



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Diseño e implementación de un sistema de sensores y su monitoreo  
para las condiciones ambientales en los laboratorios de  
micropropagación de SEBIOCA, C.A”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

JOAO ISAAC PALACIOS CEDEÑO

VALERIA CAROLINA TAMA GUERRA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme fortalezas, sabiduría y misericordia en esta etapa culminada. A mis padres Alberto y Débora por siempre levantarme cuando me sentí derrotada, por ser el mejor ejemplo en desarrollo personal, espiritual y profesional. A mi hermana Andrea por ser mi aliento motivacional. A los Ingenieros Washington Medina, Fernando Vásquez, Maricela Freire, Boris Ramos y Roger Idrovo, por su constante apoyo en este proyecto. Finalmente agradezco a mi amigo y compañero de tesis Joao por su amistad y el arduo trabajo para completar esta meta.

Valeria Carolina Tama Guerra

Mi sincero agradecimiento a los diferentes profesores que me permitieron llegar a este punto con conocimientos para desarrollar el proyecto, a los directivos y trabajadores de SEBIOCA por su amabilidad, a mis padres y hermana por su apoyo incondicional en todo momento, y a mi compañera de tesis por permitirme compartir este logro.

Joao Isaac Palacios Cedeño

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este proyecto en primer lugar a mi padre Celestial quien siempre escuchó mis oraciones, a mis padres, por ser mi ejemplo a seguir, a mi hermana por su apoyo incondicional y a cada persona que creyó en mí.

Valeria Carolina Tama Guerra

A todas las personas que siempre creyeron en mí, este es el primer paso para demostrar que estaban en lo correcto.

Joao Isaac Palacios Cedeño

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Joao Palacios* y *Valeria Tama* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Joao Isaac Palacios Cedeño



Valeria Calorina Tama Guerra

## RESUMEN

El presente trabajo propone implementar una red de sensores inalámbricos que permitan un monitoreo a tiempo real de variables como temperatura, humedad y luminosidad en los laboratorios de SEBIOCA C.A, ubicados en el campus de la Escuela Superior Politécnica, esta implementación se considera como solución única y personalizada para dicho laboratorio.

El sistema de monitoreo lleva un registro de cada variable permitiendo mejorar los protocolos realizados por los trabajadores del lugar y así evitar cambios drásticos en el ambiente.

Para llevar a cabo el diseño del sistema, se debe analizar la ubicación correcta de cada sensor y la topología de red apropiada para su implementación con el propósito de estimar la potencia recibida y comprobar la viabilidad del diseño. En cada nodo se colocaron Arduinos, sensores como DHT22 y BH1750, y para el envío de datos el módulo NRF24L01. La comunicación entre los sensores y la página web se realiza mediante una Raspberry Pi.

Finalmente, se realizaron pruebas para determinar que el sistema funciona correctamente con envíos de datos a una página web, mostrando gráficas a tiempo real de las variables ambientales en el laboratorio y se comprobó mediante la comparación de potencias teóricas dadas por el modelo de propagación dependiente de particiones que incluía obstáculos contra las potencias reales observadas con el equipo Fieldfox, que el diseño estaba correcto.

**Palabras Clave:** Sensores, monitoreo, red inalámbrica, diseño de red, condiciones ambientales.

## **ABSTRACT**

*The present work proposes the implementation of a wireless sensor network that allows monitoring variables such as temperature, humidity and luminosity in real time in the laboratories of SEBIOCA CA located at Escuela Superior Politécnica. This implementation is considered a unique and customized solution to this laboratory.*

*The monitoring system keeps a record of each variable allowing to improve the protocols made by the workers of that place and in that way to avoid drastic changes in the environment.*

*To carry out the design of the system successfully, the correct location of each sensor and the appropriate network topology should be used for its implementation, with the purpose of estimating the power received and the viability of the design. Arduinos, sensors such as DHT22 and BH1750 were placed in each node, and the NRF24L01 module was used to send data. The communication between the sensors and the website was done through a Raspberry Pi.*

*Finally, tests were taken to determine the viability of system by sending the data to a web page, where real-time graphs of the environmental variables in the laboratory were displayed; by comparing the theoretical powers with a propagation model that included obstacles for the real powers observed with the spectrum analyzer "Fieldfox", the design was successfully verified.*

**Keywords:** *Sensors, monitoring, wireless network, design network, environmental conditions.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Estado del Arte .....	4
1.5 Metodología .....	6
1.6 Alcance .....	6
CAPÍTULO 2 .....	8
2. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Micropropagación .....	8
2.2 Ventajas de la micropropagación .....	10
2.3 Condiciones ambientales .....	11
2.3.1 Humedad relativa (HR) .....	11
2.3.2 Luminosidad .....	11
2.3.3 Temperatura .....	11
2.4 Arduino uno .....	12

2.4.1	Arduino IDE .....	12
2.5	Raspberry Pi .....	13
2.5.1	Raspberry Pi 3 Modelo B.....	14
2.5.2	Entorno de programación (Python 3).....	15
2.6	Sensores .....	16
2.6.1	Sensores de temperatura .....	16
2.6.2	Sensores de Humedad .....	18
2.6.3	Sensores de humedad y temperatura.....	19
2.6.4	Sensores de luminosidad .....	22
2.7	Servidor web .....	24
2.7.1	BACK-END .....	24
2.7.2	FRONT-END.....	26
2.8	Redes De Sensores .....	27
2.8.1	Topologías de redes de sensores.....	27
2.9	Modelo de Propagación .....	31
2.9.1	Modelo dependiente de las particiones de un sitio .....	32
CAPÍTULO 3 .....		33
3.	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	33
3.1	Descripción del escenario .....	33
3.2	Elección de los sensores.....	34
3.3	Ubicación de los sensores .....	34
3.4	Validación de la comunicación .....	38
3.5	Arquitectura del sistema.....	45
3.6	Diagrama esquemático .....	46
3.7	Pseudocódigo (diagramas de flujo del sistema) .....	48
CAPÍTULO 4 .....		54
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	54

4.1	Implementación de la red de sensores.....	54
4.2	Medición de la potencia de la señal recibida.....	58
4.3	Verificación de la velocidad de transmisión de datos .....	62
4.4	Página web .....	63
4.4.1	Funcionamiento de la página web .....	63
4.4.2	Análisis de Datos Obtenidos.....	67
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES .....	76
	BIBLIOGRAFÍA .....	77
	ANEXOS .....	80

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SEBIOCA	Sociedad Ecuatoriana de Biotecnología
FSK	Frequency Shift Keying
SRAM	Static Random Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SBC	Session Border Controller
WI-FI	Wireless Fidelity
GPIO	General Purpose Input/Output
IDLE	Integrated Development Environment
ADC	Analog to Digital Converter
I2C	Inter-Integrated Circuit
WSN	Wireless sensor networks
GFSK	Gaussian Frequency Shift
OQPSK	Offset quadrature phase-shift keying
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
RF	Radio Frequency
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuario Continua
INEC	Instituto Nacional De Estadísticas y Censos
TDR	Time Domain Reflectometry
PIC	Programmable Interrupt Consent
LabVIEW	Laboratory Virtual Engineering Workbench
MS	Murashige and Skoog
AVR	Automatic Voltage Regulator
IDE	Integrated Development Environment
SBC	Session Border Controller
SO	Sistema Operativo
BLE	Bluetooth Low Energy
USB	Universal Serial Bus
HDMI	High Definition Multimedia Interface
PWM	Pulse-Width Modulation
SPI	Serial Peripheral Interface
MOSI	Master Out Slave In

MISO	Master In Slave Out
SCLK	Serial Clock
CE	Chip Enable
TX	Transmitter
RX	Receiver
SCK	Serial Clock
ADC	Analog to Digital Converter
PHP	Hipertext Preprocessor
MySQL	My Structured Query Language
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
HTML	Hypertext Markup Language
OS	Operative System
SCO	Soft Corporate Offer
CSS	Cascading Style Sheets
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
GND	Ground
VDD	Voltage Drain Drain
DO	Digital Outputs
AO	Analog Outputs
SDA	Serial Data
DVI	Digital Visual Interface
SCL	Serial Clock

## SIMBOLOGÍA

Lux	Unidad de intensidad de iluminación del Sistema Internacional
V	Voltio
kB	kilobyte
Hz	Hertz
M	Mega
A	Amperio
m	metro
s	segundos
Vac	Voltios de Corriente Alterna
Vdc	Voltios de Corriente Continua
mm	milímetros
RH	Humedad Relativa
W	Vatio
bps	Bits por segundo
G	Giga
dB	Decibelio
cm	Centímetros
k	kilo
°C	Centígrados
$\mu$	micro

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1. Laboratorios de SEBIOCA.</b> .....	8
<b>Figura 2. 2. Entorno de programación de Arduino IDE en Windows.</b> .....	13
<b>Figura 2. 3. Placa Raspberry Pi 3 modelo B.</b> [17].....	14
<b>Figura 2. 4. Entorno de programación de Python ejecutado en Raspbian.</b> [19].	16
<b>Figura 2. 5. Sensor de temperatura LM35.</b> [22] .....	17
<b>Figura 2. 6. Sensor de temperatura DS18B20.</b> [24] .....	17
<b>Figura 2. 7. Sensor de Humedad HCH1000.</b> [25] .....	18
<b>Figura 2. 8. Sensor de Humedad HS1101.</b> [26].....	19
<b>Figura 2. 9. Sensor de Humedad SHT71.</b> [27].....	20
<b>Figura 2. 10. Sensor de Humedad y Temperatura DHT11.</b> [29].....	21
<b>Figura 2. 11. Sensor de Humedad y Temperatura DHT22.</b> [30].....	21
<b>Figura 2. 12. Módulo sensor de luminosidad LDR.</b> [32].....	23
<b>Figura 2. 13. Módulo sensor de luminosidad BH1750FVI.</b> [34] .....	23
<b>Figura 2. 14. Elementos de una Red de Sensores.</b> [40].....	28
<b>Figura 2. 15. Topología de sensores en estrella.</b> [40].....	29
<b>Figura 2. 16. Topología de sensores en malla.</b> [40] .....	30
<b>Figura 2. 17. Topología de sensores en árbol.</b> [40].....	31
<b>Figura 3. 1. Ubicación de sensores para análisis previo (planta alta).</b> .....	35
<b>Figura 3. 2. Humedad vs Tiempo (planta alta).</b> .....	35
<b>Figura 3. 3. Temperatura vs Tiempo (planta alta).</b> .....	36
<b>Figura 3. 4. Ubicación de sensores para análisis previo (planta baja).</b> .....	37
<b>Figura 3. 5. Humedad vs Tiempo (planta baja).</b> .....	37
<b>Figura 3. 6. Temperatura vs Tiempo (planta baja).</b> .....	38
<b>Figura 3. 7. Medición de la potencia recibida al cruzar una repisa sin plantas.</b>	39
<b>Figura 3. 8. Medición de la potencia recibida antes de cruzar una repisa con plantas.</b> .....	40
<b>Figura 3. 9. Distancias entre los Nodos Sensores y el Nodo Gateway.</b> .....	40
<b>Figura 3. 10. Arquitectura del sistema.</b> .....	45
<b>Figura 3. 11. Diagrama esquemático del Nodo Gateway.</b> .....	46
<b>Figura 3. 12. Diagrama esquemático de un Nodo tipo A.</b> .....	47
<b>Figura 3. 13. Diagrama esquemático de un Nodo tipo B.</b> .....	47

