo ESP 8266 para que pueda enviar los datos sin ningún problema hacia el Gateway y que los datos censados no se pierdan. Para este caso se tiene dos lugares donde se deberá realizar esta verificación de la señal los cuales son:

SSID	BSSID	Alias	Gráfico	Señal	%	Min.	Máx.	Promedio	Nivel	Ban.	Canal	Ancho	Vendedor	Seguridad	Modo	Último vl.
SLINK-FilaRuiz	8866:3961:13:33			-62	40	-96	-57	-68		2,4	11	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n	ahora
FUNCIONARIOS2_STA_...	2C36F8:42:29:C1			-72	28	-96	-65	-80		2,4	1	20	Cisco	WPA2 Personal	n	ahora
GERENCIA_STA_ANITA	2C36F8:42:29:C3			-73	27	-96	-65	-80		2,4	1	20	Cisco	WPA2 Personal	n	ahora
FUNCIONARIOS_STA_...	2C36F8:42:29:C2			-73	27	-96	-65	-79		2,4	1	20	Cisco	WPA2 Personal	n	ahora
COACENLINEA	2C36F8:42:29:C0			-74	26	-96	-66	-79		2,4	1	20	Cisco	WPA2 Personal	n	ahora
YELLOW	1802:2D:D9:98:80			-75	24	-96	-60	-82		2,4	11	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n	ahora
INVTADOS_STA_ANITA	2C36F8:42:29:C4			-75	24	-96	-66	-80		2,4	1	20	Cisco	WPA2 Personal	n	ahora
Administrador Agencia	0E66:3F:8A:E8:AA			-75	24	-96	-68	-81		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	n	ahora
SISTEMAS_STA_ANITA	2C36F8:42:29:C5			-76	23	-96	-65	-80		2,4	1	20	Cisco	WPA2 Personal	n	ahora
YELLOW SIN ACCESO A...	C46E:1F:DE:2E:3E			-77	22	-96	-56	-82		2,4	7 - 1	40	TP-LINK	WPA2 Personal	n	ahora
SLINK-FilaRuiz	3C84:6A:54:73:8A			-82	16	-96	-68	-87		2,4	11 - 1	40	TP-LINK	WPA2 Personal	n	ahora
HG8245W5_BS	20AB:48:F2:DA:58			-84	14	-96	-80	-89		2,4	3	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n	ahora
FLIA CHAVEZ	00:67:82:26:00:20			-88	9	-96	-74	-89		2,4	4	20	Fiberhome	WPA2 Personal	n	ahora
MARCELO	E0:67:83:79:F7:32			-89	8	-96	-75	-86		2,4	9	20	Shenzhen	WPA2 Personal	n	ahora
NETLIFE-SERCOM	44:13:D0:95:0F:C4			-91	6	-96	-77	-86		2,4	8	20	zte	WPA2 Personal	n	ahora
NETLIFE-BIDORGANIC	44:13:D0:94:F0:08			-91	6	-96	-83	-93		2,4	5 + 1	40	zte	WPA2 Personal	n	ahora
[SSID oculto]	46:13:00:84:F0:08			-93	3	-96	-89	-94		2,4	5 + 1	40	-	WPA2 Personal	n	ahora

Figura 30. App para medición de señal
Fuente: Elaborado por el autor

- Sector de Vaporizado: Lugar donde se pondrá el sensor de temperatura para ello se tiene la siguiente potencia de señal que es de -76 dBm como se muestra en la siguiente *Figura 31* y *Figura 32* de la prueba realizada.

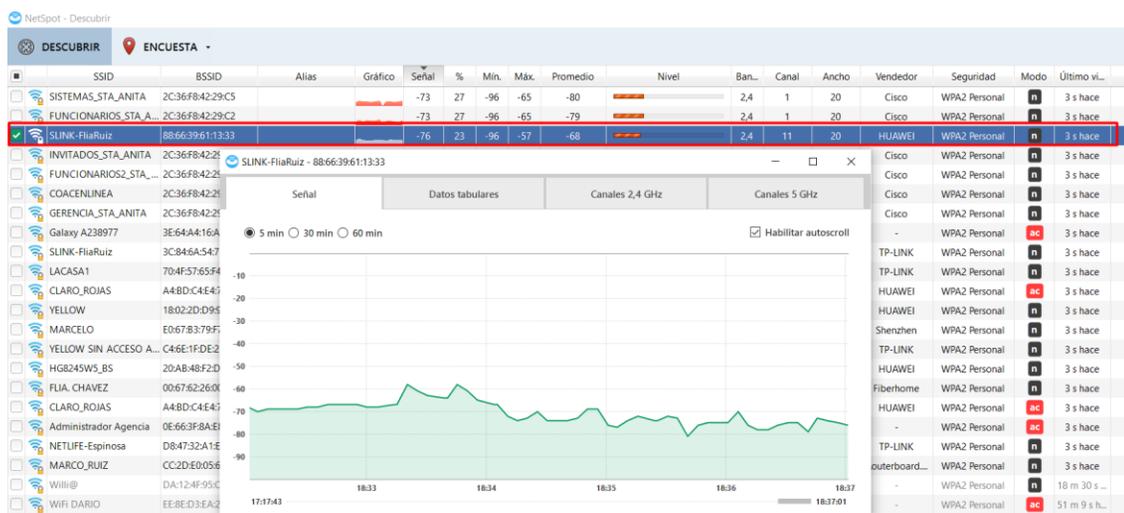


Figura 31. Potencia de Señal Sector Vaporizadora
Fuente: Elaborado por el autor

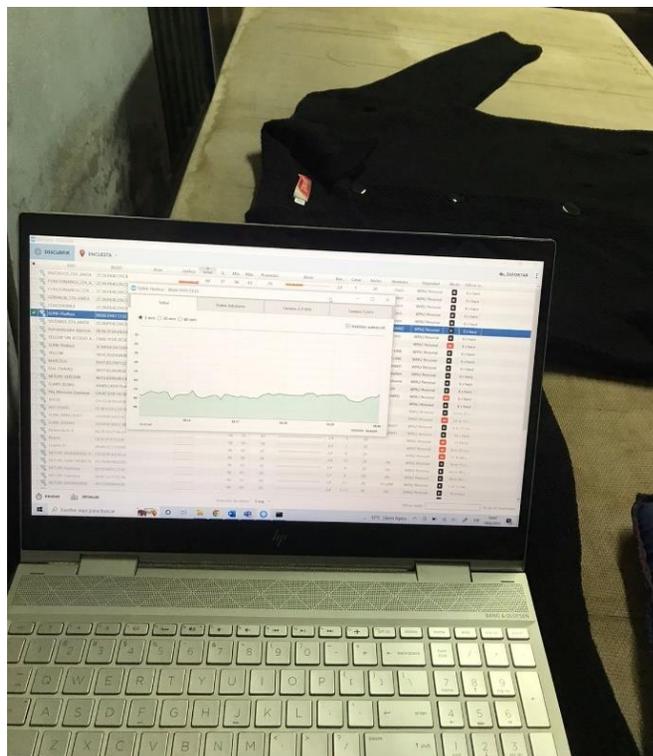


Figura 32. Sector Vaporizadora
Fuente: Elaborado por el autor

- Sector de sublimación: Lugar donde se pondrá el sensor de CO_2 para ello se tiene la siguiente potencia de señal que es de -77 dBm como se muestra en la siguiente *Figura 33* y *Figura 34* de la prueba realizada.

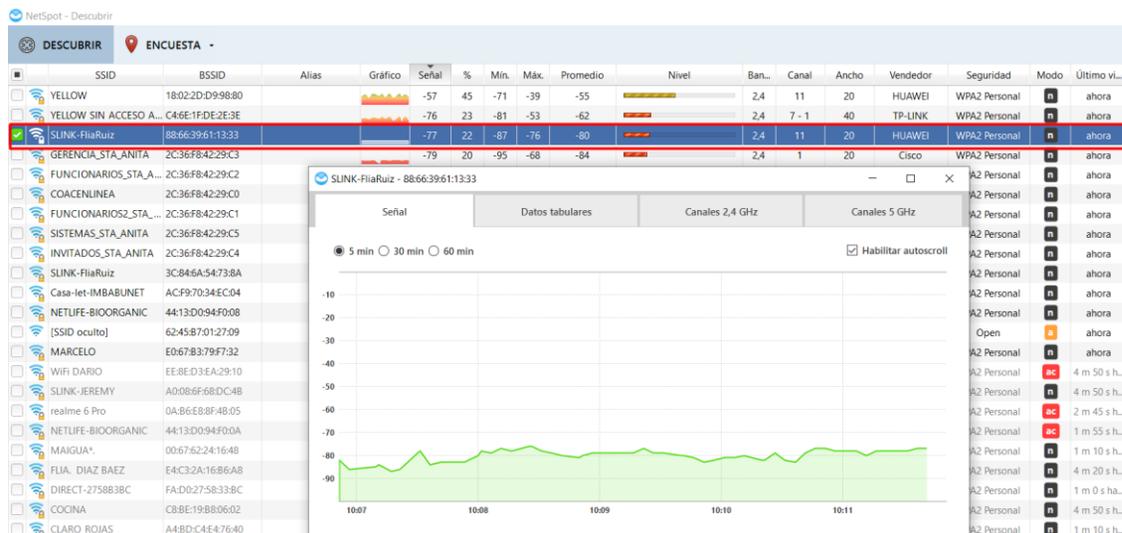


Figura 33. Potencia de Señal Sector de Sublimación
Fuente: Elaborado por el autor

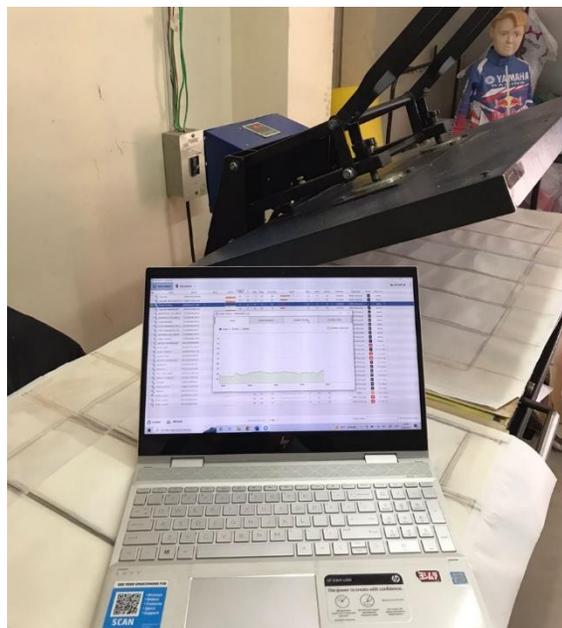


Figura 34. Sector de Sublimación
Fuente: Elaborado por el autor

3.12. Análisis de Conectividad Eléctrica Empresa ParaHeliz

Dentro de la fábrica textil se tiene las respectivas tomas eléctricas las cuales están a buen alcance para realizar la conexión de los nodos sensores, como se puede apreciar en la siguiente *Figura 35* y *Figura 36* el lugar donde se tiene las tomas eléctricas.



Figura 35. Toma Eléctrica sector Vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 36. Toma Eléctrica sector Sublimadora.
Fuente: Elaborado por el autor

Se puede ver en las anteriores figuras se requiere realizar una instalación adicional para poder conectar los nodos sensores de una mejor manera y que estos puedan realizar un censado correcto ya que tienen que estar a una mayor altura, para lo cual mediante una extensión debidamente colocada con sus respectivas canaletas se realizó un nuevo punto de conexión eléctrica como se aprecia en la siguiente *Figura 37* y *Figura 38* para cada uno de los lugares seleccionados para el censado.



Figura 37. Toma Eléctrica Nueva sector Vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 38. Toma Eléctrica Nueva sector Sublimadora.
Fuente: Elaborado por el autor

3.13. Diseño del Software

3.13.1. Sistema de Comunicación

Los datos que van a hacer obtenidos por el nodo sensor serán enviados mediante comunicación inalámbrica (802.11 Wifi) hacia el Gateway de la empresa ParaHeliz los cuales serán almacenados en una base de datos, en la siguiente *Figura 39* se muestra el diagrama de conexión.

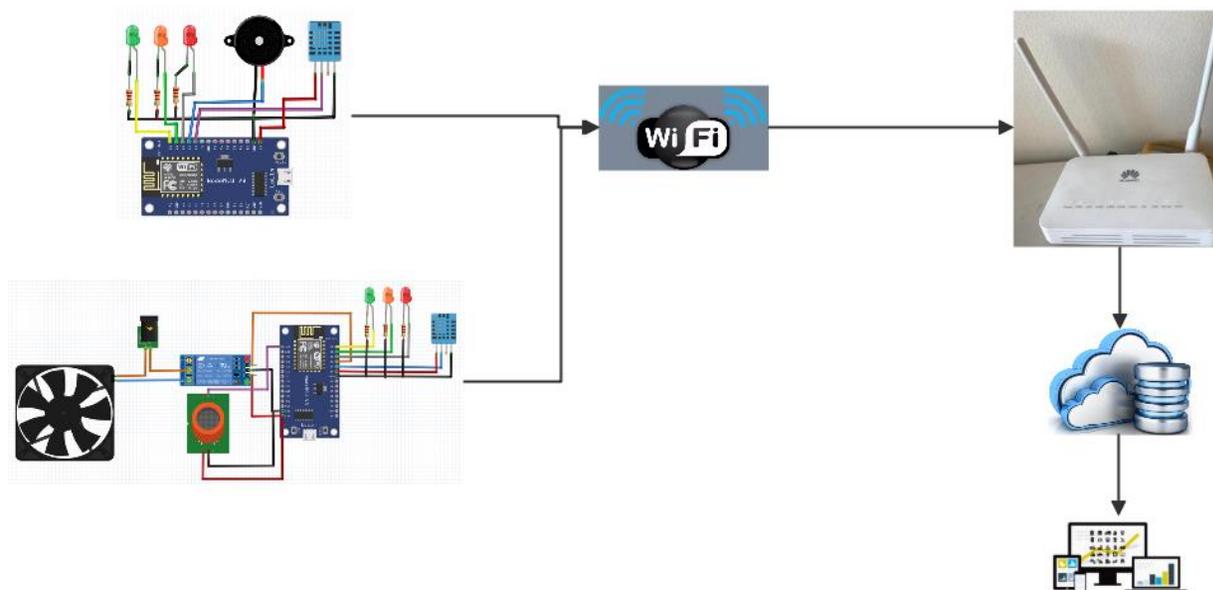


Figura 39. Diagrama de Conexión entre Nodo y Gateway
Fuente: Elaborado por el autor

3.13.1.1. Levantamiento de la Red Local del Sistema

En el siguiente apartado se muestra el proceso de configuración y administración de la red local del sistema para ello se procede a verificar la dirección MAC de los módulos que conforman el nodo sensor como se aprecia en la siguiente *Figura 40* y *Figura 41*.



Figura 40. Dirección MAC modulo Sector Vaporizado
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 41. Dirección MAC modulo Sector Sublimado
Fuente: Elaborado por el autor

Después de verificar la dirección MAC de los módulos se procede a ingresar a la configuración de la red mediante la dirección IP que se tiene del AP de la empresa textil la cual es 192.168.100.1 como se muestra en la *Figura 42*.

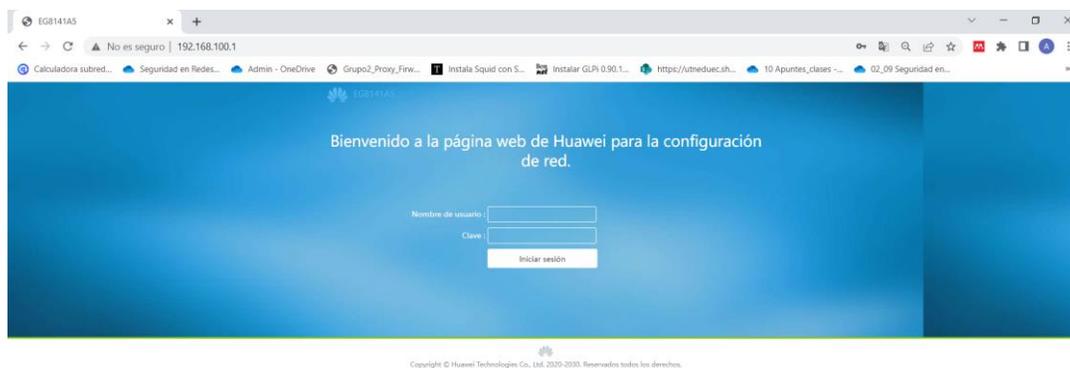
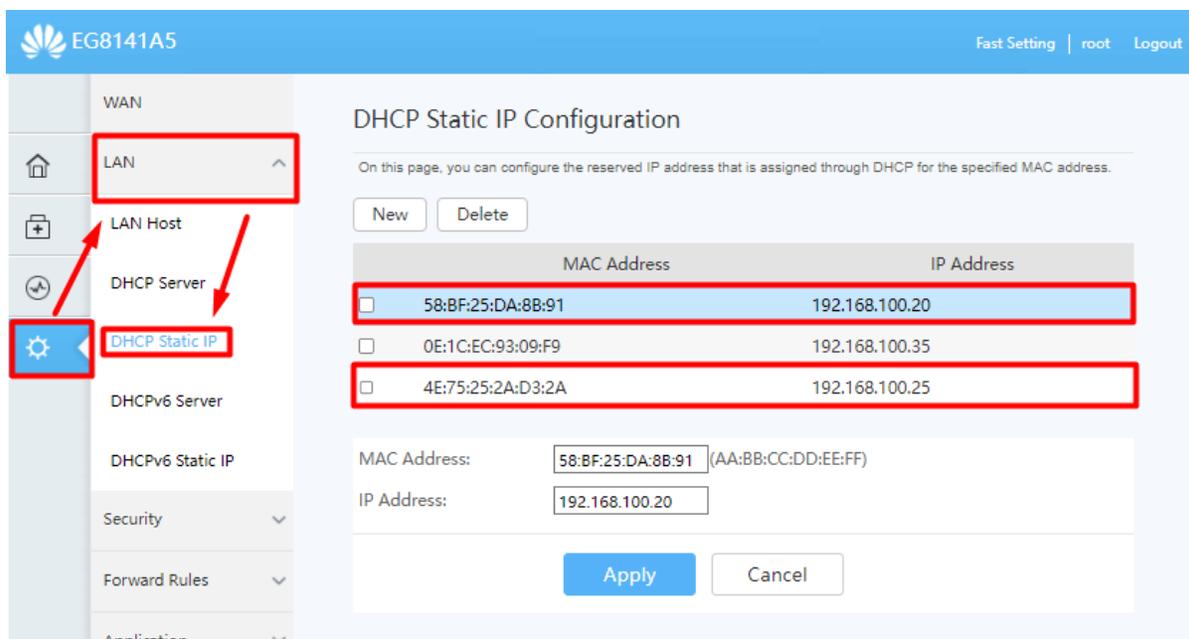


Figura 42. Ingreso a la Interfaz del AP
Fuente: Elaborado por el autor

Dentro de la interfaz se dirige a las configuraciones avanzadas, luego a la parte de LAN y por último en el apartado de DHCP Static IP, donde se da clic en nuevo y se procede a introducir la dirección MAC que habíamos consultado y se le asigna una dirección IP estática para que el

módulo de comunicación tenga una sola IP y no se produzca ningún inconveniente cuando el nodo sensor requiera realizar la comunicación con el Gateway de la empresa textil.



The screenshot shows the web interface for an EG8141A5 device. The sidebar on the left contains navigation options: WAN, LAN, LAN Host, DHCP Server, DHCP Static IP, DHCPv6 Server, DHCPv6 Static IP, Security, Forward Rules, and Application. The main content area is titled "DHCP Static IP Configuration" and includes a "New" and "Delete" button. Below these is a table with two columns: "MAC Address" and "IP Address". The table contains three rows, with the first and third rows highlighted in blue. Below the table, there are input fields for "MAC Address" (with a dropdown menu) and "IP Address", and "Apply" and "Cancel" buttons.

	MAC Address	IP Address
<input checked="" type="checkbox"/>	58:BF:25:DA:8B:91	192.168.100.20
<input type="checkbox"/>	0E:1C:EC:93:09:F9	192.168.100.35
<input checked="" type="checkbox"/>	4E:75:25:2A:D3:2A	192.168.100.25

MAC Address: (AA:BB:CC:DD:EE:FF)
IP Address:

Figura 43. Configuración de dirección MAC y IP Static
Fuente: Elaborado por el autor

3.13.2. Sistema Base de Datos

La información que fue censada y que se obtiene para la empresa es muy importante que se almacene de una forma adecuada, para poder llevar un correcto registro de los parámetros; mediante los datos adquiridos procesar la información y realizar un análisis para la generación de estadísticas; se aclara que la base de datos es local y que solo será administrada por el desarrollador del proyecto.