<b>Figura 3. 14. Explicación del proceso de envío de información desde un nodo transmisor de tipo A. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 3. 15. Explicación del proceso de envío de información desde un nodo transmisor de tipo B. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 3. 16. Proceso de recepción de datos en el nodo Gateway desde los cinco diferentes nodos sensores.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 3. 17. Proceso de envío de datos al servidor desde la Raspberry Pi.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 3. 18. Lógica básica de la página web. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3. 19. Lógica del archivo Php. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3. 20. Ejemplo de tabla MySQL con datos.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 3. 21. Lógica básica del funcionamiento del Front-end de la página web. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 4. 1. Topología lógica de la red de sensores. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 4. 2. Nodo 1 en laboratorio de SEBIOCA. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4. 3. Nodo 2 en laboratorio de SEBIOCA. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4. 4. Nodo 3 en laboratorio de SEBIOCA. ....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 4. 5. Nodo 4 en laboratorio de SEBIOCA. ....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 4. 6. Nodo 5 en laboratorio de SEBIOCA. ....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 4. 7. Potencia recibida del nodo 1 utilizando el analizador de espectro FieldFox.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 4. 8. Potencia recibida del nodo 2 utilizando el analizador de espectro FieldFox.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 4. 9. Potencia recibida del nodo 3 utilizando el analizador de espectro FieldFox.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 4. 10. Potencia recibida del nodo 4 utilizando el analizador de espectro FieldFox.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 4. 11. Potencia recibida del nodo 5 utilizando el analizador de espectro FieldFox.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 4. 12. Ancho de Banda del Módulo NRF24L01. ....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 4. 13. Ingreso al sistema. ....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 4. 14. Pantalla principal del sitio web. ....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 4. 15. Selección de una variable ambiental en la pestaña de "Laboratorio: Planta Baja". ....</b>	<b>65</b>

Figura 4. 16. Selección de la opción de visualización en tiempo real para un sensor en específico.....	66
Figura 4. 17. Ejemplo de la desactivación de la opción “Real Time”.....	66
Figura 4. 18. Opción fechas para la generación de un reporte de datos.....	67
Figura 4. 19. Temperatura en tiempo real de la esquina izquierda de la planta baja del laboratorio. ....	67
Figura 4. 20. Temperatura en tiempo real de la esquina derecha de la planta baja del laboratorio. ....	68
Figura 4. 21. Humedad relativa en tiempo real de la esquina izquierda de la planta baja del laboratorio. ....	69
Figura 4. 22. Humedad relativa en tiempo real de la esquina derecha de la planta baja del laboratorio. ....	69
Figura 4. 23. Luminancia en tiempo real de la planta baja del laboratorio.....	70
Figura 4. 24. Temperatura en tiempo real de la esquina derecha de la planta alta del laboratorio. ....	71
Figura 4. 25. Temperatura en tiempo real del centro de la planta alta del laboratorio.....	71
Figura 4. 26. Temperatura en tiempo real de la esquina izquierda de la planta alta del laboratorio. ....	72
Figura 4. 27. Humedad relativa en tiempo real de la esquina derecha de la planta alta del laboratorio. ....	72
Figura 4. 28. Humedad relativa en tiempo real del centro de la planta alta del laboratorio.....	73
Figura 4. 29. Humedad relativa en tiempo real de la esquina izquierda de la planta alta del laboratorio. ....	73
Figura 4. 30. Luminancia en tiempo real de la planta baja del laboratorio.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Tabla comparativa de sensores de temperatura. [21] [23] .....	18
Tabla 2. 2. Tabla comparativa de sensores de humedad. [25] [26].....	19
Tabla 2. 3. Tabla comparativa de sensores de humedad y temperatura. [27] [28] .....	22

<b>Tabla 2. 4. Tabla comparativa de sensores de luminosidad. [20][33]</b> .....	24
<b>Tabla 2. 5. Tabla comparativa entre las diferentes tecnologías usadas en redes de sensores. [40]</b> .....	28
<b>Tabla 2. 6. Valores de pérdida por tipo de obstáculos teóricos. [43]</b> .....	32
<b>Tabla 3. 1. Atenuaciones de la señal al cruzar diferentes obstáculos.</b> .....	39
<b>Tabla 4. 1. Comparación entre la potencia recibida real y teórica.</b> .....	61

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo a continuación describe la situación actual en el laboratorio de SEBIOCA, los problemas presentes, y las acciones que se llevarán a cabo para lograr solucionar dicha problemática.

SEBIOCA es una de las compañías pioneras en el desarrollo biotecnológico de cultivos en el Ecuador, comercializando plantas meristemáticas dirigidas a mejorar el sector agrícola del país. Los productos principales que comercializa son el banano y el plátano, además de brindar asesoría y mantenimiento de áreas verdes.

La compañía fue fundada en el año 1997 y con el paso de los años los sistemas con los cuales monitorean las variables que afectan a los cultivos “in vitro” en el laboratorio han quedado obsoletos. Estas variables (temperatura, luminosidad y humedad) son muy importantes durante las fases de micropropagación de cultivos dentro del laboratorio, ya que durante estas fases las plantas son propensas a contaminaciones, además SEBIOCA busca uniformidad en las plantas en las que comercializa. [1]

En este escrito se presenta una propuesta de monitoreo continuo de las variables nombradas anteriormente para poder mejorar la aplicación de las técnicas de micropropagación in vitro, mejorando así la calidad de las especies entregadas a los respectivos clientes.

Antes de la realización de este diseño es importante saber con qué dispositivos cuenta el laboratorio, el proceso que se lleva actualmente para controlar las variables ambientales; a partir de esta investigación del lugar surgen las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las deficiencias tecnológicas del lugar? ¿En qué lugares se deben colocar los sensores para no perjudicar a ningún punto del cultivo? ¿Qué tecnología es la más apropiada para trabajar en el lugar y solucionar el problema? ¿Qué cambios físicos son necesarios realizar en el laboratorio para lograr implementar la solución?, entre otras interrogantes que serán resueltas al largo del escrito.

## **1.1 Descripción del problema**

La Sociedad Ecuatoriana de Biotecnología también conocida como SEBIOCA, es una compañía dedicada al desarrollo del sector agrícola del país, comercializando plantas y semillas previamente tratadas mediante técnicas biotecnológicas.

La producción de plantas utilizando este tipo de métodos es necesaria debido a la fragilidad que poseen dichos cultivos a enfermedades y a condiciones ambientales hostiles. Actualmente en el laboratorio de SEBIOCA se producen cultivos de banano y plátano debido a su importancia comercial que representa para el país.

Dichos cultivos deben pasar por varias fases para considerarlos aptos para su uso por los agricultores en sembríos tradicionales, estas fases son regidas por varios controles de calidad, tomando en consideración variables como la luz que recibe la planta, la humedad presente en el ambiente, y la temperatura del laboratorio. [1]

Los métodos para manejar las variables anteriormente nombradas siguen siendo manuales y arcaicos, necesitando que una persona esté presente en el lugar del cultivo cada cierto tiempo para evaluar las mismas, y modificarlas manualmente en caso de requerirlo.

Los métodos de monitoreo presentes en SEBIOCA tienen como desventaja el no poder conocer a tiempo real y de forma remota la situación actual de los laboratorios, pudiendo así, evitar posibles daños en los cultivos por variaciones en las condiciones óptimas para la planta.

## **1.2 Justificación del problema**

El actuar de los agricultores acerca de cómo controlar las diferentes variables no siempre son las correctas, ya que solo dependen de las experiencias propias, más no conocen con exactitud los cuidados específicos de cada espécimen. [2]

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se puede señalar como ineficiente, en términos de tiempo, la verificación de las condiciones óptimas de forma manual de los cultivos dentro de los laboratorios de SEBIOCA, además de no poder determinar el correcto funcionamiento de los dispositivos que controlan el ambiente dentro del laboratorio.

Por esta razón se requiere examinar y controlar de forma óptima todas las condiciones climáticas como la humedad, temperatura y luminosidad; tomando en consideración que los encargados de los cultivos no siempre estarán disponibles en caso de una emergencia o cambio repentino de dichas variables, viéndose en la necesidad de implementar un sistema de monitoreo remoto con la finalidad de mejorar los procesos en el cuidado del cultivo, simplificando su producción.

El sistema de monitoreo mediante sensores sería capaz de llevar un registro en tiempo real sobre las variables anteriormente mencionadas para mejorar el protocolo que siguen los encargados para estabilizar los aspectos ambientales que afectan el cultivo.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo de las variables ambientales que afectan a los cultivos in vitro en los laboratorios de SEBIOCA.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio sobre las características de los sensores para lograr elegir los más idóneos en la solución a implementar.
- Diseñar un sistema con sensores capaz de brindar información de temperatura, humedad y luminosidad del ambiente proveniente de diferentes puntos del laboratorio de micropropagación.
- Implementar una red de sensores inalámbricos, ubicando a cada uno de ellos en los lugares previstos en el diseño del sistema.
- Compilar los datos de todos los sensores implantados en el laboratorio para su posterior ordenamiento y envío a la red.
- Crear página web que permita la visualización de la información ambiental obtenida por los sensores ubicados en los diferentes pisos del laboratorio de micropropagación.
- Aplicar un modelo de propagación que permita estimar la potencia recibida por cada nodo para comprobar la aplicabilidad del sistema en el laboratorio.

## 1.4 Estado del Arte

Con el paso del tiempo, los avances tecnológicos y desarrollos electrónicos se han ido adaptando a la vida cotidiana para mejorar la calidad de esta, resolviendo muchos de los problemas del ser humano.

En los países subdesarrollados como el Ecuador, uno de los sectores que producen mayores ingresos es el sector agropecuario; según la ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua), en ventas, Ecuador tiene variedad de productos nacionales para exportación entre los cuales el banano representa un valor de 33.35% y el plátano 3%. [3]

En el año 2014, las plantaciones de plátano abarcaron un aproximado de 141,441 hectáreas del territorio ecuatoriano dedicado a la agricultura, generando un valor de 407,2 millones de dólares en exportaciones. [4]

Con esto queda demostrada la importancia de este sector y el cuidado que debe otorgarse por la cantidad de exportaciones de estos dos productos.

En el ámbito de la agricultura se han implementado sistemas para cosechadoras donde se monitorea la calidad del grano, equipos manuales como la sonda TDR para medir la humedad del suelo o de medición de conductividad eléctrica, entre otros para cuidado de las plantas. [5].

En la actualidad se ha conseguido introducir diversos tipos de sensores, permitiendo conocer el estado presente en el cual se encuentra algún proceso, siendo capaces de evaluar diferentes variables como temperatura, presión, velocidad, proximidad, entre otros, logrando entablar redes de sensores para la automatización industrial. [6].

En el cultivo de plátanos se ha logrado implementar un sistema de monitoreo utilizando nodos inalámbricos eN2100, los cuales cuentan con cuatro puertos en donde se pueden anexar varios tipos de sensores para medir diferentes variables, permitiendo obtener datos tanto del suelo como del aire. Cada nodo tiene un módulo de interconexión de red que puede alcanzar un radio de comunicación de 457 metros con respecto a la radio base, estos pequeños aparatos trabajan en frecuencias de 2.4 GHz. Este sistema de monitoreo cuenta con una interfaz llamada

ekoView basado en un navegador de internet, pudiendo observar en él un mapa con la topología de la red de sensores, diagnóstico de los equipos, y los respectivos datos obtenidos en cada nodo. El problema en conjunto radica en el costo de producción de los componentes, elevando el precio de su implementación. [2].

Otro de los proyectos ya desarrollados, fue un sistema para monitoreo de un invernadero a escala. El proyecto realiza un estudio general de las diferentes estructuras de los tipos de invernaderos estableciendo las diferentes características que este tiene y a su vez las variables que requiere el censado. Una vez identificadas las variables ambientales a tratar, siendo estas: humedad del ambiente, temperatura, humedad del suelo y calidad del aire, se procede a la elección de sensores.

Los diferentes sensores son conectados a un microcontrolador llamado "PIC18F4550" mediante el diseño de una placa de circuito impreso, dicha placa es colocada en el invernadero. El procesamiento de los datos es realizado por este PIC y para la transmisión de estos, se utilizó un transceptor HC-11, el cual trabaja con modulación FSK (Frequency Shift Keying). La conexión del sistema se implementó de la siguiente manera: los sensores se conectan al microcontrolador, este a su vez al HC-11 y para compartir finalmente los datos con el computador, el transceptor usa un convertidor TTL-USB que permite la comunicación hacia el ordenador.

El monitoreo de los datos se realiza mediante LabView, permitiendo únicamente la visualización de los datos, mas no el almacenamiento de estos.

Es importante tener en consideración que este proyecto se realizó en un prototipo de invernadero, compuesto por la planta y una caja de vidrio transparente ubicada bajo techo, por lo tanto, los valores registrados en el sistema serán muy diferentes a cuando se dé una implementación en un invernadero real. [7]

En contraste con lo anteriormente mencionado, el proyecto a tratar implementa varios sensores, ubicados de forma estratégica para el laboratorio de micropropagación en donde se desea hacer el monitoreo, con la ventaja de que dicho monitoreo se podrá realizar de forma remota en cualquier dispositivo con internet.

## **1.5 Metodología**

Los laboratorios de SEBIOCA están divididos en dos pisos de aproximadamente 7.5 [m] de ancho y 11 [m] de largo cada uno. Cada piso del laboratorio consta de varias repisas donde se colocan los recipientes con los cultivos in vitro. Para adecuar el ambiente, cada laboratorio consta de cuatro equipos fundamentales: dos acondicionadores de aire para proporcionar la temperatura ideal y dos deshumidificadores que extraen el exceso de humedad del ambiente.

Se comenzará con el estudio y comparación de las características de los diferentes sensores disponibles en el mercado, permitiendo elegir los más idóneos para el ambiente a censar.

Una vez elegidos los sensores a utilizar, se procederá a determinar la ubicación de estos, llevándose a cabo una serie de pruebas de las condiciones ambientales para su posterior análisis, permitiendo encontrar los diferentes lugares críticos en función de los factores del medio.

Luego de determinar correctamente la ubicación de los sensores de temperatura, humedad y luminosidad, estos serán colocados en cada piso de forma estratégica y junto con una placa de hardware libre, sea esta una Raspberry Pi o Arduino, se realizará la respectiva obtención de los valores de las variables ambientales para su posterior almacenamiento en una base de datos y subida a internet.

Finalmente, para brindar facilidad al usuario y/o trabajador de SEBIOCA, se creará una página web con una interfaz sencilla e intuitiva, capaz de mostrar gráficas de las diferentes variables ambientales con respecto a la hora y el día en que se tomaron dichas mediciones.

## **1.6 Alcance**

El proyecto integrador a continuación, tiene como alcance brindar a SEBIOCA un sistema de monitoreo de las condiciones ambientales en sus laboratorios de micropropagación.

El censado de las variables anteriormente mencionadas, se limita únicamente a dichos laboratorios, debido a que durante esta fase del proceso el cultivo se encuentra más vulnerable a los cambios en el ambiente.

Una vez obtenidos los datos del ambiente en el laboratorio, se enviará dicha información por internet para poder ser revisada de forma remota mediante una página web; para cumplir este objetivo se debe tomar en consideración que el internet existente en el Campus presenta restricciones, convirtiéndose en una limitación a superar.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

Debido a que este trabajo consiste en el censado de variables ambientales en un laboratorio de micropropagación, se abordarán conceptos sobre dicho proceso, haciendo hincapié en los requerimientos climáticos del entorno, los posibles sensores a utilizar para obtener dichas mediciones, las diferentes herramientas para el procesamiento de los datos y los programas a usar para lograr el monitoreo de forma remota al laboratorio.

### 2.1 Micropropagación

La micropropagación es una técnica que permite la multiplicación controlada de algún genotipo presente en una planta, en este caso plátano y banana, con finalidad de mejorar la calidad de dichos cultivos de manera in vitro, asegurándose así, que estas no estén contaminadas y sean útiles para la producción. Las plantas son capaces de reproducir su crecimiento a grandes escalas a partir del aislamiento de sus células.



**Figura 2. 1. Laboratorios de SEBIOCA.**

En la micropropagación existen 5 etapas:

- Etapa 0 – Preparación de la planta madre o del material vegetal:

Para la buena selección de la planta madre donadora de yemas, deben asegurarse de que estén sanas, libres de hongos. Adicionalmente, identificar la edad fisiológica del mismo ya que los órganos jóvenes reaccionan de una mejor manera ante cada etapa y preferible si es recolectado en estación primaveral por la forma en la que surgen yemas de manera activa y así controlar el estado sanitario de las mismas. Se debe controlar la nutrición para su buen crecimiento. Esta etapa es la más importante y esencial porque así se obtiene el material vegetal libre de contaminación en su totalidad. [8]

- Etapa 1 – Establecimiento del cultivo:

Como se mencionó anteriormente, es preferible la elección de los órganos jóvenes como yemas, raíces, hojas por los tejidos meristemáticos que tienen una mayor capacidad para regenerarse. Después, se hace un análisis de los patógenos y se procede a desinfectar el material vegetal con Hipoclorito de Sodio (Na) en un rango de 1:4-1:9 durante un periodo entre 5 a 15 minutos. En otras ocasiones, si es que existe aparición de hongos o alguna bacteria se hace uso de antibióticos o epicótilo de semillas germinadas asépticamente para la eliminación de bacterias. Luego, se colocan en un medio estéril para comenzar el periodo de germinación y así mismo, el ciclo de micropropagación in vitro.

Cabe mencionar que, para la esterilización de los instrumentos usados en los cultivos, es necesario utilizar vapor a baja presión con temperaturas de 121 °C durante 15 minutos. [8]

- Etapa 2 – Proliferación de brotes (también llamado Multiplicación):

Esta etapa tiene la finalidad de obtener un número deseado del producto (banano o plátano) por medio de hormonas o poner altas concentraciones de reguladores de crecimiento para que estas plantas a su vez originen nuevas. Por medio de esta etapa se permite destinar parte de la planta a las siguientes etapas y aquí se utilizan vías de regeneración para la formación de callo. Entre las vías de regeneración se tienen la Organogénesis, en la cual inducen yemas

auxiliares y la Embriogénesis, que se salta la etapa de las yemas y regenera la planta de forma rápida, pero tienen problemas de acumulación de compuestos fenólicos. Además, para que la multiplicación sea óptima y a gran escala, generalmente se usa el medio de cultivo basal MS complejo, el cual es un suplemento con 30% de sacarosa y se le adicionan auxinas. [8]

- Etapa 3 – Enraizamiento:

Se busca que se fijen las raíces adventicias esperando que los brotes crezcan lo suficiente usando auxinas o sustrato para inducir la formación de las raíces. Para el uso de Auxinas, utilizan ácido indolbutírico y finalmente se trasladan los vástagos a otros medios sin reguladores de crecimiento para que se tenga un buen desarrollo de las raíces. En el caso de sustratos, se utiliza un medio solidificado con vermiculita humedecidos en agua o un medio con nutrientes. [8]

- Etapa 4 – Aclimatación:

La aclimatación consiste en el paso de in vitro a ex vitro, las plantas después de unos días serán capaces de por sí solas crear sus propios recursos con mezclas de tierra y abonos ya que previo a esto estaban acostumbradas a tener todos los suplementos y nutrientes necesarios, agregando el hecho que sus condiciones de luz eran bajas y ahora estarán expuestas. [8]

El control de las condiciones ambientales es indispensable durante las fases en que los cultivos están en crecimiento, estas fases corresponden a las etapas 2 y 3 anteriormente mencionadas en la teoría, por lo tanto, el censado se realizará durante estas etapas.

## **2.2 Ventajas de la micropropagación**

- Las plantas desarrolladas en los cultivos in vitro se encuentran libre de todo tipo de bacterias, patógenos y hongos.
- No requieren mucho tipo de material o maquinarias como regadoras, cortadoras.

- En espacios pequeños se puede dar un buen almacenamiento de gran cantidad de plántulas para la multiplicación. [8]
- Bajo costo en producción.
- Mantiene características únicas genotípicas de la planta original. [9]

## **2.3 Condiciones ambientales**

Cualquier tipo de cultivo sea este por un invernadero o laboratorios in vitro, deben mantener condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

Entre los factores que inciden en los cultivos son: humedad relativa, luminosidad y temperatura.

### **2.3.1 Humedad relativa (HR)**

Es la porción entre el vapor de agua en cierto espacio en el aire comparada al vapor de agua en condiciones de saturación. Cabe reconocer que es medida en porcentaje, la cual 0 indica que el aire es seco y 100% cuando el aire está saturado de humedad.

La Humedad relativa debe mantenerse cercana al 70% ya que según el espacio y la temperatura podría variar. [10]

### **2.3.2 Luminosidad**

Todo desarrollo de enzimas, crecimiento de plantas es dependiente de luz. En la mayoría de los cultivos, la intensidad luminosa se encuentra entre 1000 a 5000 [lux] o también que exista un fotoperiodo de 8 horas de oscuridad y el más importante que es 16 horas de luz por día según el tipo de cultivo. [11]

### **2.3.3 Temperatura**

Según la temperatura, varía la tasa de crecimiento de las plantas y afecta a cada etapa de su vida por las condiciones óptimas que esta requiera. En los laboratorios in vitro se requiere que exista un rango de temperatura entre 22°C y 28°C para que las plantas puedan desarrollarse. En este caso se tienen plantas de especies

tropicales. Dentro de cada frasco de banano y plátano, se tiene una temperatura interna mayor por 1°C que la temperatura dentro del laboratorio de micropropagación. [12]

## **2.4 Arduino uno**

Es una placa de desarrollo de hardware que permite la construcción de dispositivos que interactúen con el exterior, detectando y controlando objetos reales. Arduino puede interactuar con el entorno mediante el uso de sensores que reciben información del entorno y de esta manera generar una respuesta a dichos cambios. Esta placa está basada en el microcontrolador Atmega328P, permitiendo controlarla de forma más sencilla debido a el entorno de programación creado específicamente para ella. [13]

### **Características**

- Microcontrolador: Atmega328P
- Arquitectura: AVR
- Voltaje de funcionamiento: 5[V]
- Memoria flash: 32 KB
- SRAM: 2KB
- Reloj interno (velocidad): 16 [MHz]
- Número de pines de entrada analógica: 6
- Número de pines digitales: 14 (6 permiten PWM)
- EEPROM: 1 KB
- Voltaje de alimentación: 7-12 [V]
- Tamaño de la placa: 68.6 x 53.4 [mm]
- Peso: 25 [gr]

#### **2.4.1 Arduino IDE**

Es un software que permite la escritura y carga de programas en las diferentes placas Arduino, dicho software está escrito en lenguaje Java por lo que se considera que es una aplicación multiplataforma. Este IDE permite el uso de C y

C++ con ciertas reglas especiales de estructuración del código fuente, requiriendo de dos funciones básicas: la preparación del programa (*setup()*) y un bucle de ejecución (*loop()*). *Setup()* es la primera función que se ejecuta por lo tanto en este punto se incluyen las configuraciones requeridas (tanto internas como externas), y en la función *loop()* se escriben las instrucciones que se desean ejecutar, este bucle se repite una vez llegado al final del código escrito en él. [14]

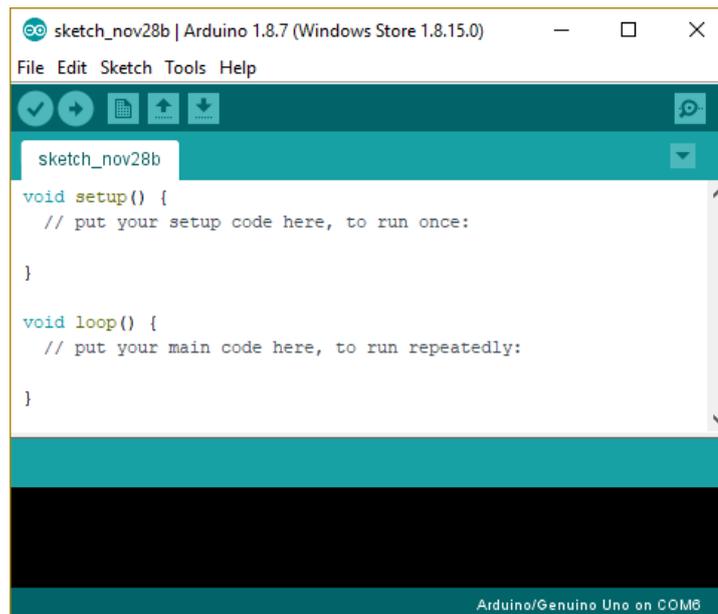


Figura 2. 2. Entorno de programación de Arduino IDE en Windows.