3.13.2.1. Creación Base de Datos Local

Se describe el proceso el cual se debe seguir para poder instalar y crear una base de datos local, lo primero que se debe realizar es obtener un software de virtualización con una máquina virtual instalada de código abierto en este caso Ubuntu con la versión 18.04 como se muestra a continuación en la siguiente *Figura 44*.

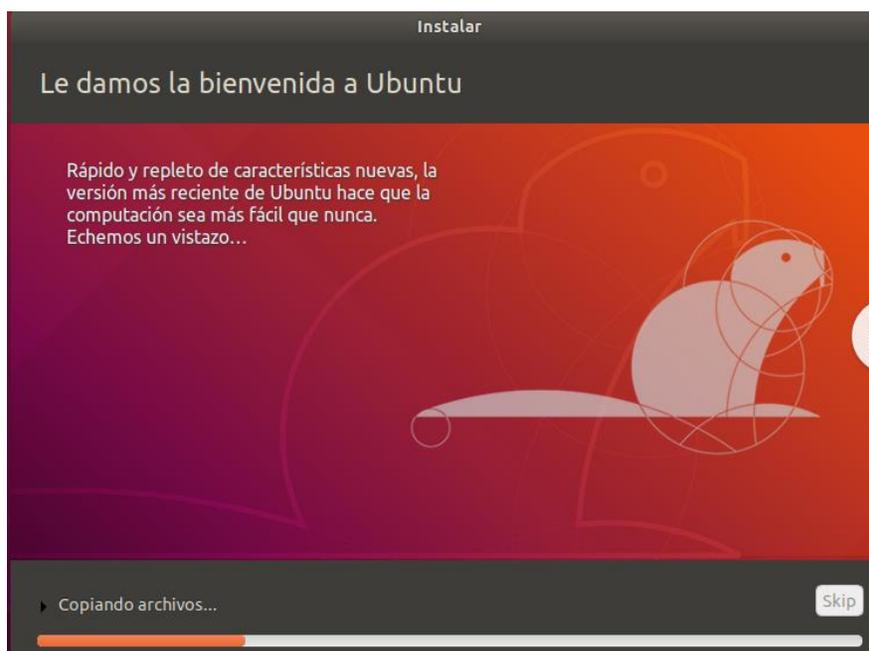
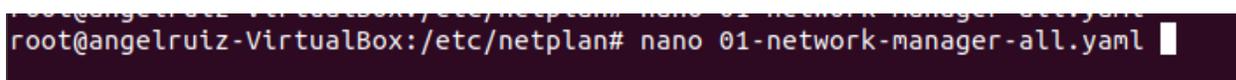


Figura 44. Máquina Virtual Ubuntu Instalación
Fuente: Elaborado por el autor

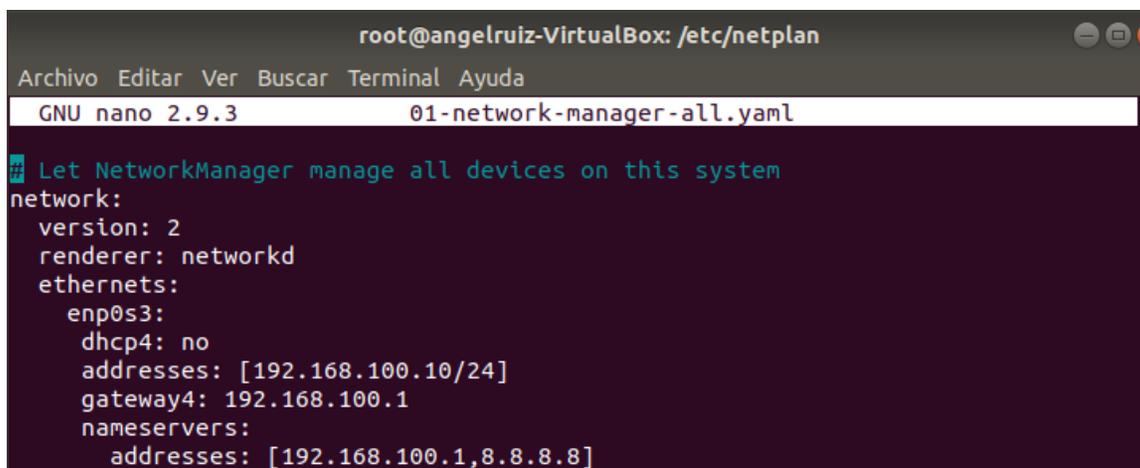
Una vez instalada la máquina virtual se procede a configurar una dirección IP estática mediante las herramientas de netplan, donde con el siguiente comando: `nano /etc/netplan/01-network-manager-all.yaml` como se observa en la siguiente *Figura 45*.



```
root@angelruiz-VirtualBox:/etc/netplan# nano 01-network-manager-all.yaml
```

Figura 45. Comando para configurar la dirección IP
Fuente: Elaborado por el autor

Dentro del archivo de configuración se ingresa toda la información de la red de la empresa que es la dirección IP, el Gateway y demás parámetros como se ve en la siguiente *Figura 46*.



```
root@angelruiz-VirtualBox: /etc/netplan
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
GNU nano 2.9.3 01-network-manager-all.yaml
# Let NetworkManager manage all devices on this system
network:
  version: 2
  renderer: networkd
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: no
      addresses: [192.168.100.10/24]
      gateway4: 192.168.100.1
      nameservers:
        addresses: [192.168.100.1,8.8.8.8]
```

Figura 46. Configuración de dirección IP estática
Fuente: Elaborado por el autor

Se procede a verificar que la dirección IP configurada se refleje cuando se realiza una consulta mediante el comando `ip add`, donde podemos ver que los cambios se dieron de forma correcta como se verifica en la *Figura 47*.

```

2: enp0s3: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP g
roup default qlen 1000
    link/ether 08:00:27:70:c6:6d brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.100.10/24 brd 192.168.100.255 scope global enp0s3
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::a00:27ff:fe70:c66d/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
root@angelruiz-VirtualBox:/etc/netplan# █

```

Figura 47. Verificación de dirección IP estática

Fuente: Elaborado por el autor

Luego de verificar la dirección IP se procede a instalar Apache el cual es un servidor web que procesa y devuelve información cuando se realiza una petición desde un navegador para que se puedan realizar las demás configuraciones respectivas para poder crear la base de datos local como se observa en la siguiente *Figura 48*.

```

root@angelruiz-VirtualBox:/home/angelruiz# sudo apt-get install apache2
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
  apache2-bin apache2-data apache2-utils libapr1 libaprutil1
  libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap liblua5.2-0
Paquetes sugeridos:
  apache2-doc apache2-suexec-pristine | apache2-suexec-custom
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
  apache2 apache2-bin apache2-data apache2-utils libapr1 libaprutil1
  libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap liblua5.2-0
0 actualizados, 9 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 209 no actualizados.
Se necesita descargar 1.713 kB de archivos.
Se utilizarán 6.932 kB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar? [S/n] █

```

Figura 48. Instalación de Apache

Fuente: Elaborado por el autor

Y se comprueba con la dirección IP que se le asigno a la máquina de Ubuntu la cual es 192.168.100.10 como se ve en la *Figura 49*.

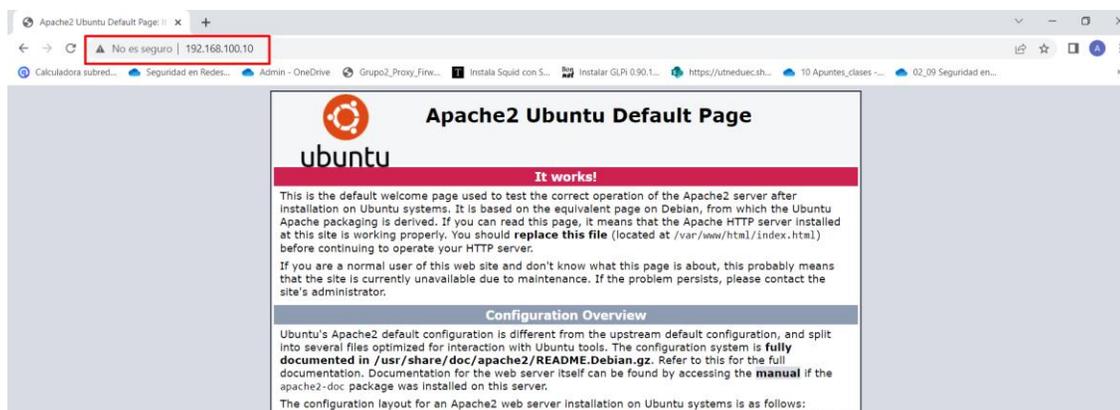


Figura 49. Verificación de Apache

Fuente: Elaborado por el autor

Se procede a instalar PHP el cual es un lenguaje diseñado para sitios web dinámicos, para ello se utiliza el siguiente comando: `sudo apt-get install php libapache2-mod-php php-mysql`, en la siguiente *Figura 50* se muestra el proceso de instalación.

```

root@angelruiz-VirtualBox:/home/angelruiz# sudo apt-get install php libapache2-
mod-php php-mysql
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
 libapache2-mod-php7.2 php-common php7.2 php7.2-cli php7.2-common
 php7.2-json php7.2-mysql php7.2-opcache php7.2-readline
Paquetes sugeridos:
 php-pear
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
 libapache2-mod-php libapache2-mod-php7.2 php-common php-mysql php7.2
 php7.2-cli php7.2-common php7.2-json php7.2-mysql php7.2-opcache
 php7.2-readline
0 actualizados, 12 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 209 no actualizados.
Se necesita descargar 3.994 kB de archivos.
Se utilizarán 17,7 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar? [S/n] █

```

Figura 50. Instalación de PHP

Fuente: Elaborado por el autor

Se procede a instalar la base de datos MySQL con el comando que se ve en la *Figura 51*, mientras se realiza la instalación aparece una ventana donde pregunta qué tipo de servidor se encuentra instalado y le damos en la opción de Apache y seguido pide que ingresemos una contraseña para el usuario root de phpMyAdmin.

```

root@angelruiz-VirtualBox:/home/angelruiz# sudo apt-get install mysql-server my
sql-client php-mysql
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
php-mysql ya está en su versión más reciente (1:7.2+60ubuntu1).
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
 libaio1 libevent-core-2.1-6 libhtml-template-perl mysql-client-5.7
 mysql-client-core-5.7 mysql-common mysql-server-5.7 mysql-server-core-5.7
Paquetes sugeridos:
 libipc-sharedcache-perl mailx tinyca
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
 libaio1 libevent-core-2.1-6 libhtml-template-perl mysql-client
 mysql-client-5.7 mysql-client-core-5.7 mysql-common mysql-server
 mysql-server-5.7 mysql-server-core-5.7
0 actualizados, 10 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 209 no actualizados.
Se necesita descargar 19,1 MB de archivos.
Se utilizarán 154 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar? [S/n] █

```

Figura 51. instalación de MySQL
Fuente: Elaborado por el autor

Seguido se procede a realizar la instalación de phpMyAdmin como se aprecia en la siguiente *Figura 52*.

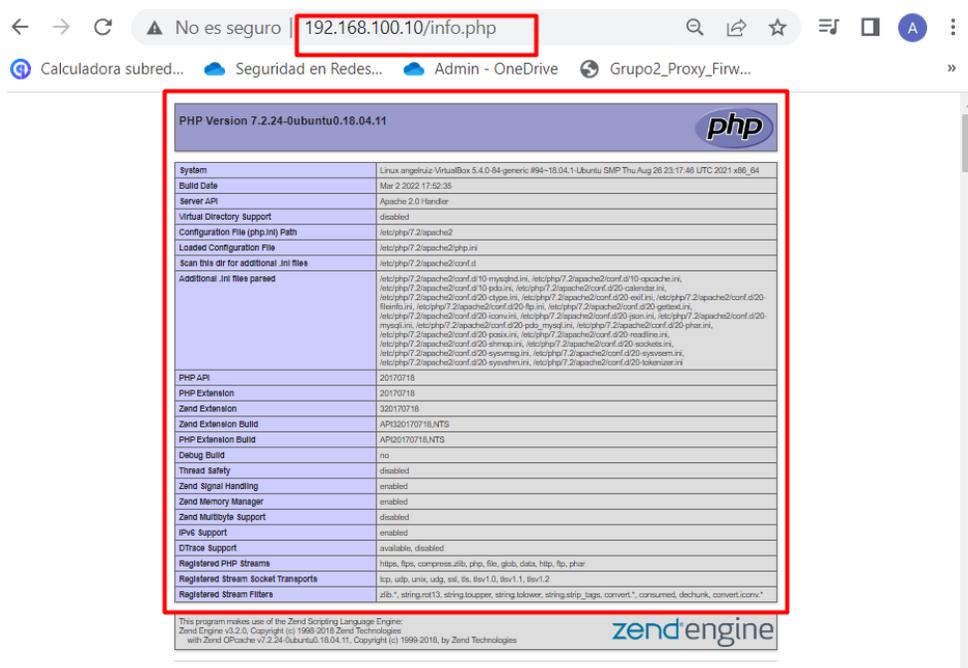
```

root@angelruiz-VirtualBox:/home/angelruiz# sudo apt-get install phpmyadmin
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
 dbconfig-common dbconfig-mysql javascript-common libcurl4 libjs-jquery
 libjs-sphinxdoc libjs-underscore libzip4 php-bz2 php-curl php-gd
 php-mbstring php-pear php-php-gettext php-phpseclib php-tcpdf php-xml
 php-zip php7.2-bz2 php7.2-curl php7.2-gd php7.2-mbstring php7.2-xml
 php7.2-zip
Paquetes sugeridos:
 php-libsodium php-mcrypt php-gmp php-imagick
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
 dbconfig-common dbconfig-mysql javascript-common libcurl4 libjs-jquery
 libjs-sphinxdoc libjs-underscore libzip4 php-bz2 php-curl php-gd
 php-mbstring php-pear php-php-gettext php-phpseclib php-tcpdf php-xml
 php-zip php7.2-bz2 php7.2-curl php7.2-gd php7.2-mbstring php7.2-xml
 php7.2-zip phpmyadmin
0 actualizados, 25 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 209 no actualizados.
Se necesita descargar 14,0 MB de archivos.
Se utilizarán 54,6 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar? [S/n] █

```

Figura 52. Instalación de phpMyAdmin
Fuente: Elaborado por el autor

Cuando se tenga todos los requerimientos instalados se procede a crear un archivo el cual mostrara la información de PHP, después de a ver creado el archivo se abre el navegador y se escribe la dirección IP asignada al Ubuntu seguido de /info.php y se lograra visualizar la información de la página creada como se muestra en la *Figura 53*.



The screenshot shows a web browser window with the address bar containing '192.168.100.10/info.php'. The page displays the PHP version information for PHP 7.2.24-0ubuntu0.18.04.11. The page is titled 'PHP Version 7.2.24-0ubuntu0.18.04.11' and features the PHP logo. The content is organized into a table with the following sections:

System	
System	Linux ungeluiz-VirtualBox 5.4.0-64-generic #94-18.04.1-Ubuntu SMP Thu Aug 28 23:17:46 UTC 2021 x86_64
Build Date	Mar 2 2022 17:52:35
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php/7.2/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php/7.2/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php/7.2/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php/7.2/apache2/conf.d/10-mysqlnd.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/10-opcache.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-calendar.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-ctype.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-curl.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-fileinfo.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-gd.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-gettext.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-iconv.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-imagick.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-imagick.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-ldap.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-mbstring.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-mcrypt.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-mysqlnd.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-pdo_mysql.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-phar.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-posix.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-readline.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-shmop.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sockets.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sysmsg.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sysvsem.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sysvshm.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-xmlrpc.ini
PHP API	20170718
PHP Extension	20170718
Zend Extension	320170718
Zend Extension Build	APD320170718.NTS
PHP Extension Build	APD20170718.NTS
Debug Build	no
Thread Safety	disabled
Zend Signal Handling	enabled
Zend Memory Manager	enabled
Zend Multibyte Support	disabled
IPv6 Support	enabled
ODBC Support	available, disabled
Registered PHP Streams	https, ftps, compress.zlib, php, file, glob, data, http, ftp, phar
Registered Stream Socket Transports	tcp, udp, unix, udg, ssl, tls, IPv6, nntp, Redis
Registered Stream Filters	zlib.*, string.rot13, string.toupper, string.tolower, string.strip_tags, convert.*, consumed, dechunk, convert.iconv.*

The page also includes the Zend Engine logo and a footer with the text: 'This program makes use of the Zend Scripting Language Engine: Zend Engine v2.2.0, Copyright (c) 1999-2018, by Zend Technologies with Zend OPcache v7.2.24-0ubuntu0.18.04.11, Copyright (c) 1999-2018, by Zend Technologies'.

Figura 53. Verificación de página de PHP
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez que se tenga instaladas todas las anteriores dependencias se podrá ingresar a la gestionar la base de datos local como se aprecia en la *Figura 54*, donde mediante cualquier dispositivo que se encuentre en la red por medio de un navegador web se podrá visualizar.

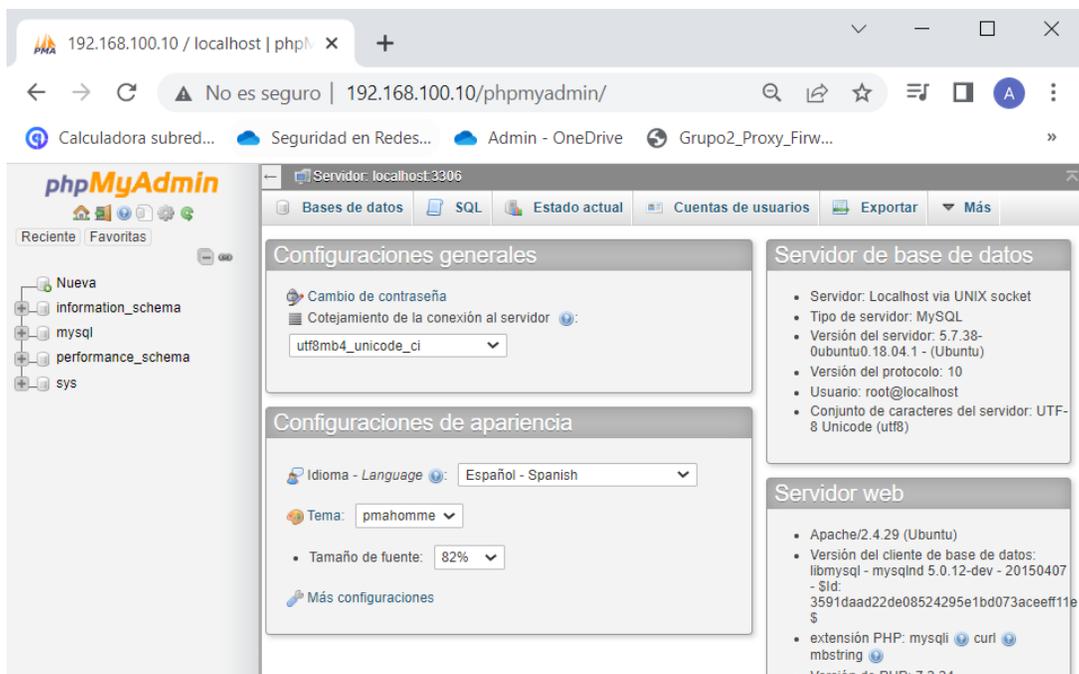


Figura 54. Interfaz de la base de datos local
Fuente: Elaborado por el autor

Capítulo IV

Implementación y Pruebas del Sistema

En el siguiente capítulo se presenta la implementación y validación de las partes que conforman el sistema electrónico de monitoreo del medio ambiente, juntamente con la fase final la cual dará la respectiva validación del sistema; donde se realizaran las respectivas pruebas del sistema con cada uno de los nodos sensores y posteriormente se realizara un análisis de los parámetros censados para la generación de estadísticas para empresa textil ParaHeliz logrando que se realice una buena ejecución del proyecto propuesto.

4.1. Fase 3: Implementación y Validación de Unidades

Una vez finalizado el diseño del hardware que se utilizara para cada uno de los nodos sensores se procede con la implementación de las partes para el desarrollo de las respectivas pruebas como se aprecia en la *Figura 55* y en la *Figura 56*.

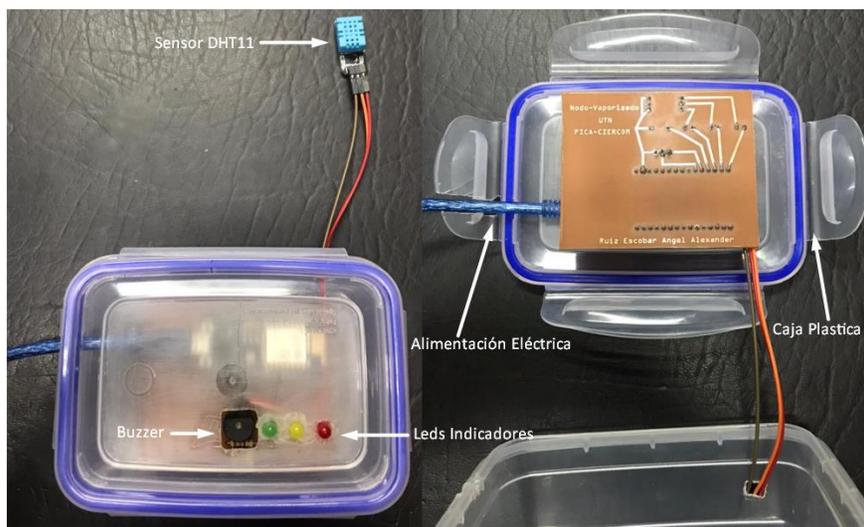


Figura 55. Diseño Nodo Sensor Sector Vaporizado
Fuente: Elaborado por el autor

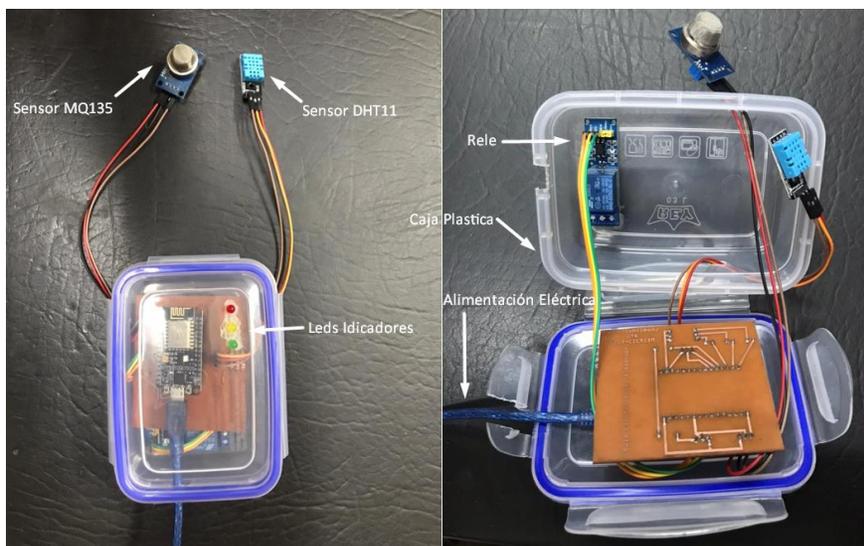


Figura 56. Diseño Nodo Sensor Sector Sublimado
Fuente: Elaborado por el autor

Después de haber completado la fase de diseño se continua con la siguiente fase, donde se procede a realizar la pruebas y validación del subsistema nodo sensor, para verificar que cada sección se está cumpliendo con los requerimientos funcionales y de diseño que se plantearon. Para el desarrollo de las pruebas se lo realiza en un ambiente controlado, considerando un listado de las pruebas que se realizar para evidenciar que el sistema de monitoreo funcione de manera exitosa, esto se puede visualizar en la *Tabla 18*.

Tabla 18. *Listado de las Pruebas del Sistema*

Listado de Pruebas		
Tipo de Pruebas	Lugar de desarrollo de las Pruebas	Resultados Esperados
Prueba 1: Verificar que el nodo sensor de sector de la Vaporizadora cumpla con todas las funciones.	Se las realiza en el lugar de planchado con un ambiente controlado con las debidas herramientas.	Se espera que el nodo sensor del sector de vaporizado pueda realizar: adquisición de datos, y se conecte inalámbricamente.
Prueba 2: Verificar que el nodo sensor de sector de la	Se las realiza en el lugar de sublimado con un ambiente	Se espera que el nodo sensor del sector de sublimado pueda

Sublimadora cumpla con todas las funciones.	controlado con las debidas herramientas.	realizar: adquisición de datos, y se conecte inalámbricamente.
Prueba 3: Adquisición de los datos del ambiente de la fábrica.	Las pruebas se las realizar en los lugares indicados anteriormente.	Se espera que se logren recolectar los datos cuando la quinaria este en operación.
Prueba 4: Verificación y almacenamiento de información en la base de datos local.	En la fábrica textil “ParaHeliz”	Que se generen datos para poder generar estadísticas y se logre controlar el ambiente de la fábrica con los sistemas de ventilación.

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.1. Prueba 1: Verificar que el nodo sensor del sector de la vaporizadora cumpla con todas las funciones

Para las pruebas de validación del nodo sensor del sector de vaporizado, se verifica que el sensor DHT11 este adquiriendo los datos respectivos a temperatura y humedad y que los leds según su color indiquen la condición del ambiente como se muestra en la siguiente *Tabla 19* y que se tenga comunicación inalámbrica WIFI con el Gateway de la fábrica textil.

Tabla 19. *Indicadores de los leds.*

Color del Led	Indicador
Led Verde	Temperatura Baja.
Led Amarillo	Temperatura Media
Led Rojo	Temperatura Alta.

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.1.1. Verificación de adquisición de datos

Se verifica que el nodo sensor del sector de vaporizado este obteniendo los datos del sensor DHT11, el cual estará conectado al módulo ESP8266, los cuales son los componentes principales en el nodo, para ello se comprueba mediante el monitor serial de Arduino IDE y como resultado se puede ver los datos de temperatura y humedad juntamente con los leds indicadores como se observa en la *Figura 57*.

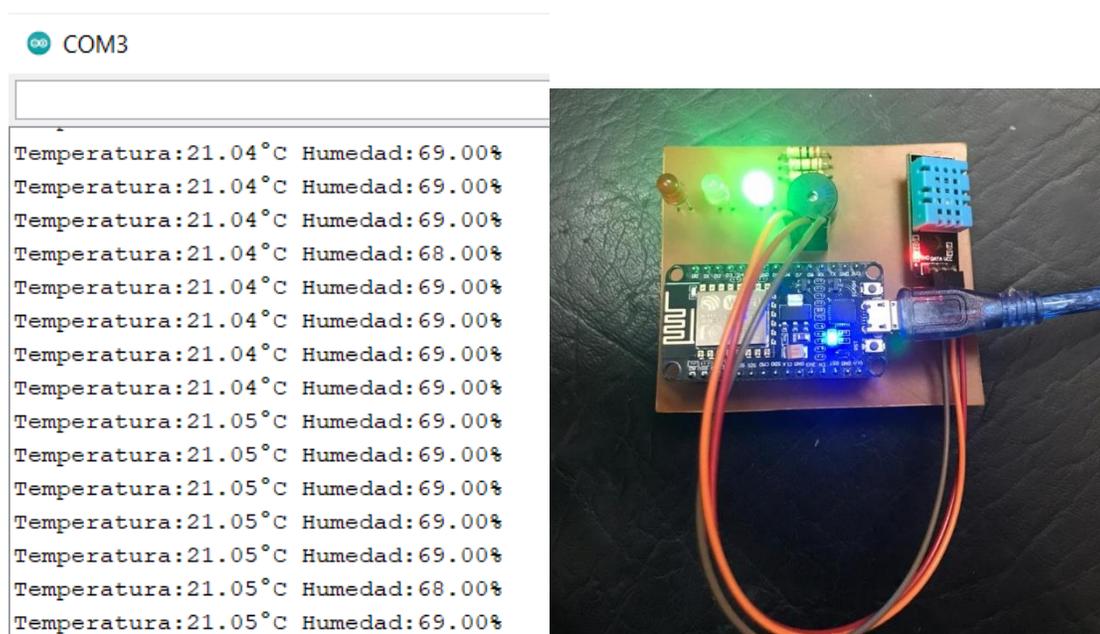


Figura 57. Verificación de que el nodo sensor de vaporizado está tomando datos.
Fuente: Elaborado por el autor

Como se verifica en la prueba realizada mediante la lectura del sensor se aprecian los datos obtenidos. A continuación se detalla la programación de Arduino IDE que no está complicada ya que solo requiere de la lectura digital con la cual se obtiene los resultados.

Se realiza un llamado a las librerías necesarias.

```
#include <ESP8266WiFi.h> // Libreria para el modulo ESP8266
#include <DHT11.h>       // Libreria para el sensor DHT11
```

Figura 58. Llamado de librerías.
Fuente: Elaborado por el autor

Luego se declara las variables para la toma de los datos.

```
#define led_verde D0    // Variable para el led verde
#define led_amarillo D1 // Variable para el led amarillo
#define led_rojo D2    // Variable para el led rojo
int err, spk = D3;     // Variable para el speaker y condicion de error
float temp, hum;      // Variable para la temperatura y humedad
DHT11 dht11(D4);      // Pin para la toma de los datos
```

Figura 59. Declaración de variables.
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez que se tenga ya las variables para la toma de los datos se procede a realizar el código el cual mostrara los datos de temperatura y humedad con la condición de que se hay un valor igual a cero está arrojará un aviso de error.

```
if((err=dht11.read(hum, temp))==0) // Tomar el valor de la temperatura y la humedad si es hay valor mayor a 0
{
  Serial.print("Temperatura:"); // Se imprime los valore de la temperatura
  Serial.print(temp);
  Serial.print("°C");
  Serial.print(" Humedad:"); // Se imprime los valore de la humedad
  Serial.print(hum);
  Serial.print("%");
  Serial.println();
}
else
{
  Serial.println();
  Serial.print("Error"); // Si el valor de temperatura es igual a 0 no aparece el error
  Serial.print(err);
  Serial.println();
}
```

Figura 60. Toma de datos.
Fuente: Elaborado por el autor

Luego se procede a establecer las condiciones de los leds para que se enciendan según vaya subiendo la temperatura del ambiente del sector de vaporizado, para ello se establece rangos de valores los cuales harán que los leds se enciendan según sea el caso.

```

if (temp >= 28) { // si los valores de temperatura son mayores a 28 ya es alta
    Serial.println("Temperatura Alta!");
    digitalWrite(led_rojo, HIGH); // Led indicador rojo en alto
    digitalWrite(spkr, HIGH);      // Speaker en alto encendido
    delay (3000);
    digitalWrite(spkr, LOW);;      // Speaker en bajo apagado
} else {
    digitalWrite(led_rojo, LOW);}

if (temp >= 24 && temp <= 27.8) { // valores de temperatura entre 24 y 27.8
    digitalWrite(led_amarillo, HIGH); // Led indicador amarillo en alto
} else {
    digitalWrite(led_amarillo, LOW); //Led indicador amarillo en bajo
}
if (temp <= 24) { // Valores menores a 24
    digitalWrite(led_verde, HIGH); // Led indicador verde en alto
} else {
    digitalWrite(led_verde, LOW); } //Led indicador verde en bajo

```

Figura 61. Condiciones del código.
Fuente: Elaborado por el autor

4.1.1.2. Verificación para cumplir diferentes funciones

En la siguiente prueba se basa en verificar que el nodo sensor cumpla con lo que se ha planteado en el diseño, por lo que se verificara que los leds indicadores funcionen de forma correcta indicando la calidad de temperatura del sector de la vaporizadora. Para ello según en la *Tabla 19* se conoce los indicadores y para constatar en las siguiente *Figura 62*, *Figura 63*, *Figura 64*, se muestra cada uno de los estados propuestos.

Los leds indican diferentes estados del ambiente, el led verde indicara que se tiene una buena temperatura menor a los 24, el led amarillo avisara cuando se tenga valores mayores a 24 y hasta los 27.8 grados ya se tiene una temperatura permitida en interiores, y con el led rojo ya se

tendrá valores mayores a 28 grados, donde sonará una alarma para abrir las ventanas y dejar que se ventile el lugar de trabajo.

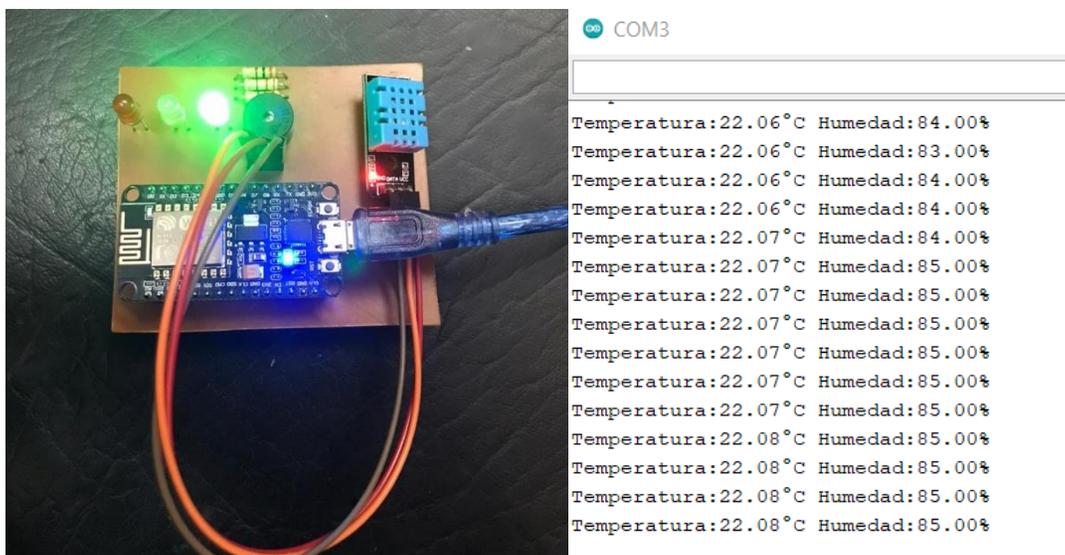


Figura 62. Verificación de led Verde encendido Temperatura Baja.
Fuente: Elaborado por el autor

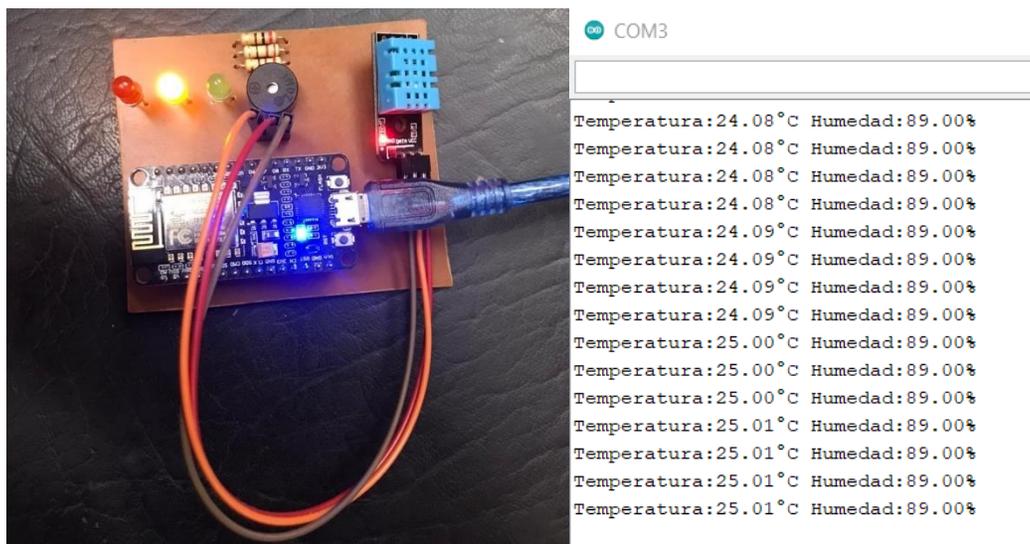


Figura 63. Verificación de led Amarillo encendido Temperatura Media.
Fuente: Elaborado por el autor

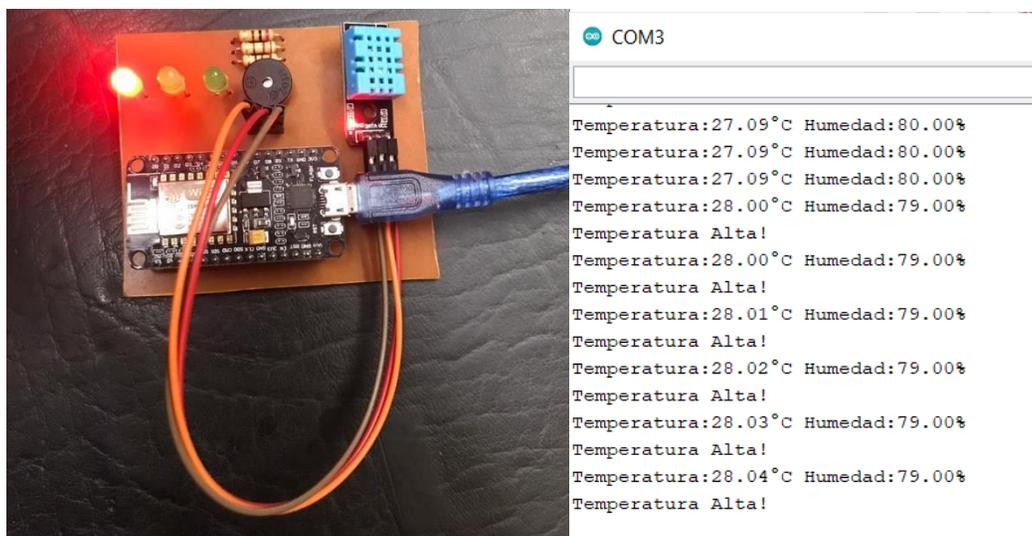


Figura 64. Verificación de led Rojo encendido Temperatura Alta.
Fuente: Elaborado por el autor

4.1.1.3. Verificación de conectividad con el gateway de la fábrica

En la siguiente prueba se procede a verificar que el nodo sensor del sector de vaporizado tenga una comunicación con el Gateway de la fábrica, pero ello se ha integrado en el código de Arduino IDE una dirección IP estática la cual se puede ver en el apartado 3.13.1.1 correspondiente a la MAC de cada módulo ESP8266. También se procede a realizar la conexión hacia el Gateway como se ve en el siguiente *Figura 65* del código.

```

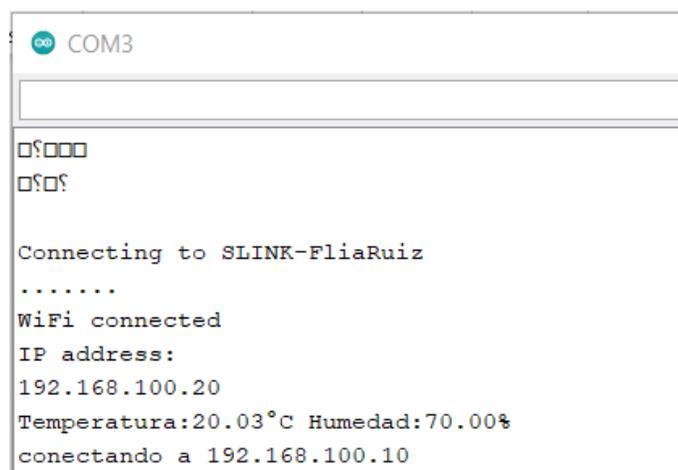
const char* ssid      = "SLINK-FliaRuiz"; //
const char* password = "Ruiz1968";
const char* host      = "192.168.100.10";
const int port        = 80;
const int watchdog    = 5000;
unsigned long previousMillis = millis();

IPAddress ip(192,168,100,20);
IPAddress gateway(192,168,100,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);

```

Figura 65. Conexión hacia el Gateway.
Fuente: Elaborado por el autor

Se puede verificar en la siguiente *Figura 66* el establecimiento de conexión del nodo sensor del sector de vaporizado hacia el Gateway de la fábrica mediante el monitor serial del Arduino IDE.



```

COM3
[Empty input field]
[Empty input field]
[Empty input field]
[Empty input field]
Connecting to SLINK-FliaRuiz
.....
WiFi connected
IP address:
192.168.100.20
Temperatura:20.03°C Humedad:70.00%
conectando a 192.168.100.10

```

Figura 66. Verificación de conectividad al Gateway.
Fuente: Elaborado por el autor

4.1.2. Prueba 2: Verificar que el nodo sensor del sector de la sublimadora cumpla con todas las funciones

Para las pruebas de validación del nodo sensor del sector de vaporizado, se verifica que el sensor DHT11 y MQ135 este adquiriendo los datos respectivos a temperatura, humedad y ppm del gas que se genera en el proceso de sublimación y que los leds según su color indiquen la condición del ambiente como se muestra en la siguiente *Tabla 20* y que se tenga comunicación inalámbrica WIFI con el Gateway de la fábrica textil.