## 2.5 Raspberry Pi

Es un ordenador de placa única (SBC) desarrollado por la fundación Raspberry Pi con intención de facilitar la enseñanza de programación en los niños. Debido a su reducido tamaño se requiere la utilización de dispositivos periféricos para su funcionamiento, tales como: tarjeta SD (necesaria para albergar un sistema operativo), ratón, teclado, cable de alimentación con puerto micro USB, una pantalla, entre otros. [15]

Esta placa permite usar lenguajes de alto nivel como Python o C++, esto es debido a que puede ejecutar un sistema operativo, siendo Raspbian el más utilizado; este SO debe su popularidad a la gran cantidad de programas que tiene a su disposición y a la facilidad que presenta en el momento de conectarlo a una red. [16]

### 2.5.1 Raspberry Pi 3 Modelo B

Con los años varios modelos de Raspberry Pi han salido a la luz, siendo este modelo el primero que implementa la conectividad Wi-Fi y Bluetooth de forma nativa. Este modelo se sacó al mercado en el año 2016, mejorando las características de sus placas antecesoras. [17]



Figura 2. 3. Placa Raspberry Pi 3 modelo B. [17]

#### Características

- Procesador: Quad Core 1.2GHz de 64bit
- RAM: 1GB
- Conectividad: Wireless LAN, Bluetooth (BLE) y Cable Ethernet (estándar 100Base-T)
- Numero de puertos USB: 4
- Salida de video: HDMI
- Numero de GPIO (E/S de propósito general): 40
  - PWM
    - GPIO12, GPIO13, GPIO18, GPIO19
  - SPI
    - SPI0: MOSI (GPIO10); MISO (GPIO9); SCLK (GPIO11); CE0 (GPIO8), CE1 (GPIO7)
    - SPI1: MOSI (GPIO20); MISO (GPIO19); SCLK (GPIO21); CE0 (GPIO18); CE1 (GPIO17); CE2 (GPIO16)
  - I2C

- Data: (GPIO2); Clock (GPIO3)
- EEPROM Data: (GPIO0); EEPROM Clock (GPIO1)
- Serial
  - TX (GPIO14); RX (GPIO15)
- Puerto de almacenamiento: microSD para cargar el sistema operativo y almacenar datos.
- Alimentación de la placa: 5 [V] a 2.5 [A] mínimo, mediante puerto Micro USB.
- Puerto para la conexión directa de una cámara (estándar CSI).
- Puerto para la conexión directa de una pantalla táctil (interfaz DSI).

### **2.5.2 Entorno de programación (Python 3)**

Python es la herramienta que permite que la Raspberry Pi interactúe con el entorno; es un lenguaje de programación de muy alto nivel, que presenta ventajas sobre otros lenguajes al ser realmente expresivo, permitiendo que los programas sean escritos en menos líneas de código, además que el entorno de ejecución detecta gran cantidad de errores evitando problemas durante la ejecución de los códigos. [18]

Raspbian viene precargado con la aplicación Python 3 IDLE, que consiste en un entorno para realizar programas basados en el lenguaje Python. Se decidió el uso de este lenguaje debido a la cantidad de librerías existentes, creadas específicamente para la interacción de la Raspberry Pi con el exterior, pudiendo controlar todos los GPIO's de la placa, e incluso controlar periféricos de forma directa, solo con la ejecución de funciones precodificadas en dichas librerías.

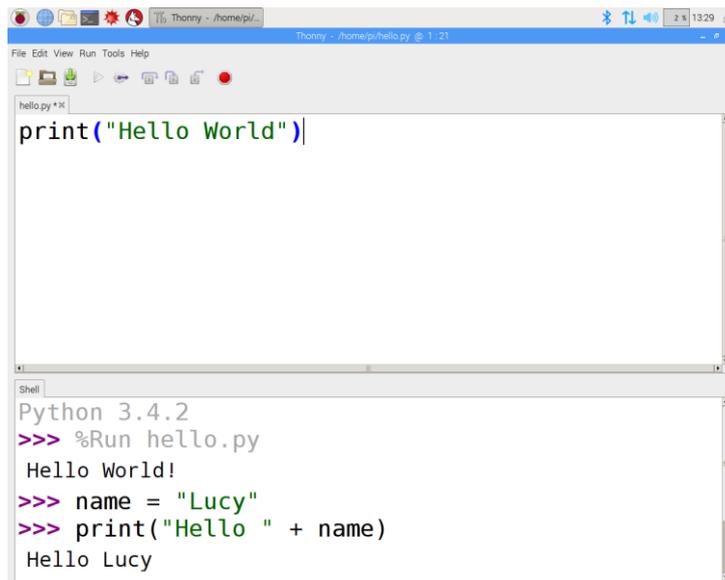


Figura 2. 4. Entorno de programación de Python ejecutado en Raspbian. [19]

## 2.6 Sensores

Los sensores son dispositivos que permiten obtener información del entorno, pudiendo otorgar información sobre variables físicas o químicas; dichos aparatos reaccionan cuando una variable externa presenta un cambio, entregando una señal de tipo eléctrica medible. [20]

A continuación, se detallarán algunos tipos de sensores y sus características principales:

### 2.6.1 Sensores de temperatura

Son dispositivos que permiten transformar las variaciones de temperatura en señales analógicas como voltaje y corriente, o de manera digital de forma binaria. Estos sensores funcionan mediante los cambios que sufre un componente interno en ellos, pudiendo detectarse cuando se dilata un material (sólido, líquido o gaseoso), o modificaciones en la resistencia o conductividad en los mismos. [20]

#### LM35

Funciona como diodo Zener, modificando su voltaje de ruptura de manera proporcional dependiendo de temperatura a la que es expuesto. [21]



## Características específicas

	LM35	SENSOR DS18B20
Voltaje de alimentación	Máximo 35 [V]	3[V] hasta 5.5 [V]
Rango de Temperatura Medible	-55°C hasta +150°C	-55°C hasta +125°C
Rango de error	$\pm 0.5$ (a 25°C)	De -10°C hasta +85°C igual a $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ; $\pm 2^\circ\text{C}$ para el resto de las temperaturas
Número de Terminales	3	3
Máxima Corriente de Operación	60 [ $\mu\text{A}$ ]	1.5 [mA]

Tabla 2. 1. Tabla comparativa de sensores de temperatura. [21] [23]

### 2.6.2 Sensores de Humedad

En la actualidad se han desarrollado varios tipos de sensores de humedad, pudiendo ser de tipo resistivo, capacitivo electrolítico, entre otros; siendo el de tipo capacitivo el más común en el campo de la electrónica, permitiendo obtener un valor de humedad relativa del ambiente. [20]

#### HCH1000

Es un sensor de tipo capacitivo el cual usa como principio de medición, el cambio en la capacidad que ocurre cuando se modifica su constante dieléctrica. [25]



Figura 2. 7. Sensor de Humedad HCH1000. [25]

Nota: para realizar una medición con dicho sensor es necesario el acondicionamiento de la señal, pudiendo realizarse esta lectura mediante el uso de un circuito resonante, un oscilador a estable o un puente Wheatstone. La salida con la señal acondicionada puede pasar a un microcontrolador para que se realice el cálculo matemático respectivo.

### HS1100 / HS1101

Este sensor al igual que el anteriormente mencionado, es de tipo capacitivo. Se lo puede encontrar en dos modelos, con la única diferencia de los materiales que componen la armazón exterior. [26]

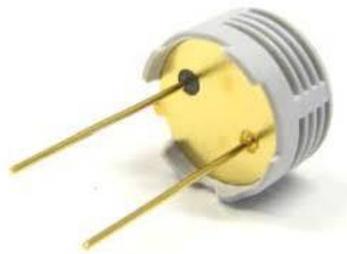


Figura 2. 8. Sensor de Humedad HS1101. [26]

### Características específicas

	HCH1000	HS1100/ HS1101
Rango de Humedad Medible	0 a 100 %RH	1 – 99 % RH
Rango de Error en la medición de Humedad	±2 %RH	±1.5 %RH
Voltaje de Alimentación	5 [Vac]	5 ~ 10 [Vdc]
Tiempo de Respuesta	15 [seg]	5 [seg]
Tamaño	5x18x0.65 [mm]	9.70x17.70[mm]

Tabla 2. 2. Tabla comparativa de sensores de humedad. [25] [26]

### 2.6.3 Sensores de humedad y temperatura

Este tipo de sensores tienen en su interior dos sensores, uno para cada variable de medición; por lo general la salida de estos sensores suele ser de tipo digital.

## SHT71

Es un dispositivo encapsulado que permite la medición tanto de temperatura como de humedad; la salida es de tipo digital con resolución seleccionable a 8, 12 o 14 bits. Este sensor utiliza dos líneas para su comunicación, una línea llamada SCK (señal de reloj) y la otra llamada DATA (información a transmitir), hay que tomar en consideración que esta comunicación no es compatible con la comunicación I2C estándar para los microcontroladores, por lo que el programador debe desarrollar dicho protocolo para lograr la comunicación. [27]

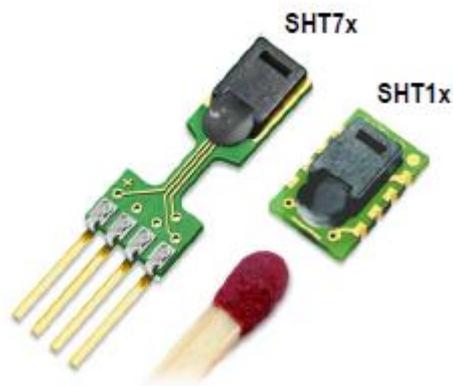
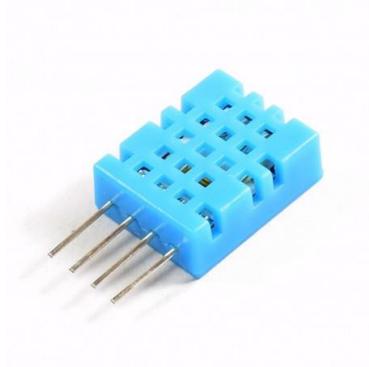


Figura 2. 9. Sensor de Humedad SHT71. [27]

## DHT11

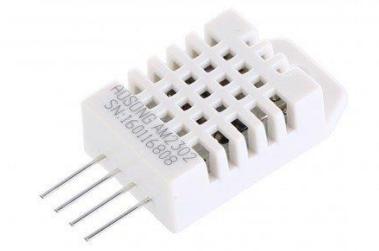
Es un sensor de temperatura y humedad de bajo costo que presenta como ventaja la salida de datos de forma digital, esta información es enviada a través de un pin específico de manera binaria. Se lo considera un dispositivo de alta fiabilidad y estabilidad debido a su señal digital calibrada desde fábrica. [28]



**Figura 2. 10. Sensor de Humedad y Temperatura DHT11. [29]**

## **DHT22**

Es una nueva versión del DHT11, consiste básicamente en un sensor capacitivo, un termistor y un pequeño microcontrolador que trata la señal entregada. También se lo puede encontrar soldado a una placa, eliminando un pin de “no conexión”, con una resistencia pull-up y un condensador para filtrado del ruido. Este sensor tiene como ventaja una mayor precisión en el censado, en comparación a su predecesor, pero tiene como desventaja el aumento en el tiempo de respuesta. [28]



**Figura 2. 11. Sensor de Humedad y Temperatura DHT22. [30]**

Nota: este sensor, al igual que el sensor DHT11 presentan facilidades para su implementación, ya que cuentan con librerías tanto para su programación con Arduino como para Raspberry Pi.