Tabla 20. Indicadores de los leds.

Color del Led	Indicador
Led Verde	Concentración de CO_2 Baja.

Led Amarillo	Concentración de CO_2 Media
Led Rojo	Concentración de CO_2 Alta.

Fuente: Elaborado por el autor.

4.1.1.1. Verificación de adquisición de datos

Se verifica que el nodo sensor del sector de sublimado este obteniendo los datos del sensor DHT11 y MQ135, los cuales estarán conectados al módulo ESP8266, que son los componentes principales en el nodo, para ello se comprueba mediante el monitor serial de Arduino IDE y como resultado se puede ver los datos de temperatura, humedad y las ppm correctas obtenidas juntamente con los leds indicadores como se observa en la *Figura 67*.

PPM	Corrected PPM	Temperatura	Humedad
PPM: 239.14ppm	Corrected PPM: 204.37ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 57.00%
PPM: 348.07ppm	Corrected PPM: 297.47ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 57.00%
PPM: 362.14ppm	Corrected PPM: 309.50ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 57.00%
PPM: 455.88ppm	Corrected PPM: 389.60ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 57.00%
PPM: 537.56ppm	Corrected PPM: 459.41ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 57.00%
PPM: 481.96ppm	Corrected PPM: 411.89ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 57.00%
PPM: 587.57ppm	Corrected PPM: 490.59ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 58.00%
PPM: 499.98ppm	Corrected PPM: 424.89ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 58.00%
PPM: 414.82ppm	Corrected PPM: 343.89ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 59.00%
PPM: 422.79ppm	Corrected PPM: 357.27ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 59.00%
PPM: 362.14ppm	Corrected PPM: 306.02ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 59.00%
PPM: 260.75ppm	Corrected PPM: 220.34ppm	Temperatura: 22.70°C	Humedad: 59.00%

Figura 67. Verificación de que el nodo sensor de sublimado está tomando datos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se evidencia en la prueba realizada mediante las lecturas de los sensores se aprecian los datos obtenidos. A continuación se detalla la programación de Arduino IDE que no está complicada ya que solo requiere de la lectura digital y analógica con la cual se obtiene los resultados.

Se realiza un llamado a las librerías necesarias.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <MQ135.h>
#include <DHT.h>
```

Figura 68. Llamado de librerías.
Fuente: Elaborado por el autor.

Luego se declara las variables para la toma de los datos.

```
#define PIN_MQ135 A0 // MQ135 entrada analogica
#define DHTPIN D4 // DHT entrada digital
#define DHTTYPE DHT11 // DHT11 variable global
#define led_verde D0 // Variable led verde
#define led_amarillo D1 // Variable led amarillo
#define led_rojo D2 // Variable led rojo
#define rele D3 // Variable relay
float temp, hum; // Variable de temperatura y humedad
```

Figura 69. Declaración de variables.
Fuente: Elaborado por el autor.

Una vez que se tenga las variables para la toma de los datos se procede a realizar el código el cual mostrara los datos de temperatura y humedad y las ppm referenciales y las ppm correctas ya que estas están ligadas a la temperatura y humedad del ambiente que se está siendo censado con la condición de que si falla el sensor DHT11 no se podrá obtener los valores de ppm que se requieren para el sector del sublimado.

```
hum = dht.readHumidity();
temp = dht.readTemperature();

// Condicion de que se compruebe el sensor DHT11 este tomando datos.
if (isnan(hum) || isnan(temp)) {
  Serial.println(F("Error al leer el sensor DHT11!"));
  return;
}

float rzero = mq135_sensor.getRZero(); //Obtiene la resistencia RZero del sensor para fines de calibración
float correctedRZero = mq135_sensor.getCorrectedRZero(temp, hum); /*Obtiene la resistencia RZero del sensor para
fines de calibración con la temperatura y humedad del aire ambiente*/
float resistance = mq135_sensor.getResistance(); //Obtiene la resistencia del sensor, es decir, el valor de la medida
float ppm = mq135_sensor.getPPM(); //Obtiene las ppm de CO2 detectadas
float correctedPPM = mq135_sensor.getCorrectedPPM(temp, hum); /*Obtiene las ppm de CO2 detectadas corregidas
con la temperatura y humedad del aire ambiente*/
```

Figura 70. Código de para la toma de datos.
Fuente: Elaborado por el autor.

Luego se procede a establecer las condiciones de los leds para que se enciendan según se incremente las ppm del ambiente del sector de sublimado, para ello se establece rangos de valores los cuales harán que los leds se enciendan según sea el caso.

```

if (correctedPPM >= 800) {           // Si la concentración de CO2 es igual o superior a 800
  digitalWrite(led_rojo, HIGH);    // Enciende el LED rojo
  delay(10000);
} else {
  digitalWrite(led_rojo, LOW);}

if (correctedPPM >= 551 && correctedPPM <= 799) {
  digitalWrite(led_amarillo, HIGH); // El LED amarillo se enciende si la concentración de CO2
  digitalWrite(rele, HIGH);
} else {
  digitalWrite(led_amarillo, LOW); // está entre 551 y 799
  digitalWrite(rele, LOW);
}

if (correctedPPM <= 550) {
  digitalWrite(led_verde, HIGH);    // El LED verde se enciende solo cuando el CO2
} else {
  digitalWrite(led_verde, LOW); } // la concentración es más baja que 551

```

Figura 71. Condiciones de código.
Fuente: Elaborado por el autor.

4.1.1.2. Verificación para cumplir diferentes funciones

En la siguiente prueba se basa en verificar que el nodo sensor cumpla con lo que se ha planteado en el diseño, por lo que se verificara que los leds indicadores funcionen de forma correcta indicando el estado del ambiente del sector de sublimado. Para ello según en la *Tabla 20* se conoce los indicadores y para constatar en la siguiente *Figura 72*, *Figura 73*, *Figura 74*, se muestra cada uno de los estados propuestos.

Cuando el led verde este encendido quiere decir que permite valores hasta los 550 ppm que es un ambiente bueno, una vez superado este rango ya se activa el sistema de ventilacion para

ayudar a reducir los niveles de CO_2 ya que según los parametros establecidos serian de 551 hasta 799 ppm que son los niveles permitidos dentro de las instalaciones, y por ultimos el led rojo el cual ya seria un caso extremo que sobrepase los niveles de CO_2 que son superiores a los 800 ppm.

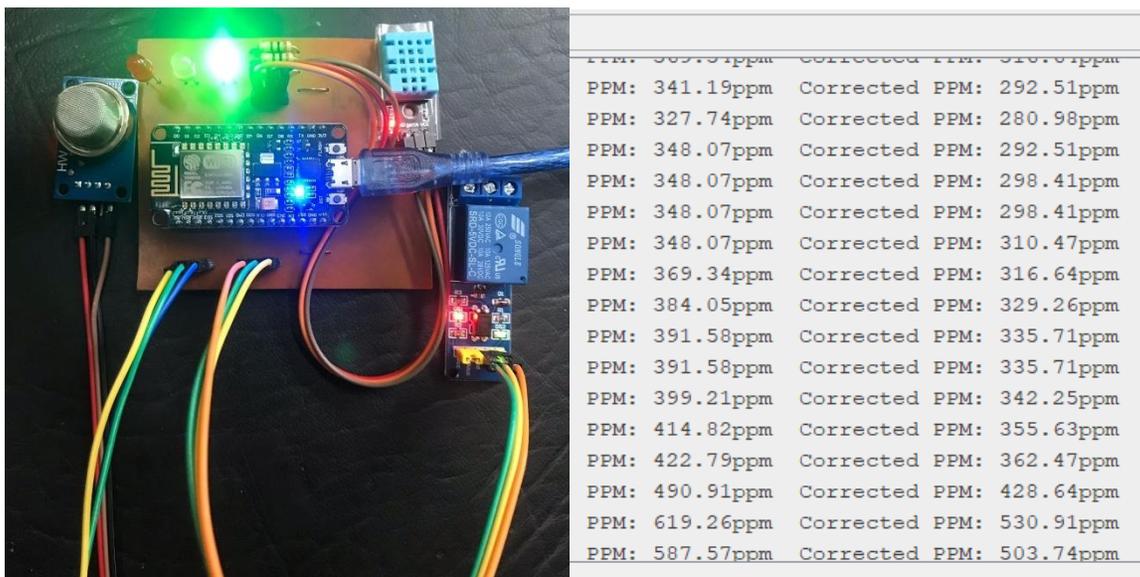


Figura 72. Verificación de led Verde encendido Concentración de CO_2 Baja.
Fuente: Elaborado por el autor.

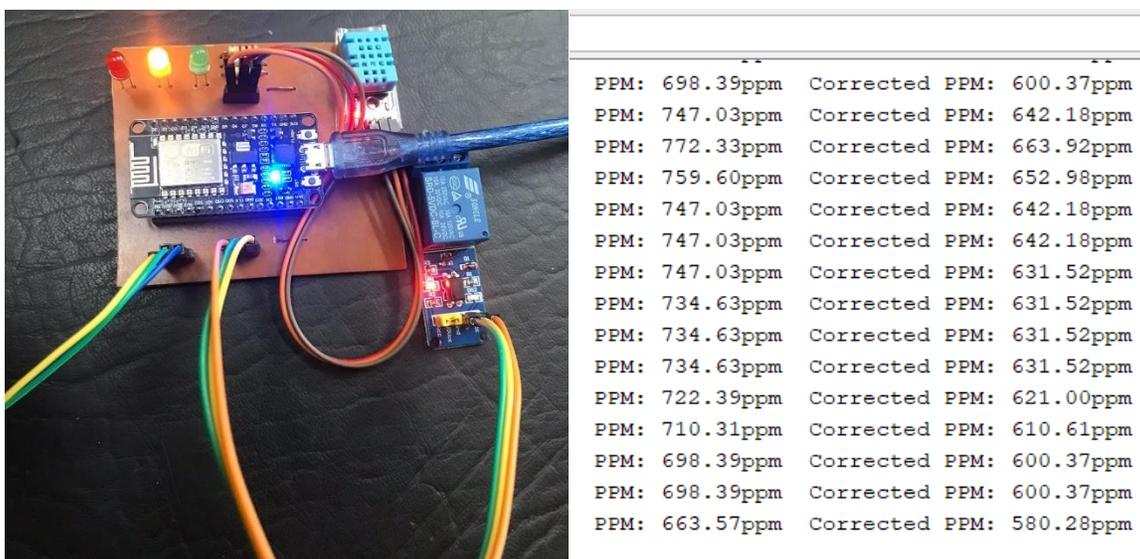


Figura 73. Verificación de led Amarillo encendido Concentración de CO_2 Media.
Fuente: Elaborado por el autor.

Se presenta una prueba de laboratorio donde se incrementa los valores de CO_2 sobrepasando los 800 ppm que es un caso extremo que se podría presentar dentro de la fábrica.

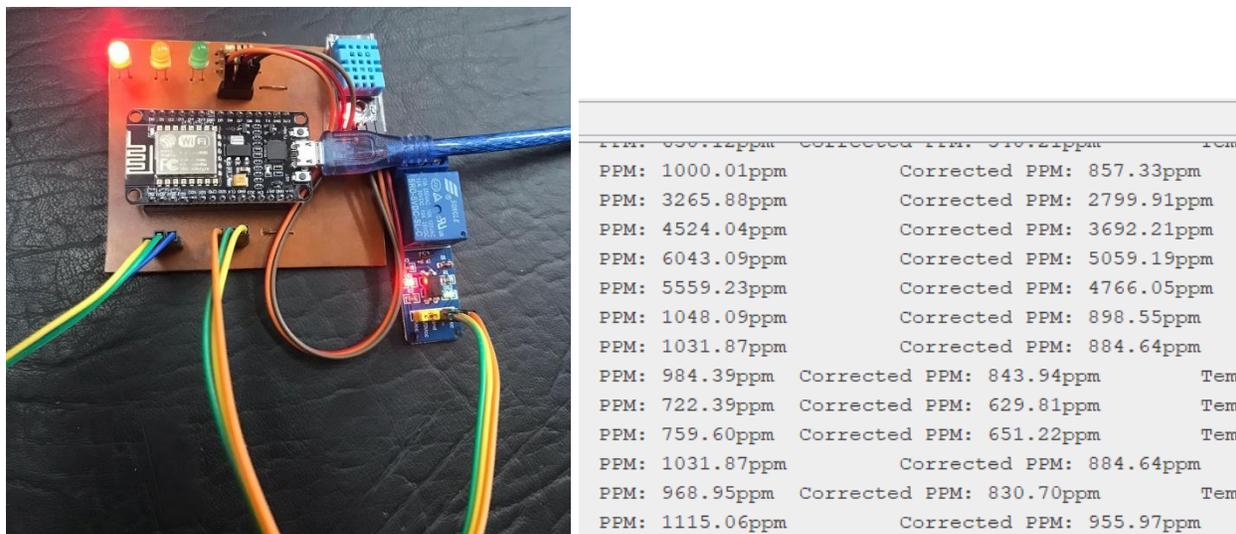


Figura 74. Verificación de led Rojo encendido Concentración de CO_2 Muy Alta.
Fuente: Elaborado por el autor.

4.1.1.3. Verificación de conectividad con el gateway de la fábrica

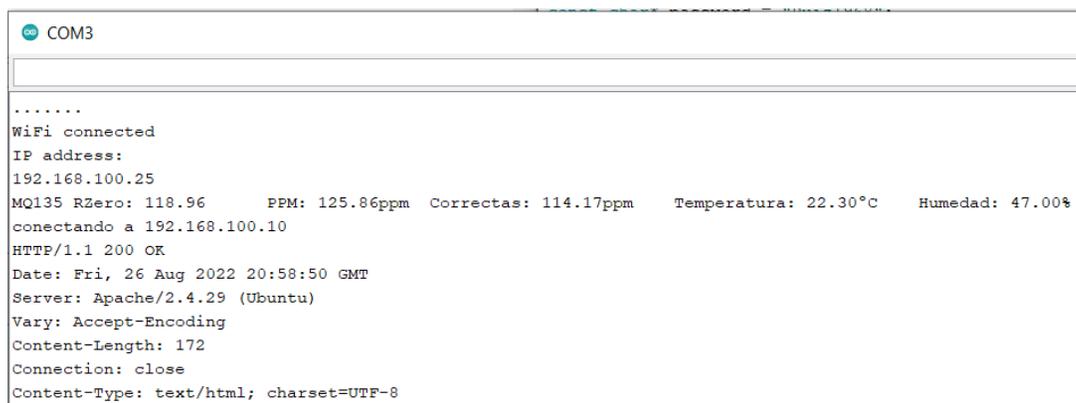
En la siguiente prueba se procede a verificar que el nodo sensor del sector de sublimado tenga una comunicación con el Gateway de la fábrica, para ello se ha integrado en el código de Arduino IDE una dirección IP estática la cual se puede ver en el apartado 3.13.1.1 correspondiente a la MAC de cada módulo ESP8266. También se procede a realizar la conexión hacia el Gateway como se ve en el siguiente código.

```
const char* ssid      = "SLINK-FliaRuiz"; //
const char* password = "Ruiz1968";
const char* host      = "192.168.100.10";
const int port        = 80;
const int watchdog    = 5000;
unsigned long previousMillis = millis();

IPAddress ip(192,168,100,25);
IPAddress gateway(192,168,100,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);
```

Figura 75. Conexión hacia el Gateway.
Fuente: Elaborado por el autor.

Se puede verificar en la siguiente *Figura 76* el establecimiento de conexión del nodo sensor del sector de vaporizado hacia el Gateway de la fábrica mediante el monitor serial del Arduino IDE.