## Características específicas

	SHT71	DHT11	DHT22
Voltaje de alimentación	2.4 ~5.5 [VDC]	3 ~ 5 [VDC]	3.3 ~ 6 [VDC]
Rango de Temperatura Medible	-40°C a -123.8°C	0°C a +50°C	-40°C a +80°C
Rango de error	± 0.4 °C	± 2 °C	± 0.5 °C
Número de Terminales	4	4	4
Máxima Corriente de Operación	28 uA	2.5 mA	1.5 mA
Rango de Humedad Medible	0 a 100 %RH	20 a 90 %RH	0 a 100 %RH
Rango de Error en la medición de Humedad	±3 %RH	±4 %RH	±2 %RH
Tiempo de Respuesta	5 ~30 [s]	1 [s]	2 [s]
Tamaño	7.42 x 4.88 x 2.5 [mm]	12 x 15.5 x 5.5 [mm]	14 x 18 x 5.5 [mm]

Tabla 2. 3. Tabla comparativa de sensores de humedad y temperatura. [27] [28]

### 2.6.4 Sensores de luminosidad

Es un dispositivo electrónico que produce una señal eléctrica a partir de un cambio de iluminancia medida en Lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). [31]

#### Módulo LDR

El módulo LDR será capaz de censar la luz por medio del LDR o fotorresistor, el cual es un componente que su resistencia varía según la sensibilidad de intensidad lumínica. Por medio de la radiación óptica, aumenta la cantidad de electrones y así disminuye la resistividad. Posee dos salidas, una digital y una analógica. [20]

La salida analógica debe ser conectada a una entrada analógica para usar el conversor ADC y la salida digital se puede definir por medio de la programación un rango de luminosidad según dos estados: Alto/Bajo. El cambio de un nivel de tensión a otro dependerá del umbral fijado por el potenciómetro.

Adicionalmente contiene dos leds de colores, en el cual un led indica cuando el módulo está siendo alimentado por un voltaje y el segundo led permite saber si la luz ha superado algún nivel que fue preestablecido.



Figura 2. 12. Módulo sensor de luminosidad LDR. [32]

### Módulo GY-30 (BH1750FVI)

El módulo GY-30 es un sensor ambiental de luz que permite el envío de los datos a partir de la interfaz de conexión I2C. Es el sensor más adecuado para la luminosidad ya que se puede ajustar la potencia y es capaz de abarcar un gran rango desde 1 lux a 65535 lux. [33]



Figura 2. 13. Módulo sensor de luminosidad BH1750FVI. [34]

## Características específicas

	Módulo LDR	MÓDULO GY-30 (BH1750FVI)
Voltaje de Alimentación	5 [V]	4.5 [V]
Número de Terminales	4 terminales: VDD, GND, DO Y AO.	6 terminales: VCC, ADDR, GND, SDA, DVI y SCL.
Temperatura de Operación	-30 ~ +70 °C	-40~85 °C
Disipación de Potencia	100 [mW]	260 [mW]
Dimensiones	30x14 [mm]	18.6x14.5 [mm]

Tabla 2. 4. Tabla comparativa de sensores de luminosidad. [20][33]

## 2.7 Servidor web

Un servidor Web es una aplicación que permite el almacenamiento de datos o archivos para su posterior procesamiento y emisión a través de Internet, el proceso anteriormente mencionado se denomina Web hosting o alojamiento web. El usuario es capaz de visualizar dichos datos según lo solicita por medio de un navegador o una página web. Para el correcto entendimiento del funcionamiento del servidor web se suele separar toda la información en dos conceptos denominados como: Back-end y Front-end. [35]

### 2.7.1 BACK-END

El Back-end implica las actividades que el usuario no es capaz de visualizar por medio de internet. Incluyen los lenguajes de programación y aplicaciones que se comunican y desarrollan directamente la base de datos. Entre estos tenemos: PHP, MySQL, toda la programación en Python o algún otro lenguaje de programación. [35]

## **PHP (Hypertext Preprocessor):**

Es un lenguaje con la sintaxis parecida a JAVA o C++, la cual permite crear páginas web dinámicas; generalmente PHP se incluye en páginas XHTML o HTML.

Por medio de PHP, se podrá crear páginas web en el servidor para ser ejecutado. [36]

Entre las características se tiene:

- Permite el manejo de otros sistemas como Linux y Windows.
- Es un lenguaje libre y existe mucha documentación de este en diferentes idiomas.
- Permite el manejo y conexión a una base de datos.
- PHP puede ser usado en cualquier sistema operativo
- El sistema puede ser usado siempre que exista conexión directa hacia el servidor. [36]

## **MySQL**

Este software permite gestionar la base de datos en un servidor de gran tamaño. Utiliza tablas para organizar y almacenar toda la información adaptándose a entornos de desarrollo de programación.

MySQL puede ser adquirido como un producto de Open Source o de manera comercial con una licencia especial.

Entre las diferentes características importantes se tiene:

- Gran almacenamiento de memoria y rapidez.
- Tiene soporte ante cualquier función y operadores.
- Maneja C y C++.
- Se puede trabajar en distintos Sistemas Operativos como: Mac OS X, Windows, SCO, SunOS, Tru64 Unix, entre otros.
- Las actualizaciones realizadas por los usuarios son rápidas y sencillas al implementar.
- El servidor puede ser colocado como una biblioteca que se encuentra disponible e incluso en aplicaciones donde no exista una red. [36]

## **2.7.2 FRONT-END**

Front-End se caracteriza por permitir que el usuario sea capaz de interactuar de manera sencilla con la aplicación web. Entre los lenguajes y tecnologías desarrolladas que permiten crear un diseño de interfaz gráfica tal como lo es la página web son: HTML, JavaScript, CSS, Fireworks, entre otros. [35]

### **HTML (HiperText Markup Language)**

Es un lenguaje sencillo para construcción de páginas web, el cual inicialmente fue creado para que los científicos pudieran compartir todo tipo de información relacionada a sus investigaciones y que su aparecimiento fue dado al mismo tiempo que World Wide Web. [37]

Para la creación básica de una página web a base de HTML, se empieza con un editor de notas como Notepad por ser de código abierto y se guarda con formato “.html”. [37]

En el proyecto, HTML permitirá escribir lo que contenga la página web.

Unos cuantos comandos por usar son las etiquetas html usadas en par para apertura <> y para cierre </>, para el cuerpo del documento <body> y para párrafos <p>.

### **CSS (Cascading Style Sheets)**

Este lenguaje fue creado por World Wide Web Consortium en el año de 1995 con la finalidad que permita mejorar el diseño y presentación de la página.

Se pueden modificar colores, tamaño y tipo de letra, fuentes, márgenes, imágenes, gif, etc.

Cada navegador consta con un soporte para CSS. [37]

### **JavaScript**

JavaScript, desarrollado por Netscape, es un lenguaje sencillo y completo de programación para páginas web interactivas. Presenta en sus programas llamados scripts, los cuales son funciones llamadas desde HTML y se ejecutan en el navegador. Se pueden añadir diferentes efectos o eventos como abrir alguna ventana al pulsar una imagen o un enlace, cambiar de color algún botón si se pasa

el ratón, entre otras. Aparte de ejecutarse por un navegador, este puede ser ejecutado fuera de uno como Visual BASIC o C++. [38]

La importancia de Java es que permite la creación de aplicaciones y esto facilitaría el uso y desarrollo de la página web en curso.

## **2.8 Redes De Sensores**

Una red de sensores inalámbricos (WSN) es formada por múltiples dispositivos de manera autónoma físicamente llamados sensores en un determinado lugar. El objetivo es de monitorear y realizar envío de datos de manera económica y poco consumo de energía a su alrededor. Generalmente, los nodos de sensores almacenan y comunican datos hacia un nodo principal donde recibe la información de los demás transmitiéndola hacia una puerta de enlace previo al servidor de red. [39]

La red de sensores trabaja con diferentes protocolos, a continuación, se hará una comparación de los más importantes para transmisión de datos:

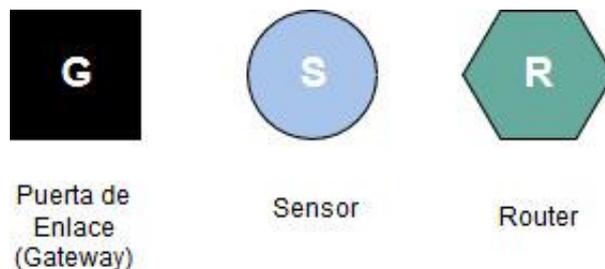
### **2.8.1 Topologías de redes de sensores**

Es importante aclarar que una red de sensores consta de cuatro elementos importantes que son:

	ZigBee (IEEE 802.15.4)	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	WiFi (IEEE 802.11g)	Módulo NRF24L01 con antena externa
Velocidad	40kbps – 250kbps	1 Mbps	54 Mbps	2 Mbps
Bandas de operación	868 MHz, 915MHz, 2.4 GHz.	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 – 2.5 GHz
Alcance máximo	70 – 100 [m]	10 [m]	100 [m]	700 – 1000 [m]
Número de nodos	254	7 canales por master	32 canales por master	6 canales por master
Modulación	OQPSK (Offset quadrature phase-shift keying)	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)	OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access)	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)

**Tabla 2. 5. Tabla comparativa entre las diferentes tecnologías usadas en redes de sensores. [40]**

- Puerta de Enlace: Es un dispositivo informático encargado de recopilar los datos de la red y traducirlos al protocolo usado en la red de destino, siendo este un punto de unión. [40]
- Sensor: Dispositivo que permite la obtención de datos en el medio transformándolos en señales de tipo eléctrica. (Serna, Ros, & Rico, 2010)
- Router: Dispositivo que opera en la capa de red, el cual permite que se encaminen los datos enviados por los sensores de una red a otra red. [40]



**Figura 2. 14. Elementos de una Red de Sensores. [40]**

Los nodos de las redes de sensores pueden estar organizados en tres tipos de topologías:

### Topología en estrella

Cada nodo de sensores es conectado a la puerta de enlace en donde la información solo realiza la función de un salto y se envían datos a la red. Los dispositivos finales solo realizan intercambio de datos hacia la puerta de enlace. La ventaja de esta topología es que se usa un mínimo consumo de energía, pero como se puede observar no tiene rutas alternas en caso de que un nodo pierda su conexión. [40]

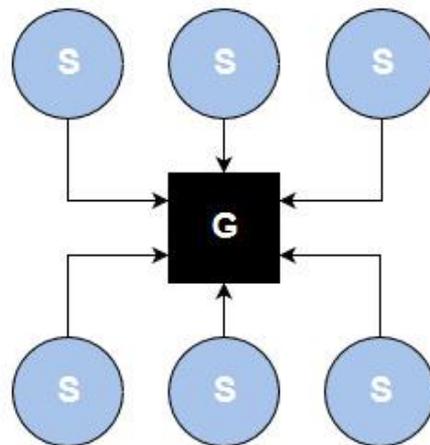


Figura 2. 15. Topología de sensores en estrella. [40]

### Topología en malla

Se caracteriza de tal forma que los nodos pueden enviar y recibir datos interconectándose entre sí hasta llegar a la puerta de enlace, buscando siempre el mejor camino disponible y de mayor confiabilidad. Dependiendo de la distancia entre ellos puede prestarse para periodos de espera. A diferencia de la topología en estrella contiene rutas alternas (backup). [40]