```

COM3
.....
WiFi connected
IP address:
192.168.100.25
MQ135 RZero: 118.96      PPM: 125.86ppm  Correctas: 114.17ppm  Temperatura: 22.30°C  Humedad: 47.00%
conectando a 192.168.100.10
HTTP/1.1 200 OK
Date: Fri, 26 Aug 2022 20:58:50 GMT
Server: Apache/2.4.29 (Ubuntu)
Vary: Accept-Encoding
Content-Length: 172
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8

```

Figura 76. Verificación de conectividad al Gateway.
Fuente: Elaborado por el autor.

4.2. Fase 4: Validación del Sistema

Después de haber finalizado la fase de implementación y validación de subsistemas, se procede con la última fase que consiste en la validación del sistema de monitoreo, por lo que se realiza las pruebas dentro de la fábrica en cada uno de los puntos donde se encuentra situada la maquinaria de vaporizado como de sublimado.

4.2.1. Muestras de las Pruebas del Sistema

Las pruebas se proceden a realizar en cada uno de los sectores, para el monitoreo de la temperatura se lo hace en el sector de la vaporizadora, y para la sublimadora se analiza los parámetros de CO_2 en ppm juntamente con la temperatura del ambiente para tener datos más reales.

Para ello se deben tener en cuenta los rangos de temperatura en ambientes interiores, así como también la cantidad de CO_2 para las personas dentro de las instalaciones.

4.2.2. Prueba 3: Adquisición de los datos del ambiente de la fábrica

En el presente apartado se pondrá a prueba la funcionalidad del sistema de monitoreo realizado el censado de los sectores seleccionados teniendo en cuenta la adquisición de datos correctos, para ello en la *Figura 77* y *Figura 78* se verifica cada uno de los nodos sensores estén colocados en su sitio y estén en funcionamiento.



Figura 77. Nodo Vaporizado colocado de forma correcta.
Fuente: Elaborado por el autor

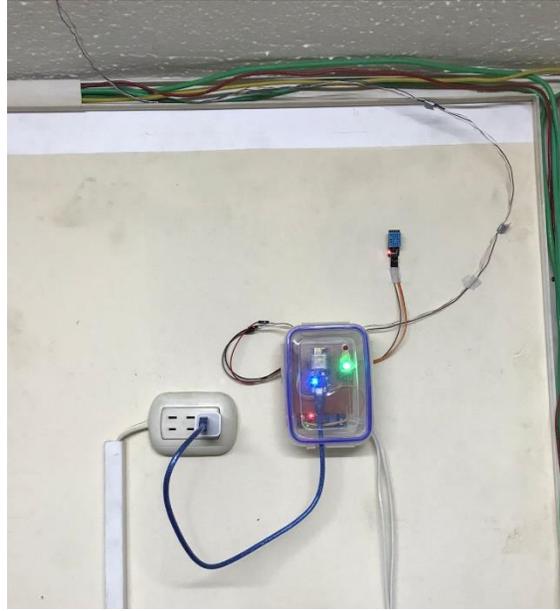


Figura 78. . Nodo Sublimado colocado de forma correcta.
Fuente: Elaborado por el autor

4.2.2.1. Valores registrados durante el censado

En cada uno de los nodos sensores se tiene los valores que se generan cuando las respectivas maquinarias están en funcionamiento, para ello se muestra en las siguientes figuras las diferentes condiciones que se tiene en cada uno de los sectores.

- Sector de Vaporizado:

Dentro de este sector se analiza cuando recién se enciende la vaporizadora teniendo valores como se muestran en la siguiente *Figura 79* lo cual hace referencia a que se tiene una temperatura baja como lo indica su led indicador en color verde y que es apta para las condiciones de trabajo hasta que se caliente y se empiece con el planchado de las prendas.



Figura 79. Datos obtenidos en el sector de vaporizado led verde.
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez que ya se ha iniciado con el proceso de planchado los valores de temperatura empiezan a incrementarse gradualmente, donde tomando el tiempo con un cronometro se percató de que en incrementar 1 grado centígrado se demora 10 minutos por lo que para subir a la base de datos se lo realizara cada 5 minutos para tener un mejor control dentro del sector, en la siguiente *Figura 80* se visualiza que el led indicador cambia a color amarillo mostrando un temperatura media.

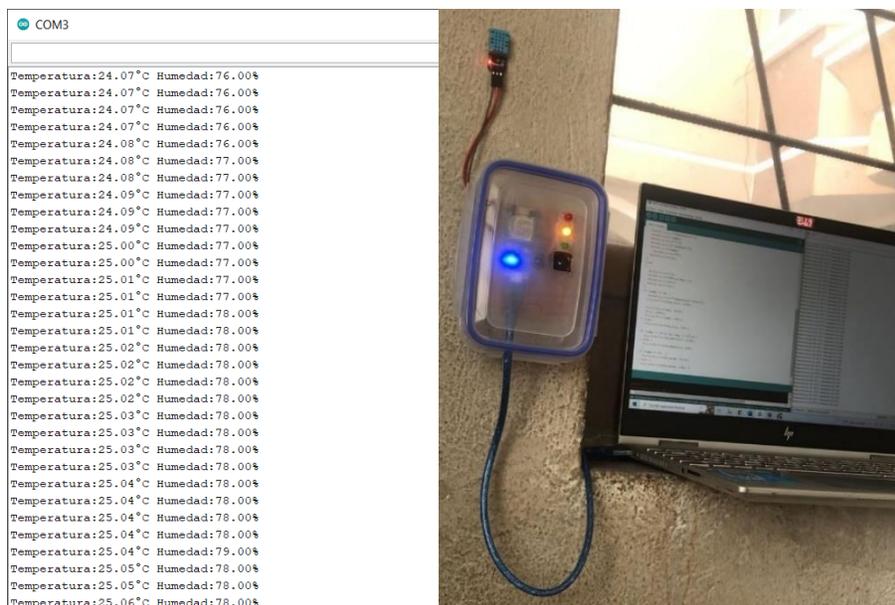


Figura 80. Datos obtenidos en el sector de vaporizado led amarillo.
Fuente: Elaborado por el autor

Cuando en la fábrica se tiene bastante materia prima que necesita pasar por el proceso de vaporizado se incrementan a mucho más los valores de temperatura, para ello se tiene un indicador led rojo y una sirena el cual indicara temperatura alta dentro del sector de trabajo, donde el trabajador tendrá que abrir la ventana y la puerta para dejar que se ventile el lugar y esperar a que cambie de color el led y se apague la sirena, en la siguiente *Figura 81* se ve los valores obtenidos y el led indicador en color rojo.

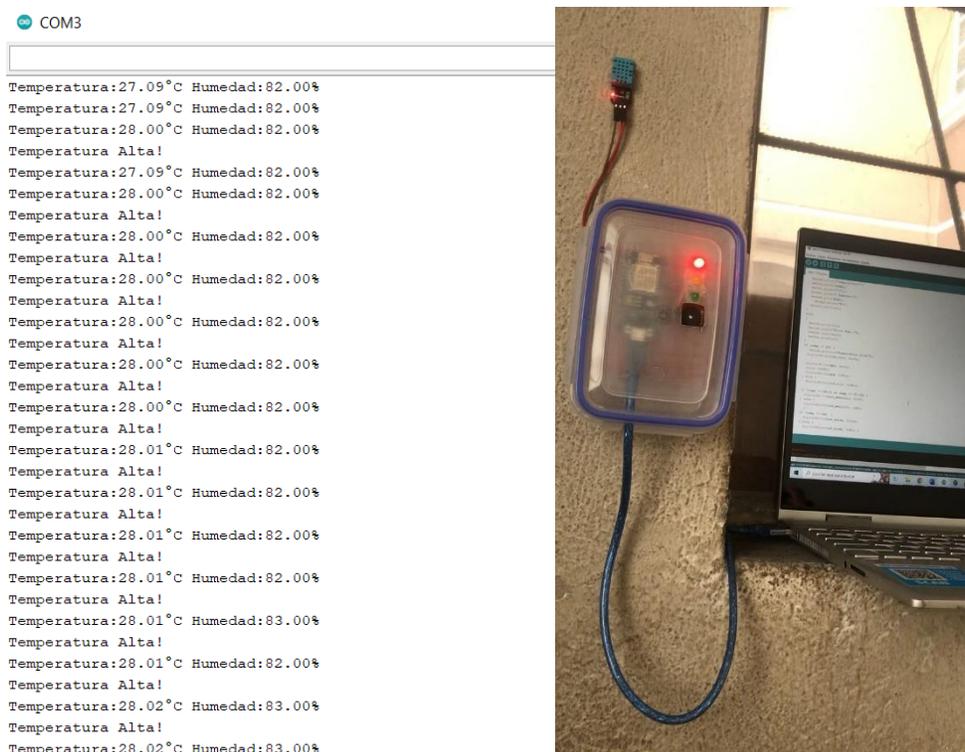


Figura 81. Datos obtenidos en el sector de vaporizado led rojo.
Fuente: Elaborado por el autor

- Sector Sublimado:

En este sector se analiza los valores de ppm que se generan en el proceso de sublimación de las prendas textiles, donde se tiene varios márgenes tolerables de CO_2 en ppm, para lo cual en las siguientes figuras se indica los márgenes de CO_2 que se tienen establecidos para las respectivas pruebas.

En la siguiente *Figura 82* se puede ver los valores de CO_2 que indican que se tiene una concentración baja de CO_2 , así como también el led indicador que está en color verde mostrando que se tiene un ambiente correcto para realizar las actividades laborables.

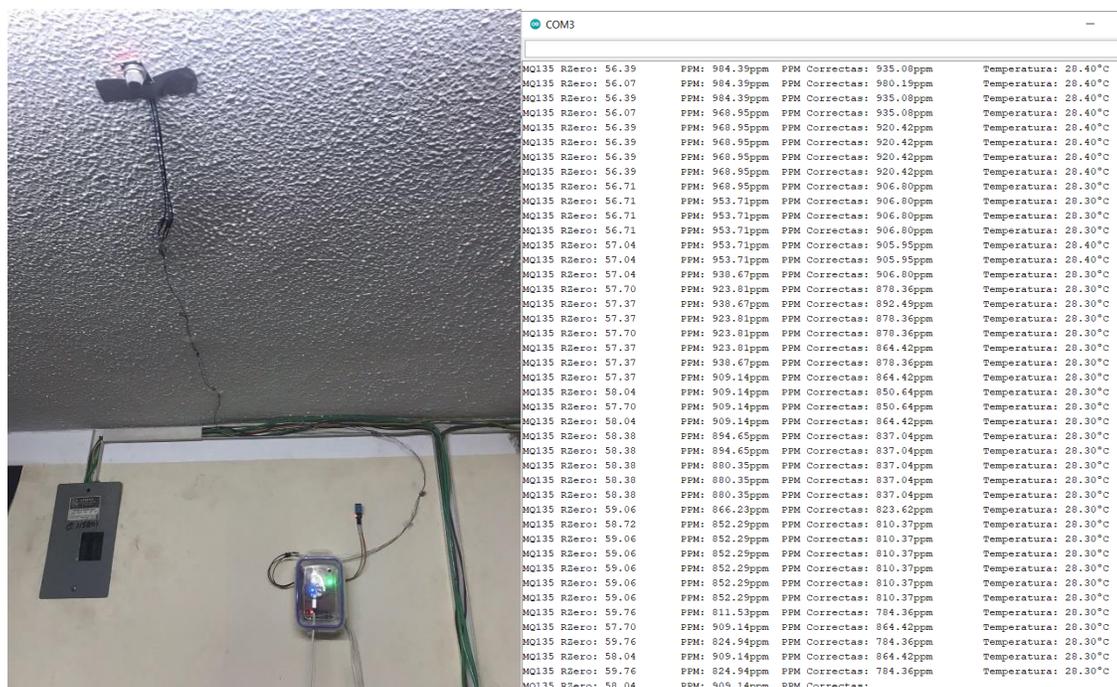


Figura 82. Datos obtenidos en el sector de sublimado led verde.

Fuente: Elaborado por el autor

Cuando ya se ha iniciado con el proceso de sublimado los valores de CO_2 empiezan a incrementarse gradualmente, así como también la temperatura, donde analizando con un cronometro se percató que el CO_2 se eleva conforme se vaya sublimando las prendas y con la rapidez que se lo realice además de los colores y la calidad de la tinta, es por eso que evidenciando los valores incrementan cada 5 minutos por lo que para subir a la base de datos se lo realizara cada 5 minutos para tener un mejor control dentro del sector, en la siguiente *Figura 83* se visualiza que el led indicador cambia a color amarillo mostrando una concentración de CO_2 media.



Figura 83. Datos obtenidos en el sector de sublimado led amarillo.
Fuente: Elaborado por el autor

Dentro de los parámetros establecidos de los niveles de CO_2 en interiores se tiene que cuando sobrepasa las 800 ppm ya se considera un ambiente con una concentración muy alta de CO_2 y se debería apagar la maquinaria por 20 minutos y despejar la zona hasta que los niveles disminuyan, en la siguiente Figura 84 se verifica los niveles altos de CO_2 con su led indicador rojo, estos niveles se llegan tener cuando se usan colores muy oscuros como el caso del negro y se sublimada en cantidades muy grandes lo cual no es muy a menudo tener estos niveles altos de aglomeración de CO_2 .



Figura 85. Alertas sector Vaporizado.
Fuente: Elaborado por el autor

- Sector Sublimado:

Para este sector se tiene las alertas que corresponden a los leds indicadores de la concentración de CO_2 la cual sería baja, media y alta, y también se puede verificar que se tiene un sistema de ventilación que será un extractor de aire el cual será activado mediante un relay cuando el led indicador de color amarillo se active para que pueda extraer el CO_2 generado de proceso de sublimación, en la *Figura 86* se ve los leds indicadores con el relay para activar el extractor y en la *Figura 87* se aprecia el extractor que se utiliza.



Figura 86. Alertas sector Sublimado.
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 87. Sistema de ventilación sector Sublimado.
Fuente: Elaborado por el autor

4.2.2.3. Normas que seguir por alertas del censado

Las normas para implementarse en cuanto a los sistemas de alerta como el de ventilación se pondrá en consideración y en conocimiento a los trabajadores que operan las máquinas de cada sector, de igual forma se tendrá avisos los cuales indicarán los estados de los leds indicadores y los procesos que deberán realizar cuando la temperatura y el CO_2 superen los parámetros adecuados para desempeñar las actividades dentro de la fábrica.

- Sector Vaporizado:

En este sector se coloca un aviso el cual indicara mediante los indicadores leds la temperatura del ambiente baja, media y alta con sus respectivos rangos para interiores, así como también indicando que cuando se active el led de color rojo y la alarma (buzzer) se deberá abrir la ventana y la puerta para que la temperatura disminuya por 10 minutos hasta que el led indicador se vuelva a colocar en color verde, en la *Figura 88* se puede apreciar el aviso que se deberá instalar en el sector donde será visible para la persona que se encarga de operar la vaporizadora.

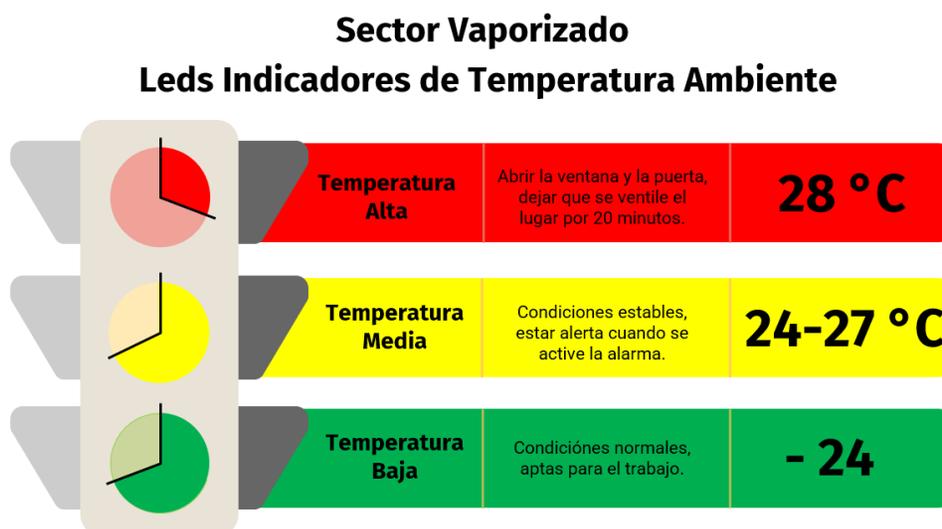


Figura 88. Aviso Diseñado sector Vaporizado.
Fuente: Elaborado por el autor

Después de haber realizado el diseño de la señalética se procede a entregar al encargado de la vaporizadora sin antes haber dado las indicaciones de que se debería realizar cuando la temperatura se supera en los 28 °C, de igual forma la señal será puesta en un lugar donde se pueda apreciar de forma clara dentro del sector de vaporizado.

En la *Figura 89* se ve lo que se le hace la entrega al encargado del sector y en la *Figura 90* el lugar donde fue colocada.

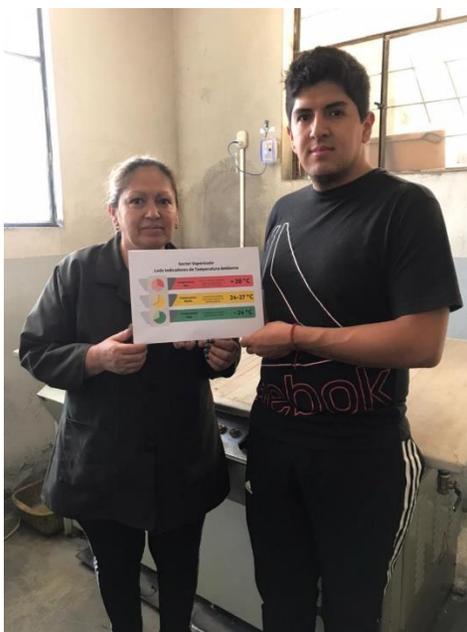


Figura 89. Aviso entregado al encargado de la vaporizadora.
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 90. Aviso colocado en el sector.
Fuente: Elaborado por el autor

- Sector Sublimado:

Del mismo modo para este sector se coloca un aviso que indicara mediante los leds la concentración de CO_2 que se tiene en el lugar de trabajo, que será de baja, media y alta con sus respectivos rangos para interiores, cuando el led indicador amarillo se encienda se encenderá el extractor de forma automática el cual ayudara a que se ventile el sector de la aglomeración de CO_2 , y en el caso de que se llegue a encender en led de color rojo se deberá apagar la maquina sublimadora evacuar el sector y abrir la puerta para que se ventile de mejor manera y esperar 20 minutos hasta que el led indicador de color verde se encienda avisando que se tiene una concentración de CO_2 baja.

En la siguiente *Figura 91* se tiene el aviso que se diseñó para el sector el cual será visible para la persona que se encarga de operar la sublimadora y que siempre este pendiente de los leds que indicaran la concentración de CO_2 .

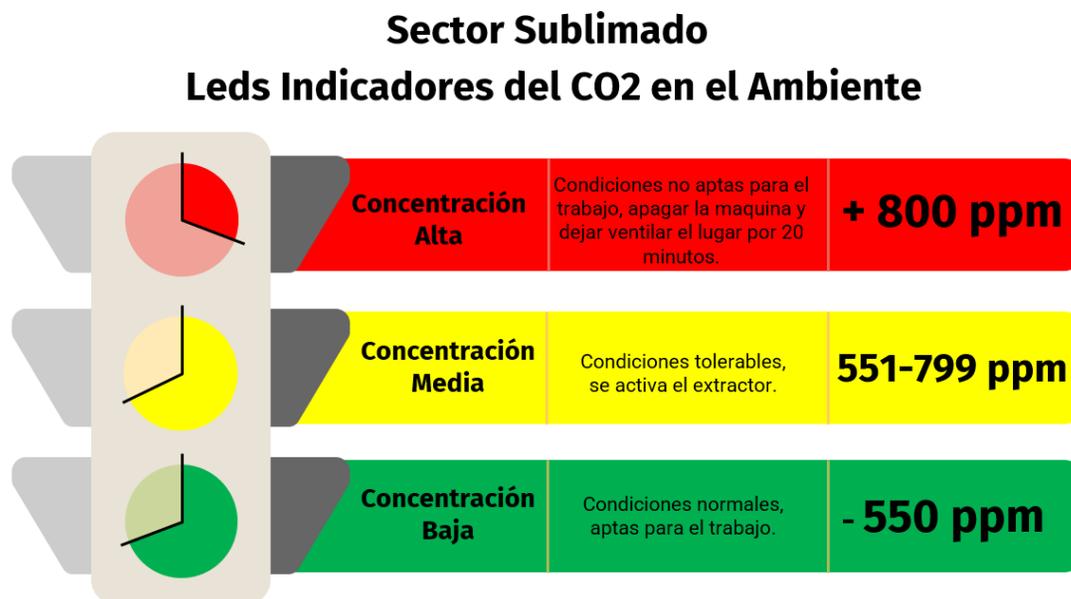


Figura 91. Aviso Diseñado sector Sublimado.
Fuente: Elaborado por el autor

Después de haber realizado el diseño de la señalética se procede a entregar al encargado de la sublimadora sin antes haber dado las indicaciones de que se debería realizar cuando los niveles de CO_2 se superen las 800 ppm, de igual forma la señal será puesta en un lugar donde se pueda apreciar de forma clara dentro del sector.

En la *Figura 92* se ve lo que se le hace la entrega al encargado del sector y en la *Figura 93* el lugar donde fue colocada.



Figura 92. Aviso entregado al encargado de la sublimadora.
Fuente: Elaborado por el autor

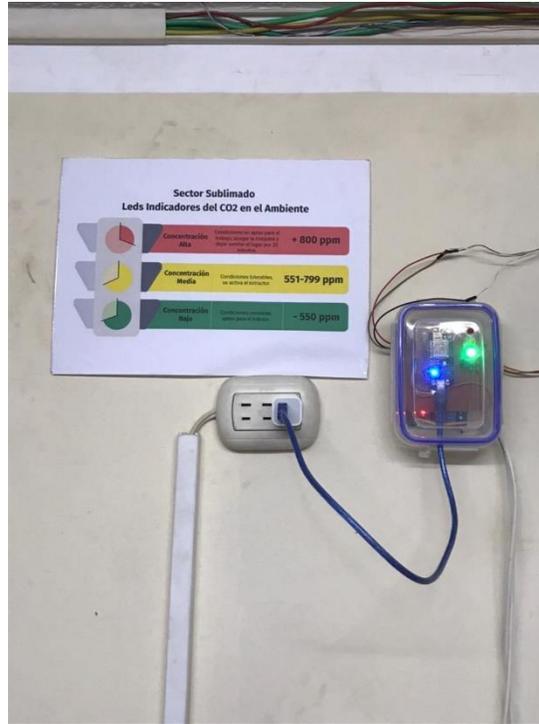


Figura 93. Aviso colocado en el sector.
Fuente: Elaborado por el autor

4.2.3. Prueba 4: Verificación y almacenamiento de información en la base de datos local de la empresa.

Para verificar que los nodos sensores estén enviando los datos a la base de datos local y se almacene la información de forma correcta se lo puede visualizar en dos partes las cuales hacen referencia a los sensores utilizados para cada sector que son el DHT11 y MQ135 los cuales mostrara los datos obtenidos del censado.

Es posible verificar las cifras del censado cuando se ingresa a la base de datos local del sistema de monitoreo mediante la dirección <http://192.168.100.10/phpmyadmin/>; donde se visualiza que la información enviada por parte de los nodos sensores se esté almacenando correctamente como se observa en la *Figura 94*.

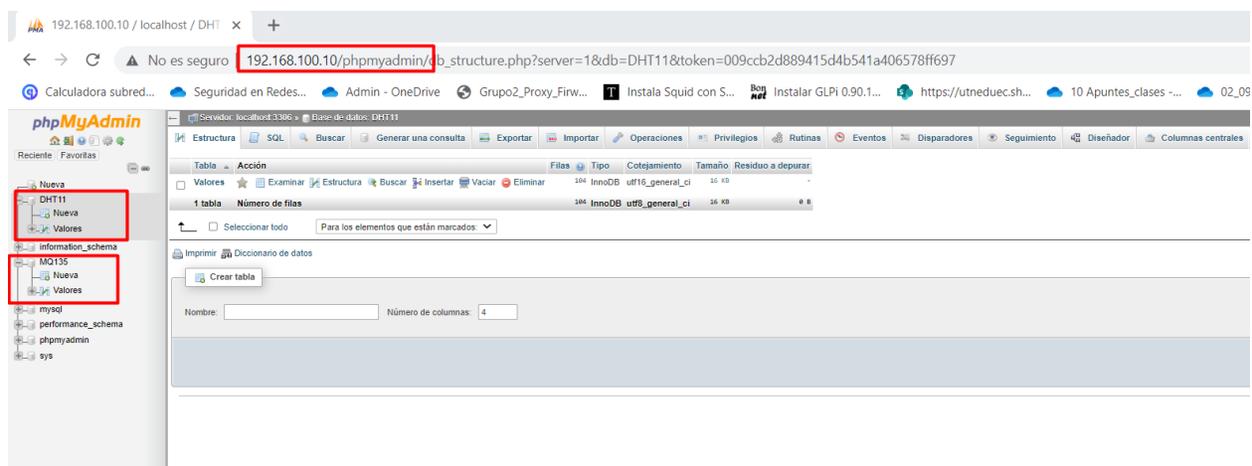


Figura 94. Visualización de información base de datos local.
Fuente: Elaborado por el autor

En el sector de Vaporizado se puede ver los valores en la base de datos local ya que se utiliza el nombre del sensor DHT11 seguido de la tabla de valores la cual muestra lo que es el ID, la fecha y hora que se recibieron los datos, la temperatura y la humedad que será almacenados cada 5 minutos como se muestra en la *Figura 95*.

ID	Tiempo	Temperatura	Humedad
105	2022-08-26 12:07:41	22	46
104	2022-08-10 13:09:24	24.05	43
103	2022-08-10 13:04:24	26.04	42
102	2022-08-10 12:59:23	21.07	51
101	2022-08-10 12:54:23	21.08	52
100	2022-08-10 12:49:22	21.07	51
99	2022-08-10 12:44:21	21.08	51
98	2022-08-10 12:39:21	22.05	50
97	2022-08-10 12:30:07	23.03	48
96	2022-08-10 12:25:06	23.02	48
95	2022-08-09 19:45:30	27	64
94	2022-08-09 19:40:25	27.02	61
93	2022-08-09 19:35:18	27	63
92	2022-08-09 19:30:10	26.09	60
91	2022-08-09 19:25:04	26.06	60
90	2022-08-09 19:19:57	26.09	59

Figura 95. Visualización de información base de datos local sector Vaporizado.
Fuente: Elaborado por el autor