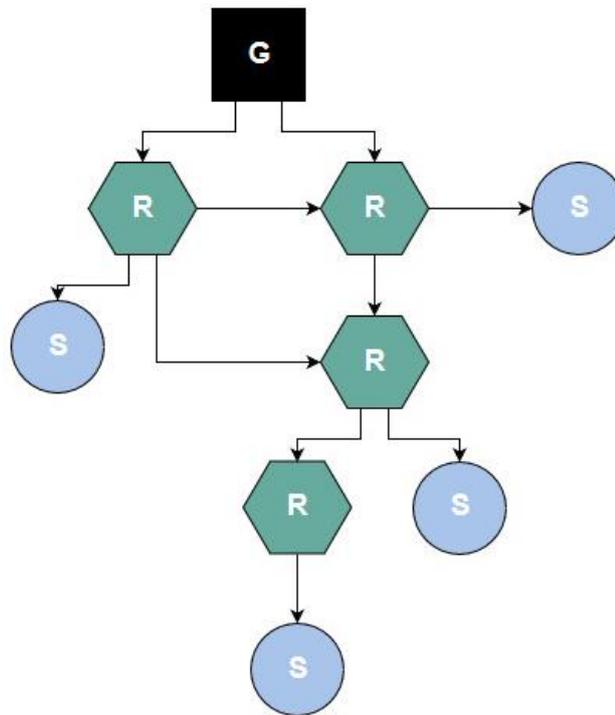


Figura 2. 16. Topología de sensores en malla. [40]

### Topología de árbol

Este tipo de topología es conformada por sensores de diferente jerarquía en donde nodo de sensor es conectado a uno de mayor jerarquía y finalmente hacia la puerta de enlace. La información realiza el camino desde el nodo que se encuentra en una menor jerarquía hasta el Gateway. [40]

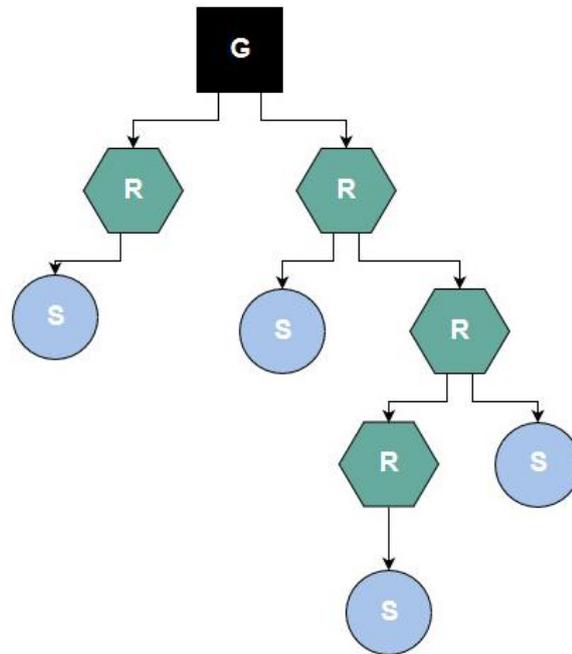


Figura 2. 17. Topología de sensores en árbol. [40]

## 2.9 Modelo de Propagación

El modelo de propagación está conformado por expresiones matemáticas y algoritmos para realizar un análisis de las características de un radioenlace y a su vez para ser útil en el diseño redes de comunicaciones inalámbricas.

Con el modelo de propagación se puede:

- Pronosticar un aproximado de la pérdida en una trayectoria desde una antena transmisora o señal RF de una estación base, y un receptor móvil o receptor fijo.
- Al conocer la trayectoria, se puede concretar la viabilidad de un proyecto comparando así las medidas entre un modelo y las medidas en un campo real.
- Se pueden considerar variables como: características atmosféricas, tipos de terreno, tipos de materiales en construcciones urbanas, características del medio ambiente, distancias, entre otros. [41]

### 2.9.1 Modelo dependiente de las particiones de un sitio

Este modelo de propagación es aplicado en ambientes interiores, el cual es capaz de incluir varios obstáculos por el cual puede pasar la señal a través de paredes y pisos. Se recomienda obtener los datos reales de las pérdidas de cada material de la edificación. [42]

La ecuación para el modelo dependiente de las particiones de un sitio es la siguiente:

$$L_p = L_o + 20 \log d + \sum_{type} m_{type} w_{type} \quad (2.1)$$

En donde:

- $L_p$ = Representa la pérdida entre dos puntos (Receptor y Transmisor).
- $L_o$ = Pérdida de espacio libre a 1[m].
- " $m_{type}$ "= Es el número de objetos o particiones de algún tipo.
- " $w_{type}$ "= El valor de la pérdida de cada objeto.

Para la realizar aproximaciones del modelo, se hace uso de la siguiente tabla:

Atenuación de una Señal de 2.4 GHz	[dB]
Ventana en una pared de ladrillos	2
Pared de Vidrio, con bordes metálicos	6
Pared de Oficina	6
Puerta metálica en una pared de oficina	6
Pared hecha con Ceniza volcánica	4
Puerta metálica en una pared de ladrillos	12.4
Pared de ladrillos junto a la puerta metálica	3

*Nota: Cabe recalcar que para realizar los cálculos en los laboratorios de SEBIOCA, se deberán tomar medidas para el cálculo real.*

**Tabla 2. 6. Valores de pérdida por tipo de obstáculos teóricos. [43]**

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

El capítulo a continuación describe el proceso de diseño y la implementación del sistema de sensores, describiendo las diferentes etapas por realizar. Se comenzará con la evaluación del lugar de trabajo para la correcta ubicación de los nodos sensores, una vez elegido el lugar, se comprobará teóricamente que puede existir comunicación entre ellos para posteriormente empezar con la programación, diseño físico e implementación de estos.

Con la obtención de los valores de todos los sensores, se procederá con la implementación de la página web para que el usuario pueda observar de forma útil los datos que son de su interés.

### 3.1 Descripción del escenario

El presente diseño de una red de sensores será elaborado con módulos NRF24L01 de manera inalámbrica, permitiendo la obtención de datos de temperatura, humedad y luminosidad en los laboratorios de SEBIOCA.

En los laboratorios existen distintos obstáculos que podrían afectar el análisis de un modelo de propagación, la existencia de repisas metálicas con vidrio, piso de cemento y la altura según estén ubicados afectan la calidad de la comunicación.

SEBIOCA cuenta con dos laboratorios de micropropagación y la solución abarca la implementación del sistema en ambos; el “Laboratorio 1”, ubicado en el primer piso de SEBIOCA, conformado por 38 repisas con medida de 60 [cm] x 130[cm]. Tiene un área de 10.86 [m] x 7.64 [m] y de altura 3.20 [m].

El “Laboratorio 2”, ubicado en la planta baja de SEBIOCA, conformado por 46 repisas con medida de 60 [cm] x 130[cm]. Tiene un área de 10.86 [m] x 6.9 [m] y de altura 2.97 [m].

### **3.2 Elección de los sensores**

Teniendo en consideración el lugar y las características a censar, es necesario utilizar dispositivos con el menor rango de error. En el caso de medición de temperatura y humedad se utilizará el DHT22 debido a las facilidades que este sensor otorga, tales como: una respuesta de tipo digital, medición de ambas variables por el mismo dispositivo, error de medición bajo y buena resolución en la medición. Se puede considerar que el sensor DHT22 es lento para realizar mediciones, pero para el análisis que se desea realizar no representa un problema.

En el caso de la medición de luminosidad se utilizará el BH1750 debido a que es de los pocos sensores en el mercado que mide la cantidad de flujo luminoso (iluminancia).

### **3.3 Ubicación de los sensores**

Para encontrar los lugares apropiados en donde colocar los nodos se realizó un análisis previo, colocando sensores en las diferentes repisas para obtener muestras de humedad y temperatura para encontrar los sectores más vulnerables.

El análisis únicamente se centró en los datos de temperatura y humedad, debido a que por la ubicación del laboratorio el sol pasa por encima del piso superior y en el caso del laboratorio de la planta baja solo se cuenta con una ventana. Por lo tanto, se decidió ubicar los sensores de iluminancia en puntos donde el sol impacte de forma directa.

En la planta alta se colocaron cinco sensores en las diferentes repisas y se tomó una muestra cada veinte segundos, fueron cuatrocientas muestras en total dando como resultado:

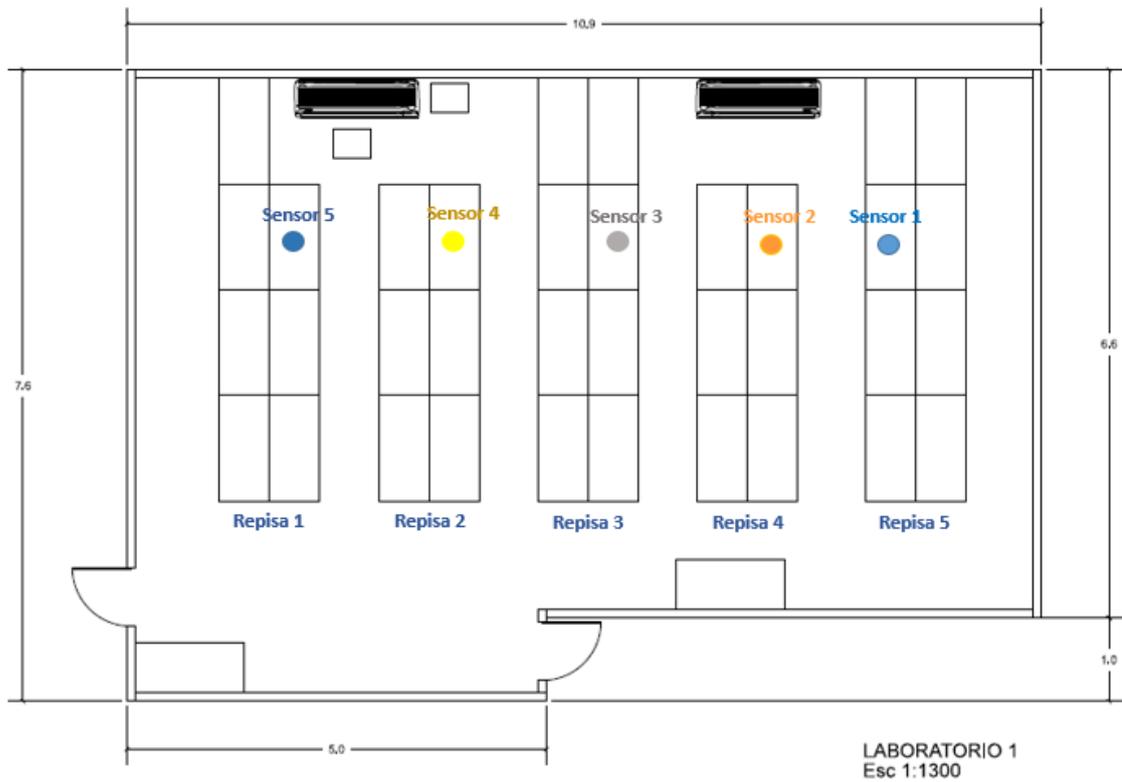


Figura 3. 1. Ubicación de sensores para análisis previo (planta alta).