Se tiene también el sector de sublimado donde en la base de datos local con el nombre del sensor MQ135 se puede ver los valores de ID, fecha y hora, temperatura, humedad, ppm y ppm correctas que se generan, de igual manera que en el sector de vaporizado los datos serán enviados y almacenados de forma correcta cada 5 minutos para tener un mejor control de ambiente dentro de este lugar de trabajo, en la siguiente *Figura 96* se puede ver los datos que han sido adquiridos por el nodo sensor.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a local database. The left sidebar shows the database structure with 'MQ135' and 'Valores' highlighted. The main area displays a table with the following data:

ID	Fecha	Temperatura2	Humedad2	PPM	Correctas
74	2022-08-26 17:51:45	29.4	32	113.27	101.53
72	2022-08-26 17:40:43	29.2	33	422.79	387.86
71	2022-08-26 17:35:42	29	33	759.6	698.16
70	2022-08-26 17:30:42	28.8	33	722.39	665.23
69	2022-08-26 17:25:41	28.5	34	376.64	339.22
68	2022-08-26 17:20:40	28.1	35	308.32	282.7
67	2022-08-26 17:15:40	27.8	36	239.14	218.69
66	2022-08-26 17:10:39	27.4	37	369.34	337.18
65	2022-08-26 17:05:39	27.4	37	186.53	170.29
64	2022-08-26 17:00:38	27.3	37	619.26	565.89
63	2022-08-26 16:55:37	27.1	38	641.12	583.76
62	2022-08-26 16:50:37	26.9	38	675.02	615.8
61	2022-08-26 16:45:36	26.7	38	499.98	456.99
60	2022-08-26 16:40:36	26.6	41	641.12	576.92
59	2022-08-26 16:35:35	26.3	37	499.98	469.74
58	2022-08-26 16:30:34	25.9	36	295.87	275.49
57	2022-08-26 16:25:34	25.6	36	663.57	609.08
56	2022-08-26 16:20:33	24.7	41	473.14	433.57

Figura 96. Visualización de información base de datos local sector Sublimado.

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.3.1. Estadísticas generadas para la fábrica

Una vez que se haya verificado que los datos del censado se evidencien en la base de datos local se procede a generar estadísticas para la empresa en base a una semana de pruebas en donde se recolecta los datos obtenidos.

Durante la semana de pruebas en cada uno de los sectores los datos del censado serán enviados a la base de datos local, por lo que en una hora de trabajo se tendrán 12 datos y estas multiplicadas por las 8 horas diarias de trabajo se tiene un total de 96 datos al día de cada uno de los sectores, dando como resultado un total de 480 datos en la semana laboral.

- Sector Vaporizado:

En este sector se tiene la siguiente *Tabla 21* de los valores recolectados solo de temperatura de la semana de pruebas con las horas de trabajo su ID y los días que se realizó el censado.

Tabla 21. *Datos de la semana de pruebas sector vaporizado*

Sector Vaporizado						
Hora	ID	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:00	1	19,02	20,01	19,08	18,02	19,08
8:05	2	19,05	20,04	19,08	18,03	20,01
8:10	3	19,08	20,06	19,08	18,05	20,04
8:15	4	20,01	21,02	20,01	18,05	20,06
8:20	5	20,04	21,04	20,04	18,09	21,02
8:25	6	20,06	21,06	20,06	18,09	21,04
8:30	7	21,02	21,08	21,02	18,09	21,04
8:35	8	21,04	21,08	21,04	19,02	21,06
8:40	9	21,04	22,03	21,06	19,02	21,08
8:45	10	21,06	22,06	21,08	19,05	22,03
8:50	11	21,08	22,09	21,08	19,08	22,06
8:55	12	21,08	23,05	22,03	20,01	22,09
9:00	13	22,03	23,08	22,06	20,04	22,08
9:05	14	22,06	24,02	22,09	20,06	22,08
9:10	15	22,09	24,05	23,05	21,02	22,07
9:15	16	22,08	24,08	23,08	21,04	23,05
9:20	17	22,08	26,03	24,02	21,04	23,08

9:25	18	22,07	26,08	24,05	21,06	24,02
9:30	19	22,05	27,03	24,08	21,08	24,05
9:35	20	22,06	27,05	25,01	22,03	24,08
9:40	21	22,06	27,09	25,03	22,06	24,08
9:45	22	22,08	28,01	25,03	22,09	25,02
9:50	23	22,08	28,03	25,06	22,08	25,05
9:55	24	23,05	28,05	25,06	22,08	25,08
10:00	25	23,08	28,08	25,08	22,07	26,03
10:05	26	24,02	27,05	25,08	22,05	26,08
10:10	27	25,05	27,02	25,08	22,06	27,03
10:15	28	25,08	27,06	26,03	22,06	27,05
10:20	29	26,03	27,03	26,05	22,08	27,09
10:25	30	26,08	26,04	26,08	22,08	28,01
10:30	31	27,03	26,01	26,07	23,05	28,04
10:35	32	27,05	25,08	26,09	23,08	28,05
10:40	33	27,09	25,02	27,01	24,02	28,08
10:45	34	28,01	26,05	27,05	24,02	27,05
10:50	35	28,03	26,03	27,05	24,02	27,05
10:55	36	28,05	26,05	27,06	24,05	27,06
11:00	37	28,08	26,08	27,08	24,05	27,06
11:05	38	27,05	26,07	27,09	24,08	27,06
11:10	39	27,02	26,09	28,01	25,01	27,08
11:15	40	27	27,01	28,03	25,02	27,08
11:20	41	26,05	27,05	28,07	25,02	27,08
11:25	42	26,03	27,05	27,08	25,05	27,09
11:30	43	26,05	27,06	27,06	25,05	28,02
11:35	44	26,08	27,08	26,08	25,07	28,03
11:40	45	26,07	27,09	26,04	25,07	28,05
11:45	46	26,09	28,01	26,03	25,07	28,01
11:50	47	27,01	28,03	26,05	26,01	27,08
11:55	48	27,05	28,07	26,08	26,03	27,08
12:00	49	27,05	27,08	26,07	26,04	27,04
12:05	50	27,06	27,06	26,09	26,04	27,04
12:10	51	27,08	27,02	26,05	26,07	27,02
12:15	52	27,09	26,08	26,01	26,07	26,08
12:20	53	28,01	26,04	26,03	26,07	26,08
12:25	54	28,03	26,03	26,04	26,09	26,07
12:30	55	28,07	26,05	26,04	26,09	26,05
12:35	56	27,08	26,08	26,04	27,02	26,05
12:40	57	27,06	26,07	26,06	27,02	26,03
12:45	58	27,02	26,09	26,07	27,03	26,03

12:50	59	26,08	26,05	26,07	27,03	26,01
12:55	60	26,04	26,01	26,07	27,03	25,08
13:00	61	25,08	24,07	26,05	27,01	25,06
15:05	62	22,03	23,08	22,05	24,05	21,05
15:10	63	22,05	24,05	23,03	24,05	21,06
15:15	64	23,03	24,08	23,06	24,08	21,08
15:20	65	23,06	25,03	23,08	25,01	21,08
15:25	66	23,08	25,07	24,05	25,02	22,03
15:30	67	24,05	25,09	24,08	25,02	22,06
15:35	68	24,08	26,03	25,03	25,05	22,09
15:40	69	25,03	26,04	25,07	25,05	23,05
15:45	70	25,07	26,06	25,09	25,07	23,08
15:50	71	25,09	26,08	26,03	25,07	24,02
15:55	72	26,03	27,01	26,04	26,03	24,05
16:00	73	26,04	27,03	26,01	26,04	24,08
16:05	74	26,06	27,05	25,08	26,06	26,03
16:10	75	26,08	27,06	25,06	26,08	26,06
16:15	76	27,01	27,06	25,05	27,01	26,08
16:20	77	27,03	26,09	25,04	27,03	27,01
16:25	78	27,05	26,09	25,06	27,05	27,03
16:30	79	27,06	27,05	25,06	27,06	27,05
16:35	80	27,06	27,06	25,07	27,09	27,06
16:40	81	27,07	27,09	26,01	28,01	27,07
16:45	82	26,09	28,01	26,02	28,03	27,07
16:50	83	26,09	28,03	26,04	28,05	27,08
16:55	84	27,05	27,06	26,04	28,06	27,08
17:00	85	27,06	27,03	26,04	29	27,09
17:05	86	27,09	26,04	26,04	28,08	28,04
17:10	87	28,01	26,01	26,03	28,04	28,03
17:15	88	28,05	25,08	26,01	27,09	27,06
17:20	89	28	25,06	25,09	27,06	27,04
17:25	90	27,06	25,05	25,09	27,06	27,01
17:30	91	27,03	25,04	25,07	27,04	26,08
17:35	92	26,04	25,02	25,07	27,02	26,04
17:40	93	26,01	25,02	25,05	26,08	26,01
17:45	94	25,08	24,08	25,05	26,08	25,08
17:50	95	25,02	24,06	25,03	26,04	25,06
17:55	96	24,07	24,06	25,03	25,08	25,04

Fuente: Elaborado por el autor

Realizando un análisis de los días del censado se saca un promedio de la temperatura de cada uno de los días teniendo como resultado los siguientes:

- Promedio lunes: 24.949
- Promedio martes: 25.541
- Promedio miércoles: 24.834
- Promedio jueves: 24.175
- Promedio viernes: 25.106

También se tiene gráficas donde se puede ver los incrementos y disminuciones de la temperatura de cada uno de los días. En la siguiente *Figura 97* se puede apreciar los valores del lunes donde se ve que en tres ocasiones la temperatura supera los 28 °C.



Figura 97. Gráfica de valores del lunes.
Fuente: Elaborado por el autor

En la siguiente *Figura 98* se puede ver la gráfica donde en tres ocasiones del día los niveles de temperatura sobrepasan los 28 °C, donde a la primera fue a las 10:00 de la mañana, teniendo otra a las 11:15 y la última en las horas de la tarde a las 16:50, las alzas de temperatura dependen

de la cantidad de materia prima que se tenga para el vaporizado, por lo cual cada día se tendrá diferentes comportamientos de temperatura.

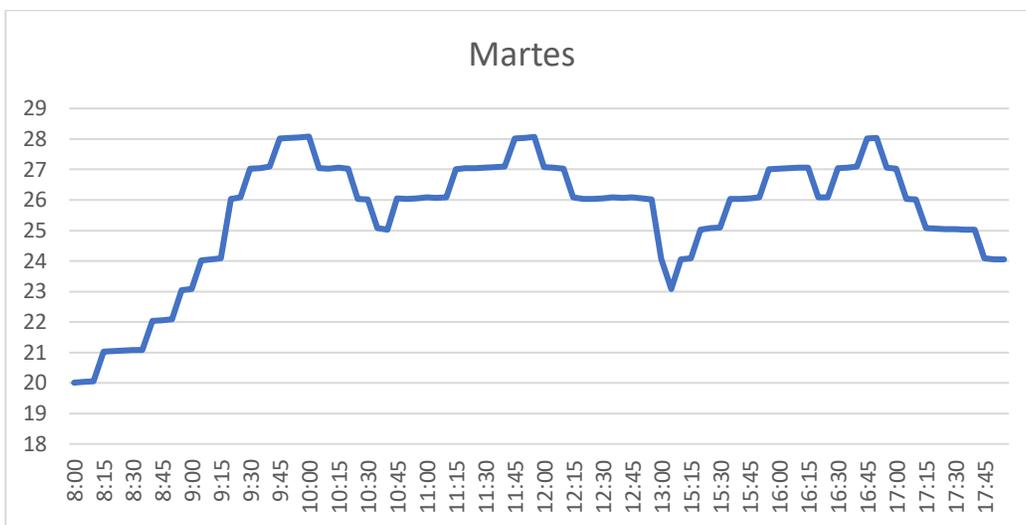


Figura 98. Gráfica de valores del martes.
Fuente: Elaborado por el autor

En la *Figura 99* se puede ver la gráfica del día miércoles donde solo en una hora del día sobrepasa los 28 °C de temperatura que es a las 11:20 de la mañana y el resto del día los niveles son adecuados para el trabajador.

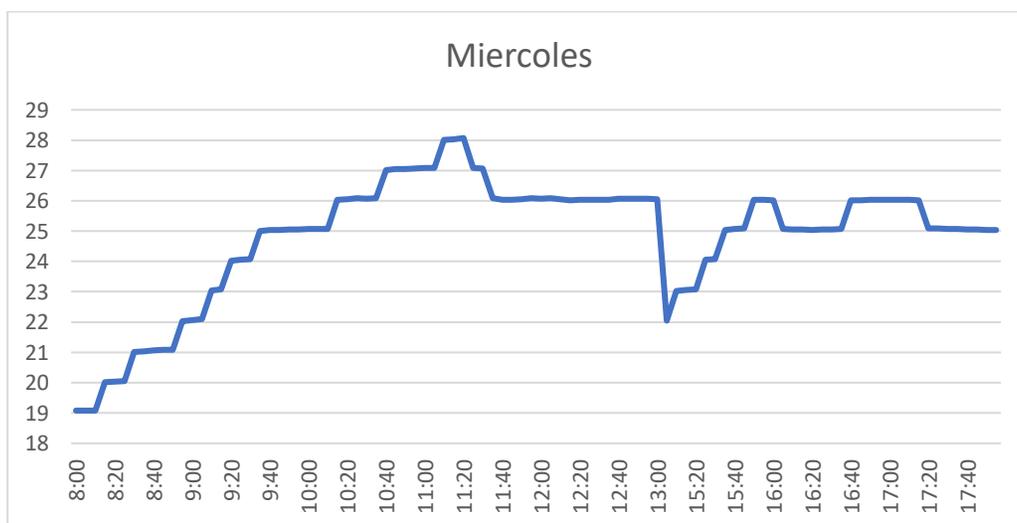


Figura 99. Gráfica de valores del miércoles.
Fuente: Elaborado por el autor

La *Figura 100* representa los valores donde solo en las horas de la tarde se tiene una subida de temperatura que ha llegado hasta los 29 °C a las 17:00, por lo que en el resto del día se tiene valores estables y aptos.



Figura 100. Gráfica de valores del jueves.
Fuente: Elaborado por el autor

Y por último en la siguiente *Figura 101* se tiene la gráfica del viernes donde se puede ver que de igual forma se tiene tres subidas de temperatura sobrepasando los 28 °C en terminadas horas del día las cuales fueron en la mañana desde las 10:25 hasta las 10:40 y la otra desde la 11:30 hasta 11:45 y en las horas de la tarde se tiene a las 17:05 hasta 17:10, y del resto del día se tiene una temperatura estable.

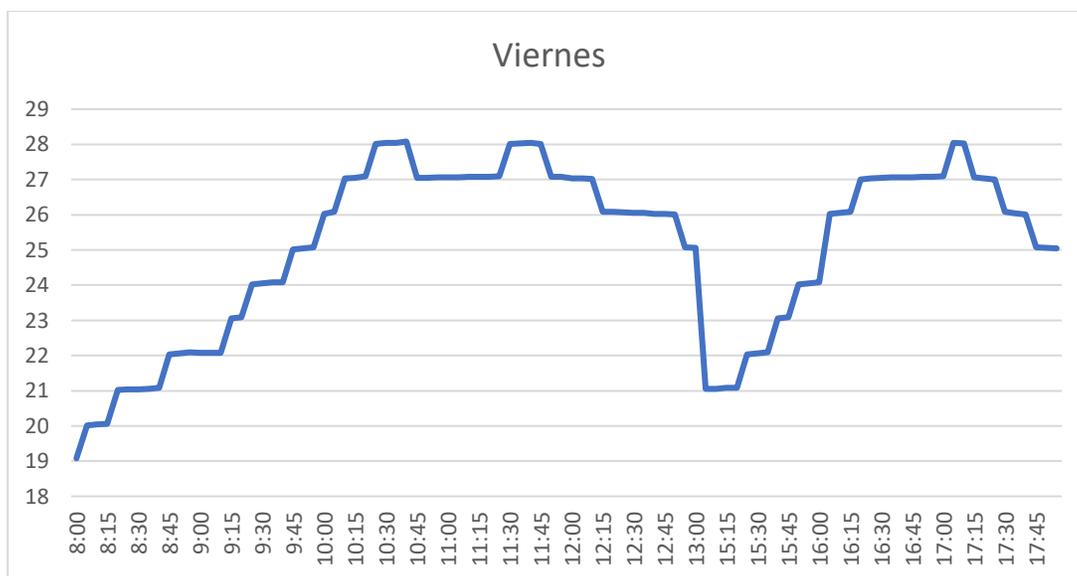


Figura 101. Gráfica de valores del viernes.
Fuente: Elaborado por el autor

También dentro de la base de datos local se puede ver una gráfica que muestra de los datos que han sido recolectados, para este caso se puede ver los datos de temperatura y humedad como se ve en la siguiente *Figura 102*, el análisis que se realizó solo se lo hizo acerca de la temperatura que se está manejando dentro del sector de vaporizado.

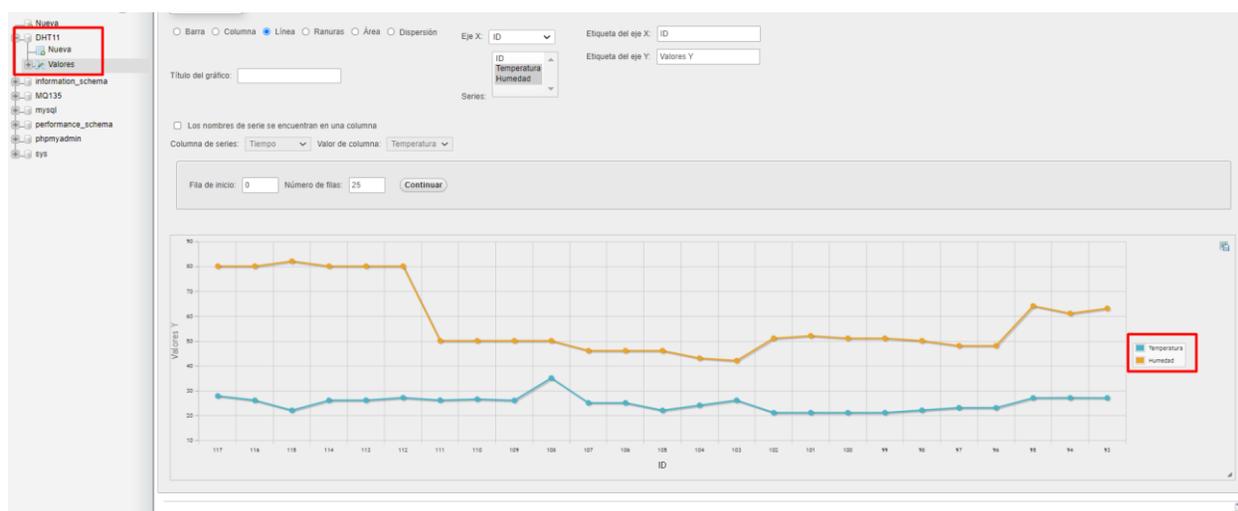


Figura 102. Gráfica de valores de la base de datos local Vaporizado.
Fuente: Elaborado por el autor

- Sector Sublimado:

Para este sector de igual forma se lo realizo un análisis de una semana de pruebas tiene un total de 480 datos que fueron recolectados de la base de datos local, en la siguiente *Tabla 22* se puede ver los valores solo de CO_2 ya que en este sector se hace énfasis en obtener datos de este gas producido de la sublimación textil.

Tabla 22. Datos de la semana de pruebas sector sublimado

Sector Sublimado						
Hora	ID	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:00	1	288,92	273,07	296,5	288,84	305,33
8:05	2	312,76	284,39	296,28	287,22	305,33
8:10	3	313,61	296,06	295,77	287,5	293,46
8:15	4	323,65	302,03	290,46	299,24	305,33
8:20	5	336,16	314,24	288,84	282,8	280,36
8:25	6	325,48	320,48	287,22	288,56	303,6
8:30	7	323,65	314,24	287,5	292,75	301,58
8:35	8	339,96	302,03	299,24	286,38	301,58
8:40	9	339,96	314,24	282,8	290,33	289,86
8:45	10	351,94	299,75	288,56	294,27	303,3
8:50	11	366,7	301,44	292,75	300,5	303,3
8:55	12	393,95	332,6	290,33	312,04	304,73
9:00	13	447,64	339,3	300,5	317,38	304,73
9:05	14	461,49	351,94	312,04	323,65	304,73
9:10	15	486,89	352,28	317,38	336,16	304,73
9:15	16	491,96	365,01	323,65	339,96	304,43
9:20	17	539,08	393,95	336,16	352,28	306,16
9:25	18	552,46	406,96	325,48	366,7	311,93
9:30	19	555,86	422,79	323,34	393,95	313,07
9:35	20	560,25	461,49	324,85	445,13	318,36
9:40	21	568,48	484,27	326,99	447,64	348,07
9:45	22	574,95	491,96	339,3	461,49	362,14
9:50	23	578,36	556,68	352,28	465,94	369,34
9:55	24	580,58	568,7	366,35	486,89	376,64
10:00	25	586,57	586,77	366,7	491,96	393,95
10:05	26	594,76	615,25	393,95	515,26	447,64
10:10	27	600,36	635,87	447,64	525,66	461,49
10:15	28	610,59	659,67	461,49	536,48	486,89

10:20	29	614,85	685,89	445,13	539,08	491,96
10:25	30	625,54	696,84	486,89	546,68	539,08
10:30	31	632,25	715,66	465,94	558,7	552,46
10:35	32	625,01	725,82	491,96	566,77	555,86
10:40	33	668,86	755,52	450,37	625,25	560,25
10:45	34	637,45	768,23	434,34	635,87	568,48
10:50	35	648,22	780,9	467,3	689,67	574,95
10:55	36	572,57	796,85	484,27	695,89	578,36
11:00	37	562,56	802,86	459,25	696,84	625,01
11:05	38	556,59	810,64	468,22	705,66	668,86
11:10	39	558,75	815,56	470,86	715,82	637,45
11:15	40	535,15	830,64	523,57	756,52	648,22
11:20	41	539,26	795,88	625,01	768,23	572,57
11:25	42	540,23	760,89	668,86	770,9	510,34
11:30	43	548,69	720,78	637,45	786,85	539,08
11:35	44	555,7	659,56	648,22	803,86	552,46
11:40	45	558,69	630,5	572,57	818,64	555,86
11:45	46	566,25	615,26	510,34	835,56	560,25
11:50	47	570,66	585,53	539,08	850,64	568,48
11:55	48	590,68	560,48	552,46	795,88	574,95
12:00	49	610,7	551,66	555,86	760,89	578,36
12:05	50	625,86	545,59	560,25	730,78	580,58
12:10	51	632,95	534,6	568,48	669,56	570,63
12:15	52	640,5	526,54	574,95	640,5	565,48
12:20	53	620,26	510,49	578,36	620,26	551,66
12:25	54	565,53	495,23	580,58	565,53	545,59
12:30	55	535,48	486,36	586,57	535,48	534,6
12:35	56	539,08	474,89	594,76	525,26	526,54
12:40	57	491,96	460,87	534,6	510,56	510,49
12:45	58	486,89	430,86	526,54	480,46	495,58
12:50	59	447,64	418,63	510,49	460,59	486,45
12:55	60	437,64	415,85	495,23	438,47	468,12
13:00	61	427,64	400,69	486,36	415,86	450,78
15:05	62	325,16	290,46	305,33	348,07	339,3
15:10	63	326,99	288,84	305,33	362,14	351,94
15:15	64	339,3	287,22	293,46	369,34	352,28
15:20	65	366,35	287,5	305,33	376,64	365,01
15:25	66	445,13	299,24	280,36	393,95	393,95
15:30	67	447,64	282,8	303,6	447,64	406,96
15:35	68	461,49	288,56	301,58	461,49	422,79
15:40	69	486,89	303,3	301,58	486,89	461,49

15:45	70	491,96	304,73	289,86	491,96	484,27
15:50	71	539,08	310,73	303,39	539,08	491,96
15:55	72	560,53	311,3	303,36	552,46	556,68
16:00	73	568,53	312,73	304,73	560,59	568,7
16:05	74	575,59	308,43	305,73	585,46	586,77
16:10	75	597,66	306,16	304,73	630,23	615,25
16:15	76	615,5	311,93	308,73	668,36	635,87
16:20	77	626,14	313,07	309,43	696,84	659,67
16:25	78	635,89	318,36	310,16	715,66	685,89
16:30	79	642,68	348,07	311,93	725,82	696,84
16:35	80	650,78	362,14	313,07	755,52	715,66
16:40	81	662,24	393,95	318,36	768,23	725,82
16:45	82	630,25	447,64	348,07	780,9	659,56
16:50	83	615,88	461,49	362,14	796,85	630,5
16:55	84	570,63	486,89	369,34	802,86	615,26
17:00	85	565,48	491,96	447,64	810,64	585,53
17:05	86	551,66	539,08	461,49	815,56	560,48
17:10	87	545,59	552,46	486,89	830,64	551,66
17:15	88	534,6	555,86	491,96	795,88	545,59
17:20	89	526,54	560,25	539,08	760,89	534,6
17:25	90	510,49	605,56	552,46	720,78	526,54
17:30	91	495,23	650,59	555,86	659,56	510,49
17:35	92	486,36	625,99	560,25	630,5	495,23
17:40	93	474,89	605,25	568,48	580,89	486,36
17:45	94	460,87	580,74	574,95	540,89	474,89
17:50	95	430,86	550,12	550,16	510,15	446,85
17:55	96	418,63	513,96	510,49	450,59	420,92

Fuente: Elaborado por el autor

Realizando un análisis de los días del censado se saca un promedio de las ppm de CO_2 de cada uno de los días teniendo como resultado los siguientes:

- Promedio lunes: 518.339 ppm
- Promedio martes: 485.118 ppm
- Promedio miércoles: 418.008 ppm
- Promedio jueves: 554.775 ppm
- Promedio viernes: 480.973 ppm

Para cada uno de los días que se ha realizado el censado se tiene una gráfica correspondiente a los valores de CO_2 del sector de sublimación, se puede apreciar que en cada uno de los días se tiene diferentes niveles los cuales se incrementan dependiendo de que cantidad de sublimaciones se realizan y de los colores que se encuentran en la tinta, haciendo un énfasis que cuando se sublima colores muy oscuros se tiene mayores niveles de CO_2 dentro del sector.

Cuando se incrementan los valores y sobrepasen de las 550 ppm se activara el sistema de ventilación ayudando a ventilar el medio ambiente del sector, y en determinados casos se sobrepasara las 800 ppm debido a lo mencionado anteriormente.

En la siguiente *Figura 103* se puede ver la gráfica del lunes donde se tiene que un determinado tiempo llega a los 668.86 ppm que es un nivel concentración media de CO_2 por que solo se activa el extractor para equilibrar el medio ambiente del sector.



Figura 103. Gráfica de valores del lunes.

Fuente: Elaborado por el autor

Para la siguiente *Figura 104* correspondiente al martes se puede ver que se tiene una considerable subida de CO_2 llegando a los valores de 830.64 ppm lo que se considera como

concentración alta, donde el trabajador tendrá que apagar la maquina y dejar que el sector se ventile por 20 minutos para tener un nivel de concentración bajo.

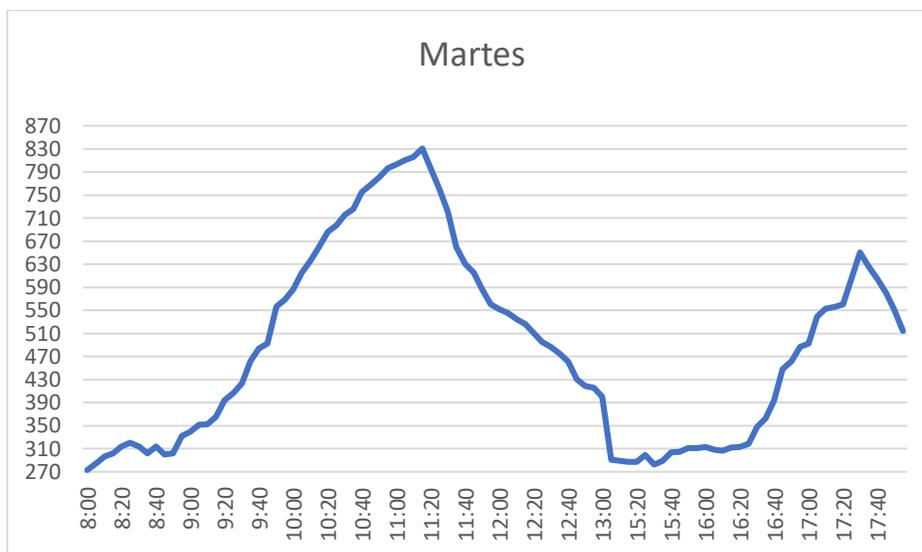


Figura 104. Gráfica de valores del martes.
Fuente: Elaborado por el autor

Se tiene en la *Figura 105* los valores recolectados al miércoles donde se tiene un máximo de 670.25 ppm de CO_2 considerando que es una concentración media y que con la ayuda del extractor se regula los niveles logrando un buen ambiente de trabajo.



Figura 105. Gráfica de valores del miércoles.
Fuente: Elaborado por el autor

Para el jueves en la *Figura 106* se ve que los valores de CO_2 en ppm han superado los 800, dando como resultado que en la mañana se tiene 850.64 ppm y en las horas de la tarde 820.13 ppm, lo que representa que en dos ocasiones se ha tenido que apagar la maquina y dejar que el sector se ventile.



Figura 106. Gráfica de valores del jueves.

Fuente: Elaborado por el autor

Y por lo que se tiene para el viernes en la *Figura 107* se tiene los niveles de CO_2 estuvieron en una concentración entre baja y media lo que no representa que se tenga que apagar la maquinaria debido a que el sistema de ventilación se activa y logra ventilar el lugar de trabajo.

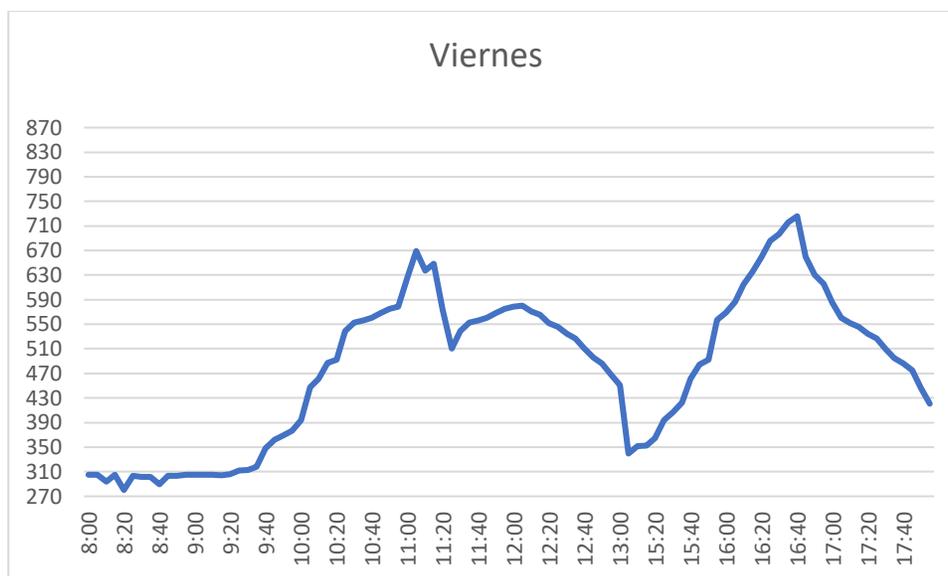


Figura 107. Gráfica de valores del viernes.
Fuente: Elaborado por el autor

Por otra lado también se tiene una gráfica de la base de datos local donde podemos apreciar otros valores que se muestran en la *Figura 108*, que hacen referencia a demás parámetros que son involucrados en el censo para tener valores más reales de CO_2 en ppm.

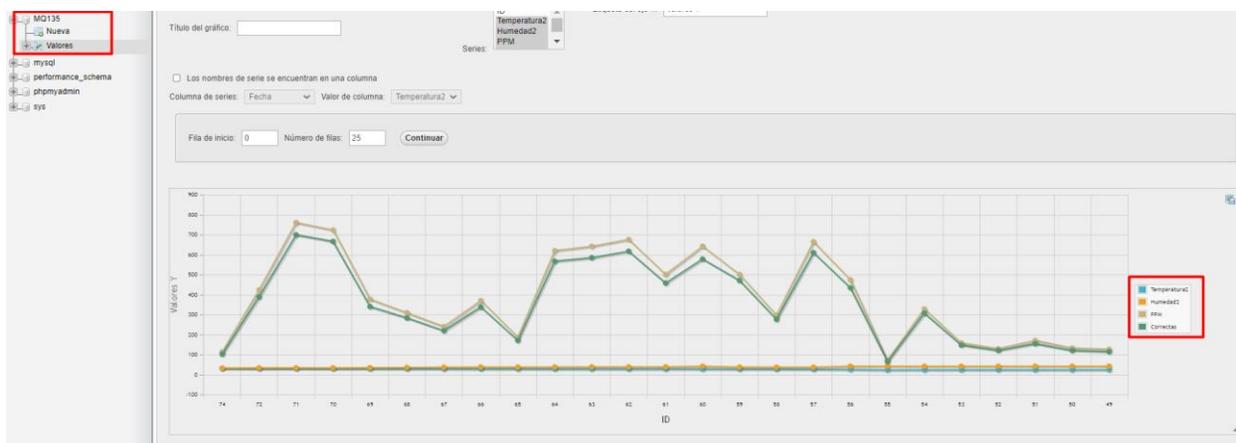


Figura 108. Gráfica de valores de la base de datos local Sublimado.
Fuente: Elaborado por el autor

4.3. Costo del Sistema

En este apartado se detalla el costo que hace referencia al valor económico de cada uno de los componentes que conforma el sistema de monitoreo para la fábrica textil, tanto como de hardware, software, infraestructura e implementación para ello se detallara todos los factores que se requiere para el sistema.

4.3.1. Costo de Hardware

En la *Tabla 23* se detalla el costo de cada uno de los componentes de hardware que conforman el sistema de monitoreo; como son los dos nodos sensores y el Gateway de la fábrica que se utiliza.

Tabla 23. *Costos de hardware de los componentes*

Componente	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Modulo ESP8266	2	12	24
DHT11	2	4.50	9
MQ135	1	5.50	5.50
Leds	6	0.10	0.60
Relay	1	2.25	2.25
Elementos Electrónicos	12	0.08	0.96
Resistencia 220 ohms	6	0.10	0.60
Alarma (buzzer)	1	1.50	1.50
Extractor	1	15	15
Total			59.41

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.2. Costo de Infraestructura

Se detalla a continuación los precios de los componentes que son necesarios para la instalación del sistema de monitoreo, en el *Tabla 24* se puede apreciar a detalle los costos de cada uno de los elementos.

Tabla 24. *Costos de infraestructura de los componentes*

Componente	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Case de plástico	2	2	4
Baquelita	1	3.50	3.50
Toma corriente	2	1.50	3
Total			10.50

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.3. Costo de Software

En la *Tabla 25* se detalla el precio del software que fue requerido para la programación de este sistema de monitoreo, para ello el costo es de 0.00 USD ya que el software utilizado es de código abierto por lo que no genera ningún costo.

Tabla 25. *Costos del software utilizado*

Componente	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
IDE Arduino	1	0.00	0.00
MySQL	1	0.00	0.00
phpMyAdmin	1	0.00	0.00
Fritzing	1	0.00	0.00
Total			0.00

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.4. Costo de Implementación Total del Sistema

En la siguiente *Tabla 26* se detallan los costos generados totales para poder implementar el sistema de monitoreo en su totalidad.

Tabla 26. *Costos de la implementación total*

Descripción	Precio Total
Costo de Hardware	59.41
Costo de Infraestructura	10.50
Costo de Software	0.00
Total	69.91

Fuente: Elaborado por el autor

4.4. Beneficio del Sistema

A continuación, se especifica los beneficios que resultan de la implementación del sistema de monitoreo para fábrica textil ParaHeliz.

- En cuanto a los términos económicos, son considerados como un beneficio de un ingreso económico directo el cual es generado por el proyecto, para el presente caso se puede interpretar en términos de una relación de factor económico, social y sobre todo ambiental, ya que se pretende activar alertas y mecanismos de ventilación para tener un ambiente controlado dentro de la fábrica textil y por otro lado cuidar la integridad de los trabajadores.
- El sistema de monitoreo se lo realizó con elementos aptos para la observación del ambiente dentro de la fábrica textil los cuales fueron de un bajo costo haciendo que el sistema fuera eficiente.

- Con las advertencias establecidas en cada uno de los sectores de monitoreo se prevé que el encargado de manipular la maquinaria siempre este alerta con los cambios de ambiente según sea el sector.
- Al ser un proyecto de monitoreo del ambiente dentro de una fábrica textil mediante una WSN, influyen principalmente el desarrollo de los sectores que se requiere monitorear, sin la necesidad de intervenir en la infraestructura de la fábrica.
- El sistema de monitoreo cuenta con una base de datos local con la cual el desarrollador del proyecto puede adquirir estadísticas semanales de cómo se encuentra el ambiente de la fábrica dentro de las horas laborables.
- La implementación de este tipo de sistema de monitoreo ayudara a que se tenga en cuenta que otras empresas sepan que hay una forma de monitorear el ambiente y que los trabajadores realicen sus actividades de una mejor manera.

4.5. Conclusiones

- Mediante una revisión bibliográfica se logró establecer las condiciones que se debe tomar en cuenta para el monitoreo del ambiente dentro de lugares cerrados, para este caso el de temperatura y de CO_2 , obteniendo los parámetros adecuados para el desarrollo del proyecto.
- Para el diseño del sistema de monitoreo se utilizó herramientas de hardware y software libre, haciéndolo viable para ser implementado en diferentes lugares logrando beneficiar al dueño de la fábrica textil en el ámbito económico, y lo más importante es que se realiza un dispositivo de monitoreo de bajo costo.

- En el despliegue de este proyecto se utilizó la tecnología Wifi ya que es una de más utilizadas en el mercado y es de bajo costo logrando reducir a un más el precio del presente trabajo y sobre todo que el lugar donde se realiza la implementación del sistema de monitoreo no está amplio por lo que se desarrolla de forma exitosa.
- Los módulos de comunicación ESP8266 que se utilizó en el presente trabajo son capaces de adquirir y procesar datos de forma rápida y eficiente, logran conectarse a una red Wifi mediante el protocolo 802.11 b/g/n a una frecuencia de 2.4 GHz, posee comunicación I2C con la que se puede integrar varios sensores sin utilizar demasiados pines lo que lo hace ideal para el desarrollo de este proyecto.
- El nodo sensor de cada sector fue establecido dentro de la fábrica de forma que el trabajador siempre este pendiente de las alertas que se van generando durante la jornada de trabajo.
- Mediante los avisos de señalética que fueron colocados en cada uno de los sectores de monitoreo los trabajadores puede estar pendientes si la temperatura o el CO_2 incrementan y estar preparados para seguir el procedimiento que se les explico al momento de que las alarmas se activen o los leds indicadores muestren el led rojo encendido.
- A través de las pruebas realizadas del sistema de monitore se puede percatar que el presente proyecto planteado funciona de la mejor manera logrando obtener datos en tiempo real y que serán visualizados en la base de datos local y así mismo poder generar estadísticas del ambiente de cada uno de los sectores que se está analizando.

- En el presente proyecto se logró cumplir con todos los objetivos establecidos por lo que se cuenta con un sistema de monitoreo para el control de la temperatura y el CO_2 mediante una red WSN, utilizando la tecnología de Wifi.
- Haciendo referencia acerca de las estadística hay que mencionar que depende de la cantidad de materia prima para tener elevados índices de temperatura, así como de CO_2 y que estos valores que se tiene del censado pueden tener variaciones en cada uno de los sectores.

4.6. Recomendaciones

- En cuanto a los sensores utilizados para el monitoreo se debe tener las librerías necesarias para el correcto funcionamiento, para la calibración del sensor de CO_2 se debe tener en cuenta las especificaciones del Datasheet para tener en cuenta los valores medición adecuados para obtener datos más reales.
- Al momento de manipulas los sensores, así como el módulo de comunicación inalámbrica se recomienda realizar un investigación de los datos técnicos para conocer su correcto funcionamiento y manejo de cada uno.
- Para tener un mejor control de la temperatura y del CO_2 se puede incrementar el número de sensores, con ello se logrará un mejor monitoreo dentro del sector seleccionado obteniendo una mayor cantidad de datos.
- Para la comunicación inalámbrica con el Gateway de la empresa se recomienda asignar direcciones IP estáticas a cada uno de los módulos para evitar que a otro dispositivo con capacidad de conexión intervenga en el envío de datos hacia la base de datos local.

- Se recomienda que todos los trabajadores de la fábrica estén informados del sistema de monitoreo y que estén atentos a las alertas que se generan en cada uno de los nodos sensores y tener en cuenta la señalética que está puesta en cada uno de los sectores.

Referencias

- ABC Electronica. (2016). Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22. *Abc Proyectos Electrónicos*, 1–11. <http://www.abcelectronica.net/proyectos/con-microcontrolador/dht1122/>
- Ai-Thinker. (2015). Datasheet: ESP-12E WiFi Module. *Product Datasheet*, 1–18. <http://www.kloppenborg.net/images/blog/esp8266/esp8266-esp12e-specs.pdf>