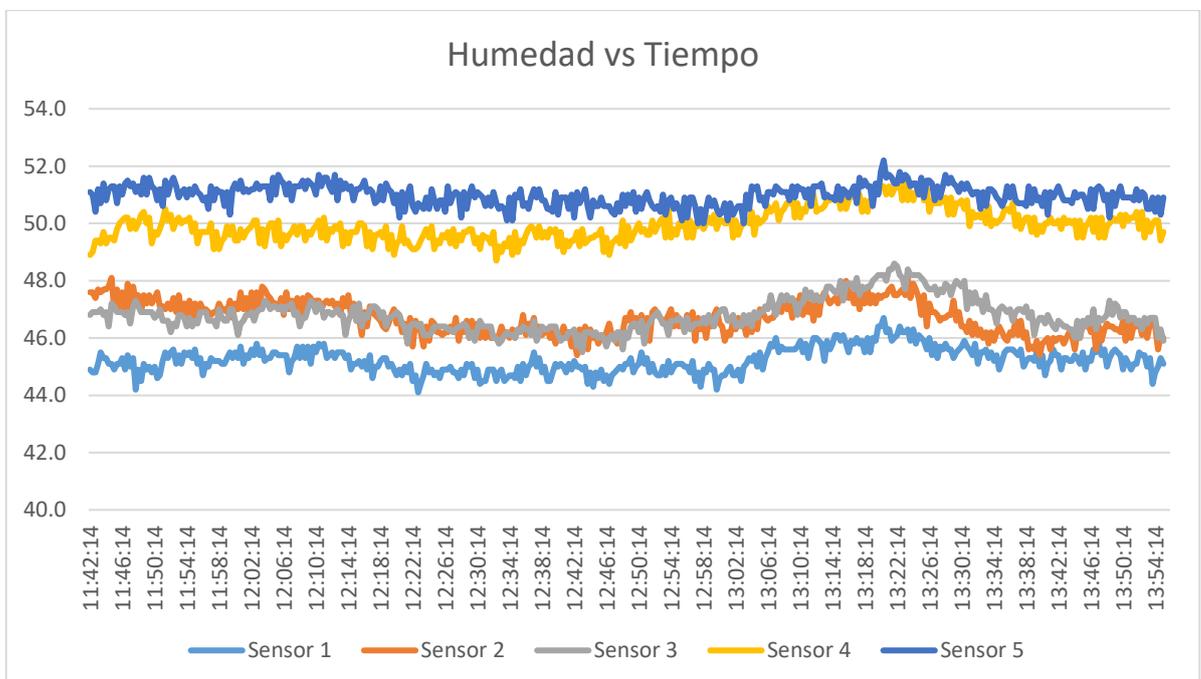
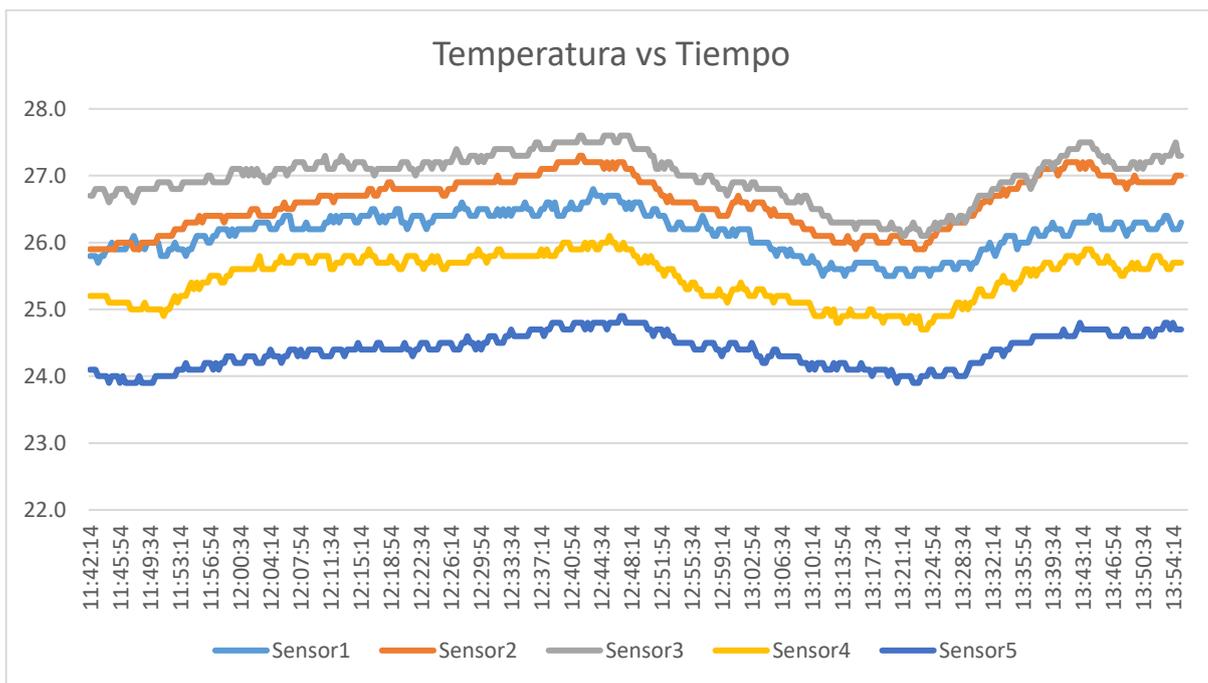


Figura 3. 2. Humedad vs Tiempo (planta alta).



**Figura 3. 3. Temperatura vs Tiempo (planta alta).**

Se considera punto crítico a las líneas que se alejan del promedio de la medición ya que estos sectores serían los más propensos a salirse del rango aceptable para el correcto desarrollo de los cultivos; en el caso de la Figura 3.2 (Humedad vs Tiempo) los puntos críticos corresponden a la medición que realizó el sensor 1 y el sensor 5, en el caso de la Figura 3.3 (Temperatura vs Tiempo) los puntos críticos están situados en donde se colocó el sensor 3 y el sensor 5, por lo tanto, los lugares en donde se ubicarán los nodos serán los puntos donde se colocó el sensor 1, 3 y 5 en la Figura 3.1.

En el caso de la planta baja se realizó el mismo tipo de análisis que en la planta alta, con la diferencia de la cantidad de sensores, ya que solo se utilizaron cuatro, esta decisión se tomó debido a que este laboratorio no se encuentra en funcionamiento y como los rayos del sol solo pueden entrar por una ventana, la temperatura y humedad se mantienen más estables.

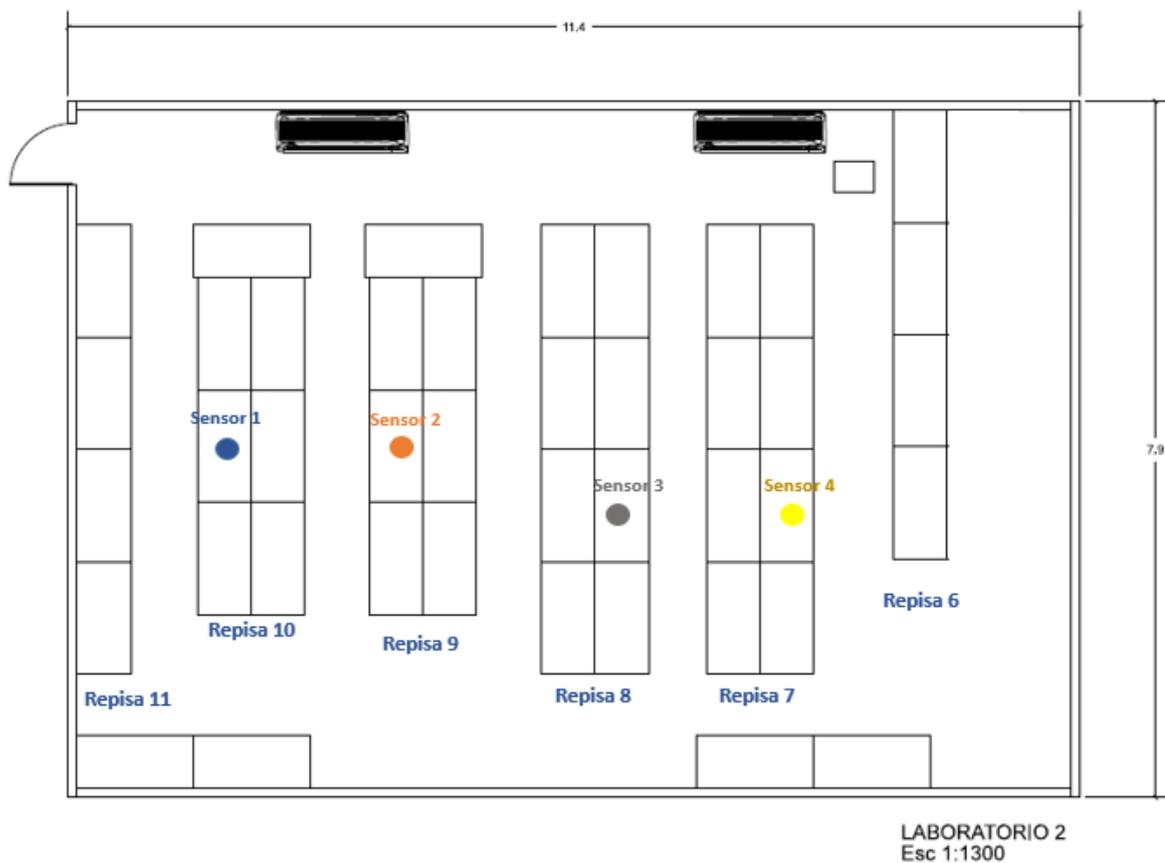


Figura 3. 4. Ubicación de sensores para análisis previo (planta baja).

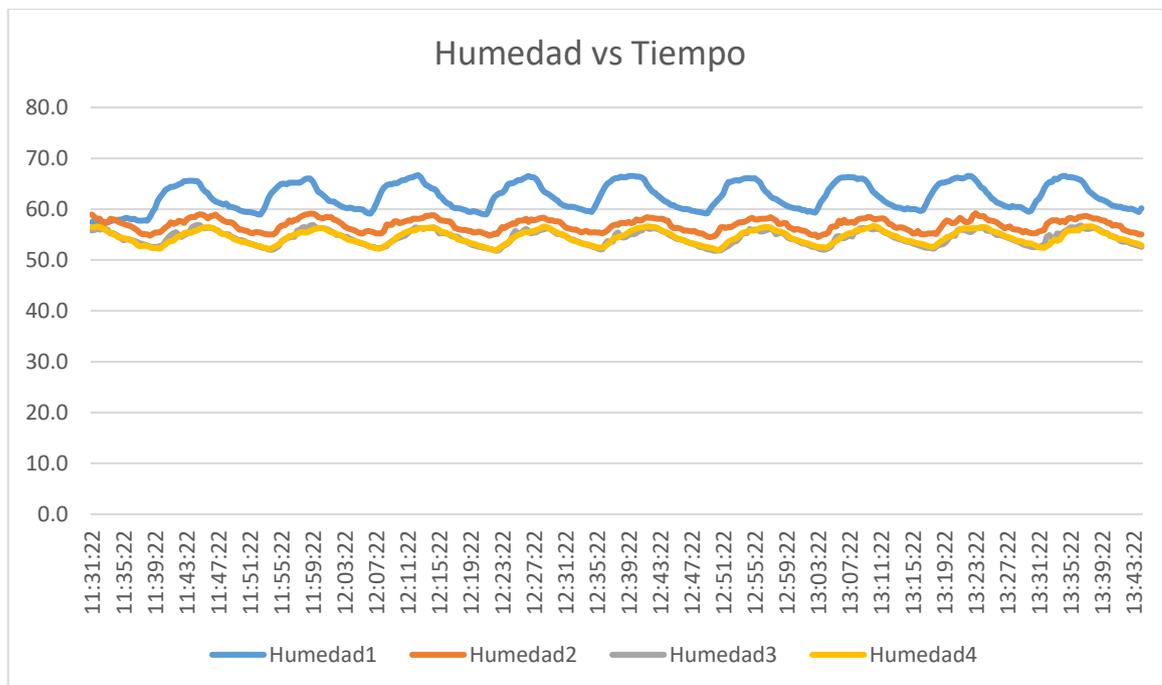
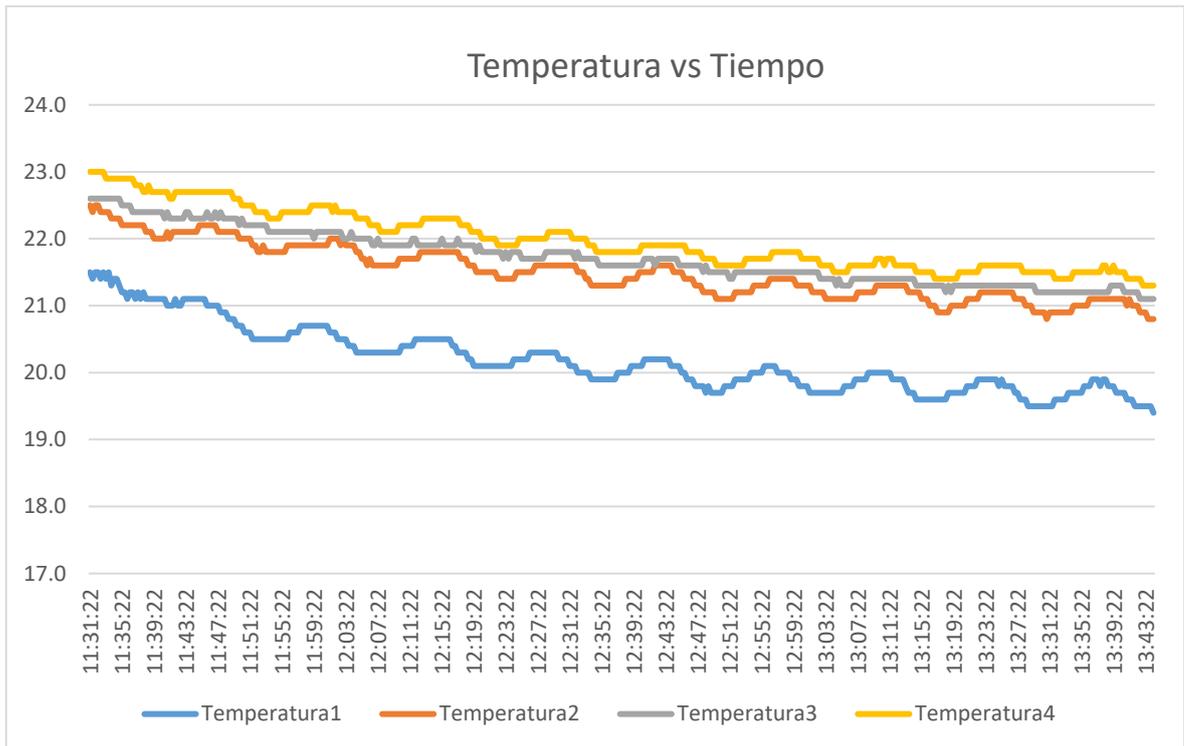