- Alcocer, C. (2016, September 14). *¿Cuál es la diferencia entre los estándares IEEE 802.11ah y 802.11af? | INGENIERÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES.* <https://blog.telecom.pucp.edu.pe/index.php/2016/09/14/cual-es-la-diferencia-entre-los-estandares-ieee-802-11ah-y-802-11af/>
- Andrade Andrea, Y., & Fausto. (2010). *ENFERMEDADES PROFESIONALES Y SU RELACIÓN CON LA OCUPACIÓN LABORAL DE LOS TRABAJADORES DE LA FÁBRICA TEXTIL.* <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1216/2/ARTICULO.pdf>
- BBVA. (2021). *¿Qué es el dióxido de carbono (CO2) y cómo impacta en el planeta? Huella de Carbono.* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-dioxido-de-carbono-co2-y-como-impacta-en-el-planeta/>
- CISCO. (2018). *¿Qué es la tecnología wifi? Definición y tipos - Cisco.* https://www.cisco.com/c/es_mx/products/wireless/what-is-wifi.html
- Díaz, M. A. (2014, April 11). *Arduino a muete: Sensores de temperatura y humedad DHTxx.* <https://arduinoamuede.blogspot.com/2014/04/sensores-de-temperatura-y-humedad-dhtxx.html>
- Dominguez, A. (2020). *“Diseño de una red de sensores inalámbricos LPWAN para el monitoreo de cultivos y materia organica en la granja experimental La Prader de la Universidad*

- Tecnica del Norte*. 184. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10297>
- Empresa. (2020, April 2). *4 metodologías para la gestión de proyectos que debes conocer*. 02 de Abril. <https://www.unir.net/empresa/revista/metodologias-gestion-proyectos/>
- Fernandez Barcell, Manuel, U. de C. (2008). Introducción a las redes de sensores inalámbricas. *Wireless Sensor Network*, 1–20. <http://www.tinyos.net/>
- HEAVY.AI. (2022). *What is Environmental Monitoring? Definition and FAQs | HEAVY.AI*. <https://www.heavy.ai/technical-glossary/environmental-monitoring>
- Hernández, M., Encalada, M., & Molina, S. (2010). Plan Nacional de Calidad del Aire. *Ministerio Del Medio Ambiente, I(Reintegración Comunitaria)*, 5–90.
- Hernández, P. (2019). ¿Para qué sirve el monitoreo ambiental? In *ALSGlobal*. <https://www.alsglobal.com/%2Fes-co%2Fnews%2Farticulos%2F2019%2F08%2Fpara-que-sirve-el-monitoreo-ambiental>
- IESS. (2019). Decreto Ejecutivo 2393 -Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Del Medio Ambiente De Trabajo. *Iess*, 1–92. <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>
- Jaga. (2018, June 28). *La influencia de la temperatura en la productividad*. <https://jaga.info/blog/influencia-temperatura-productividad/>
- Jiménez, J. (2021, June 6). *Qué tipos de cifrados Wi-Fi son inseguros y hay que evitar*. <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/tipos-cifrados-wifi-inseguros/>
- Jones, Q. (2022, February 11). *What Is Environmental Monitoring? | Digi International*. <https://www.digi.com/blog/post/what-is-environmental-monitoring>

- Juan Pérez, Elizabeth Urdaneta, Á. C. (2014). METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 18(70), 12–22. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000100002
- López Jurado, C. (2021, February 2). *¿Qué es un puente de red y para qué sirve?*
<https://es.ccm.net/contents/294-equipos-de-red-pasarelas>
- Márquez, A. (2020, November 3). *Qué es el monitoreo ambiental*.
<https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-monitoreo-ambiental-3113.html>
- Ministerio de salud publica y bienestar social. (2014, January 21). *¡CUIDADO! Choques térmicos pueden comprometer al organismo - Ministerio de Salud Publica y Bienestar Social*. Republica Del Paraguay. <https://www.mspbs.gov.py/portal/579/cuidado-choques-termicos-pueden-comprometer-al-organismo.html>
- Olimex. (2012). Technical Data Mq135 Gas Sensor. *Hanwei Electronics Co.,Ltd*, 1, 2.
<http://www.hwsensor.com>
- Organización mundial de la Salud. (2017, November 30). *Protección de la salud de los trabajadores*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers'-health>
- Ortiz, L., Gómez, R., & Flores, F. (2010). *Diseño y construcción de un prototipo inalámbrico RF para el monitoreo de la seguridad residencial de forma remota empleando Internet*.
- Quiroa, W. (2017). *LA DETERMINACION DE CO2 EN AMBIENTES CERRADOS COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DE AIRE | Ecosistemas*. <https://ecosistemas.com.gt/la-determinacion-de-co2-en-ambientes-cerrados-como-indicador-de-la-calidad-de-aire/>
- Ramírez, I. (2020, July 3). *¿En qué se diferencia la seguridad WiFi WPA3 de WPA2?*
<https://www.xataka.com/basics/que-se-diferencia-seguridad-wifi-wpa3-wpa2>

- Romo, N. (2012, June 4). *Cuadro Comparativo de Estándares* | PDF | Ieee 802.11 | *Inalámbrico*. <https://es.scribd.com/document/95795674/Cuadro-comparativo-de-Estandares>
- S&P. (2017). *¿Es el Dióxido de carbono tóxico para la salud humana?* El Blog de La Ventilación Eficiente. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/dioxido-de-carbono/>
- S&P. (2018). Sensor de CO2 y calidad del aire interior: confort y salud en el hogar. *Solar Palau*. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensor-co2/>
- SENSORGO MKT. (2021, November 4). *Medidor de Dióxido de Carbono Para Espacios Cerrados - SensorGO*. https://sensorgo.mx/medidor-de-dioxido-de-carbono/#Los_niveles_de_CO2_recomendados_para_ambientes_cerrados
- Siber ventilación inteligente. (2016). *Niveles recomendados de CO2, temperatura y humedad en el hogar*. <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/niveles-recomendados-co2-temperatura/>
- Stankovic, J. A. (2007). Wireless sensor networks. *Handbook of Real-Time and Embedded Systems*, 20-1-20–11. https://doi.org/10.1007/978-0-387-49313-8_1
- UNIR. (2022, January 4). *Topología de red: qué es y cuáles son los tipos más habituales* | UNIR Ecuador. UNIR. <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/topologia-red/>
- Unit Electronics. (2016). *Detector de Calidad de Aire Módulo MQ-135*. <https://uelectronics.com/producto/mq-135-modulo-detector-de-calidad-de-aire/>
- Valero, C. (2020). *Qué es el WiFi, cómo funciona y qué tipos de cifrado existen*. 21 de Septiembre de 2020. <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>
- Valero, C. (2022, June 14). *Qué es el WiFi, cómo funciona y qué tipos de cifrado existen*. <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>

ANEXOS

Anexo 1: Datasheet modulo ESP 8266 ESP-12E



2. Pin Descriptions

There are altogether 22 pin counts, the definitions of which are described in Table 2 below.

Table 2 ESP-12E Pin design

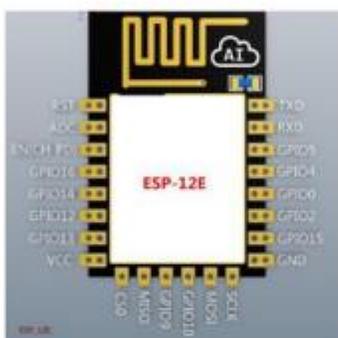


Table 3 Pin Descriptions

NO.	Pin Name	Function
1	RST	Reset the module
2	ADC	A/D Conversion result. Input voltage range 0-1v, scope: 0-1024
3	EN	Chip enable pin. Active high
4	IO16	GPIO16; can be used to wake up the chipset from deep sleep mode.
5	IO14	GPIO14; HSPI_CLK
6	IO12	GPIO12; HSPI_MISO
7	IO13	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	3.3V power supply (VDD)
9	CS0	Chip selection
10	MISO	Salve output Main input



Table 5 Receiver Sensitivity

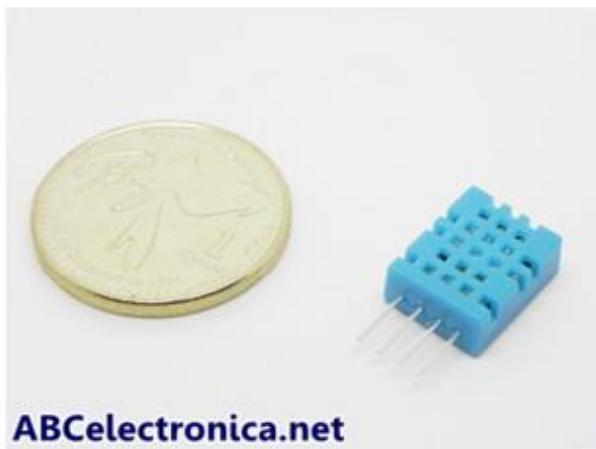
Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		Ω
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-91		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65Mbps, 72.2Mbps)		-72		dBm
Adjacent Channel Rejection				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

3. Packaging and Dimension

The external size of the module is 16mm*24mm*3mm, as is illustrated in Figure 3 below. The type of flash integrated in this module is an SPI flash, the capacity of which is 4 MB, and the package size of which is SOP-210mil. The antenna applied on this module is a 3DBi PCB-on-board antenna.

Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22

Los sensores DHT11 y DHT22 son los más básicos y los más utilizados para implementarlos con Arduino, estos sensores están compuestos en dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también constan de un circuito integrado básico en el interior que hace la conversión de analógico a digital y este envía una señal digital con la temperatura y la humedad.



ABCelectronica.net

DHT11



ABCelectronica.net

DHT22

DHT11 vs DHT22

Aunque lucen físicamente similares y tiene la misma identificación de pines, estos poseen características diferentes:

DHT11

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 2°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 20% a 80%
- Capaz de medir temperatura de 0 a 50°C
- No más de 1 Hz en velocidad de muestreo (una vez cada segundo)
- Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

DHT 22

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 2% a 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 0.5°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 0% a 100%
- Capaz de medir temperatura de -40°C a 125°C
- No más de 0.5Hz en velocidad de muestreo (una vez cada dos segundos)
- Dimensiones: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

De acuerdo a las características es un sensor ligeramente más preciso y cuenta con un rango un poco mayor. Ambos utilizan un único pin digital de salida y son lentos en cierto aspecto, ya que no se puede consultar más de una vez cada uno o dos segundos.

Anexo 3: Datasheet sensor MQ-135

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MQ-135

<http://www.hwsensor.com>**TECHNICAL DATA****MQ-135 GAS SENSOR****FEATURES**Wide detecting scope
Stable and long lifeFast response and High sensitivity
Simple drive circuit**APPLICATION**They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃,NO_x, alcohol, Benzene, smoke,CO₂,etc.**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

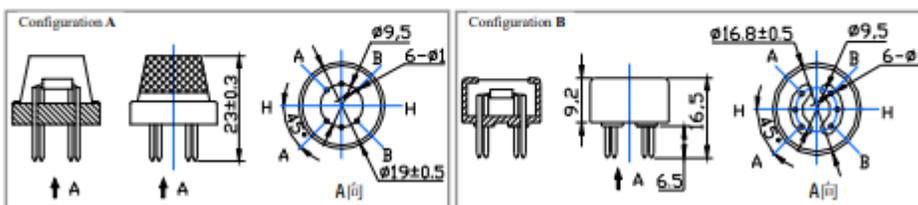
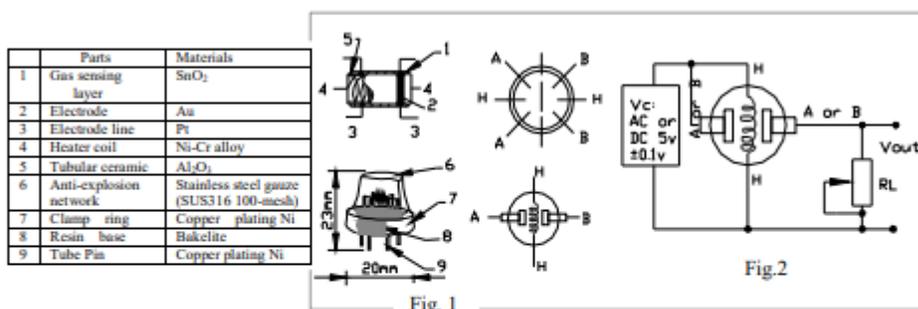
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃-45℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃-70℃	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	V _c :5V±0.1 V _H : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

TEL: 86-371-67169070 67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

sensitive components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

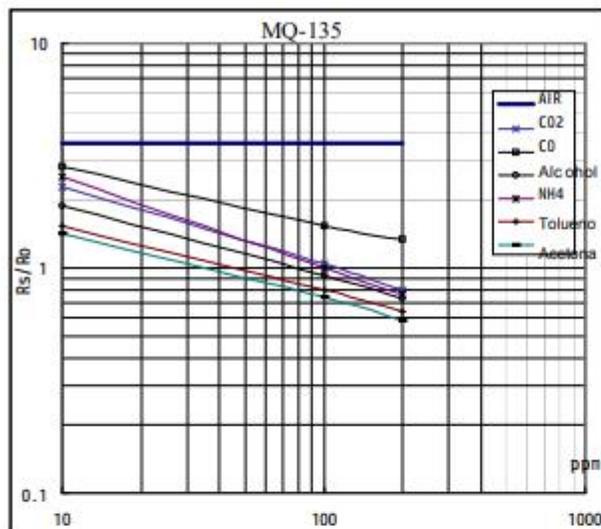


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20°C, Humidity: 65%, O₂ concentration 21% RL=20k Ω
R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.
R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

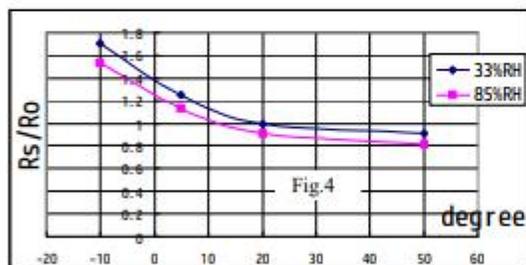
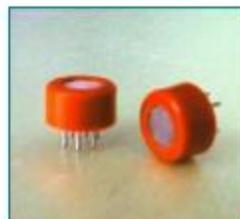


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree.
R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

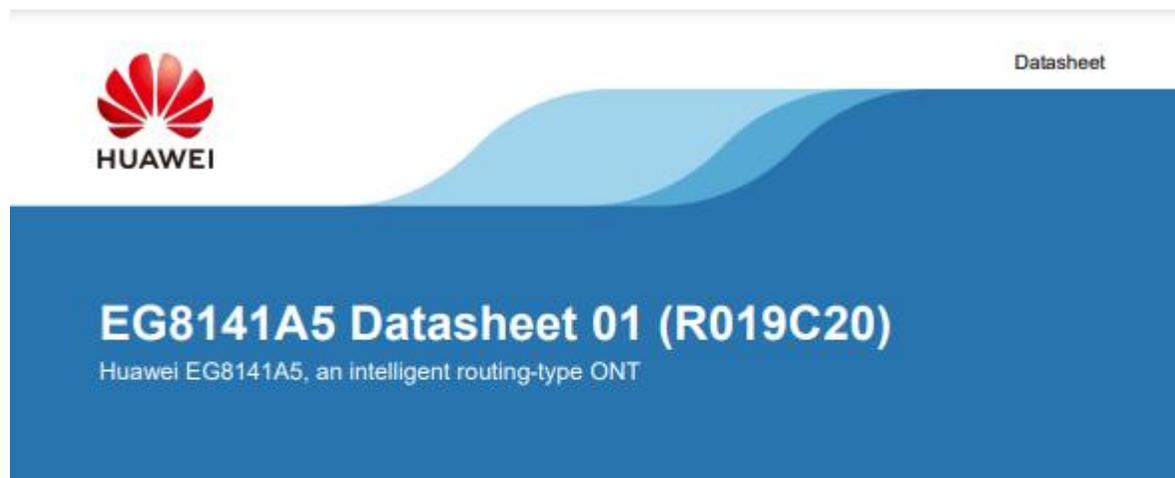
SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 K Ω (10K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



Anexo 4: Datasheet Router Huawei serie EG8141A5



Overview

The Huawei EG8141A5 is a routing-type ONT in the Huawei all-optical access solution. It uses the GPON technology to implement ultra-broadband access for users.

The high forwarding performance ensures the user experience of voice, data and HD video services, and provides customers with an ideal all-optical access solution and future-oriented service support capability.

- Smart service
- Smart interconnection
- Smart O&M



Device Parameters

Dimensions (H x W x D) (without external antenna and pads)	32 mm x 145 mm x 97 mm	Static power consumption	4 W
Weight	About 180 g	Maximum power consumption	11 W
Operating temperature	0°C to 40°C	NNI	GPON
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non- condensing)	UNI	1GE + 3FE + 1POTS + 2.4G Wi-Fi
Power adapter input	100–240 V AC, 50/60 Hz	Optical Connector	SC/APC
System power supply	11–14 V DC, 1 A	Indicators	Power/PON/LOS/LAN/TEL/ WLAN/WPS

Interface Parameters

GPON port <ul style="list-style-type: none"> • Class B+ • Receiver sensitivity: -27 dBm • Overload optical power: -8 dBm • Wavelengths: US 1310 nm, DS 1490 nm • Wavelength blocking filter (WBF) of G.984.5 • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA 	Ethernet port <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning • GE: Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s • FE: Auto-adaptive 10 Mbit/s or 100 Mbit/s
WLAN <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n • 2 x 2 MIMO • Antenna gain: 5 dBI • WMM • Multiple SSIDs • WPS • Air interface rate: 300 Mbps 	POTS port <ul style="list-style-type: none"> • Maximum REN: 4 • G.711A/μ, G.729a/b and G.722 encoding/decoding • T.30/T.38/G.711 fax mode • DTMF • Emergency calls (with the SIP protocol)

Product Function

Layer 3 features <ul style="list-style-type: none"> • PPPoE/Static IP/DHCP • NAT/NAPT 	Smart O&M <ul style="list-style-type: none"> • IPTV video quality diagnosis • Rogue ONT detection 	Smart interconnection <ul style="list-style-type: none"> • Smart Wi-Fi coverage • SIP/H.248 auto-negotiation 	QoS <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port rate limitation • 802.1p priority
--	--	---	---