Figura 3. 5. Humedad vs Tiempo (planta baja).



**Figura 3. 6. Temperatura vs Tiempo (planta baja).**

Debido a que en la planta baja solo funciona un acondicionador de aire la ubicación más cercana y lejana a este se consideran puntos críticos. Por lo tanto, los lugares en donde se ubicarán los nodos corresponden a los puntos donde se colocaron los sensores 1 y 4.

### 3.4 Validación de la comunicación

Este apartado consistirá en la comprobación teórica de la posible comunicación entre los diferentes nodos transmisores y el nodo receptor. Para describir el sistema se utilizará un modelo de propagación dependiente de particiones como se explicó en el Capítulo 2.

Se realizó un análisis de las pérdidas obtenidas al cruzar cada obstáculo, siendo estos: el piso, y las diferentes repisas; utilizando la función de analizador de espectro del instrumento de medición FieldFox implementado con una antena logarítmica (Figura 3.7 y Figura 3.8) se obtuvo la siguiente tabla:

Obstáculo	dB
Repisa sin plantas	2
Repisa con plantas	3
Piso	13

*Nota: esta tabla fue obtenida midiendo el valor de potencia antes y después del obstáculo, y mediante la resta del valor de potencia recibida se determinó dicha pérdida.*

**Tabla 3. 1. Atenuaciones de la señal al cruzar diferentes obstáculos.**

Una vez obtenido dichos valores, se procedió a la medición de las diferentes distancias entre cada nodo transmisor y el nodo receptor. Por ubicación del punto de conexión a internet se determinó que el lugar en donde se debe colocar este punto es en la planta baja como se muestra en la Figura 3.9.



**Figura 3. 7. Medición de la potencia recibida al cruzar una repisa sin plantas.**



Figura 3. 8. Medición de la potencia recibida antes de cruzar una repisa con plantas.

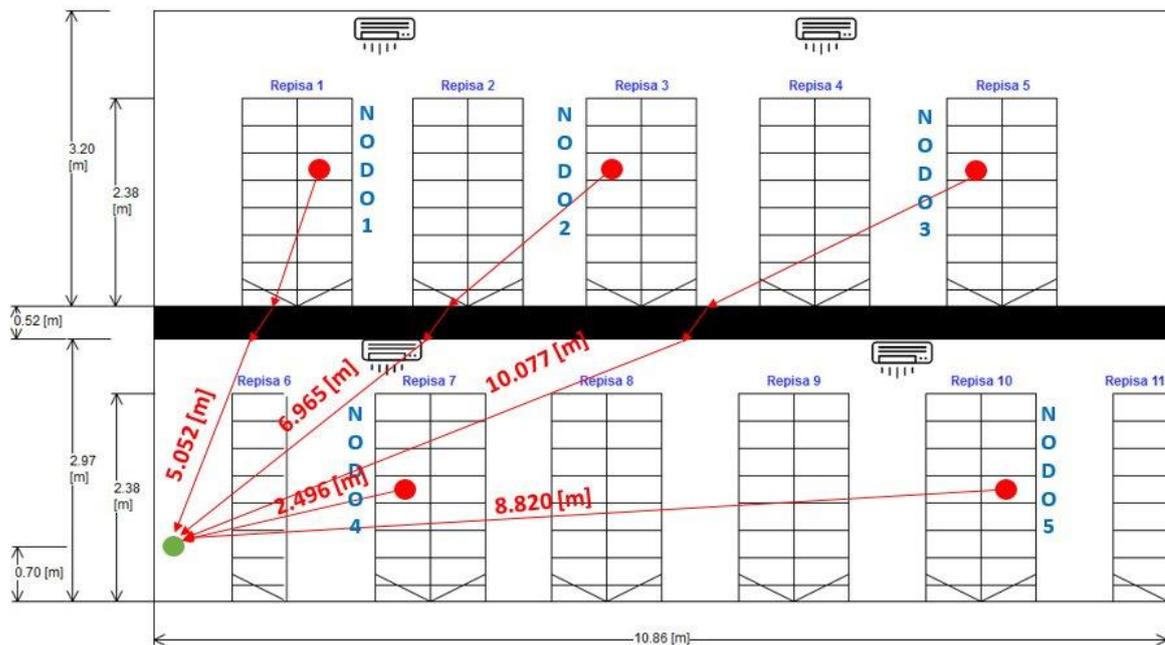


Figura 3. 9. Distancias entre los Nodos Sensores y el Nodo Gateway.

Para realizar los cálculos correspondientes del modelo de propagación dependiente de las particiones de un sitio, se debe calcular en primer lugar la pérdida de espacio libre a 1[m].

Los módulos nRF24I01 fueron configurados a una frecuencia de 2.508 [GHz].

$$L_o = 20 \log \left( \frac{4\pi f d}{c} \right) \quad (3.1)$$

$$L_o = 20 \log \left( \frac{(4)(\pi)(2.508 \text{ GHz})(1 \text{ m})}{3 \times 10^8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]} \right) = 40.428 \text{ [dB]} \quad (3.2)$$

Adicionalmente, la hoja de especificaciones nos provee los siguientes datos:

- Potencia Tx= 20 [dBm]
- Ganancia de la Antena= 2 [dBi]
- Sensibilidad a 1 Mbps: - 95 [dBm]

### **Nodo #1**

La distancia entre el nodo 1 y receptor es de:

$$d_1 = \sqrt{(4.27)^2 + (1.19)^2} = 4.432 \text{ [m]} \quad (3.3)$$

La pérdida entre el nodo 1 y la antena receptora se calcula de la siguiente manera tomando en cuenta el paso de la pérdida de un piso y de una de las repisas con plantas:

$$L_{p1} = L_o + 20 \log(d_1) + \sum_{type} m_{type} w_{type} \quad (3.4)$$

$$L_{p1} = 40.428 \text{ [dB]} + 20 \log(4.432) + (1)(13 \text{ dB}) + (1)(3 \text{ dB}) = 62.894 \text{ [dB]} \quad (3.5)$$

Para calcular la Potencia de Recepción se tiene:

$$P_{r1} = P_{tx1} + G_t - L_p - L_{cc} \quad (3.6)$$

$$P_{r1} = 20 [dBm] + 2 [Dbi] - 62.894 [dB] - 0 = -40.894 [dBm] \quad (3.7)$$

Para el cálculo del Margen de Enlace se tiene:

$$L_{m1} = P_{r1} - S \quad (3.8)$$

$$L_{m1} = -40.894 [dBm] - (-95 [dBm]) = 54.106 [dBm] \quad (3.9)$$

Debido a que la potencia obtenida en el receptor excede al valor de sensibilidad por 54.106 [dBm], se puede concluir que puede existir comunicación entre el nodo 1 y el nodo receptor.

## Nodo #2

La distancia entre el nodo 2 y receptor es de:

$$d_2 = \sqrt{(4.27)^2 + (4.94)^2} = 6.529 [m] \quad (3.10)$$

La pérdida entre el nodo 2 y la antena receptora se calcula de la siguiente manera tomando en cuenta el paso de la pérdida de un piso, de una de las repisas con plantas y una sin plantas:

$$L_{p2} = L_o + 20 \log(d_2) + \sum_{type} m_{type} w_{type} \quad (3.11)$$

$$L_{p2} = 40.428 [dB] + 20 \log(6.529) + (1)(13 dB) + (1)(3dB) + (1)(2dB) = 74.725 [dB] \quad (3.12)$$

Para calcular la Potencia de Recepción se tiene:

$$P_{r2} = P_{tx2} + G_t - L_p - L_{cc} \quad (3.13)$$

$$P_{r2} = 20 [dBm] + 2 [Dbi] - 74.725 [dB] - 0 = -52.725 [dBm] \quad (3.14)$$

Para el cálculo del Margen de Enlace se tiene:

$$L_{m2} = P_{r2} - S \quad (3.15)$$

$$L_{m2} = -52.725 [dBm] - (-95 [dBm]) = 42.275 [dBm] \quad (3.16)$$

Debido a que la potencia obtenida en el receptor excede al valor de sensibilidad por 42.275 [dBm], se puede concluir que puede existir comunicación entre el nodo 2 y el nodo receptor.

### Nodo #3

La distancia entre el nodo 3 y receptor es de:

$$d_3 = \sqrt{(4.27)^2 + (8.8)^2} = 9.781 [m] \quad (3.17)$$

La pérdida entre el nodo 3 y la antena receptora se calcula de la siguiente manera tomando en cuenta el paso de la pérdida de un piso, de una de las repisas con plantas y dos repisas sin plantas:

$$L_{p3} = L_o + 20\log(d_3) + \sum_{type} m_{type}w_{type} \quad (3.18)$$

$$L_{p3} = 40.428 [dB] + 20\log(9.781) + (1)(13dB) + (1)(3dB) + (2)(2dB) = 80.235 [dB] \quad (3.19)$$

Para calcular la Potencia de Recepción se tiene:

$$P_{r3} = P_{tx3} + G_t - Lp - Lcc \quad (3.20)$$

$$P_{r3} = 20 [dBm] + 2 [Dbi] - 80.235 [dB] - 0 = -58.235 [dBm] \quad (3.21)$$

Para el cálculo del Margen de Enlace se tiene:

$$L_{m3} = P_{r3} - S \quad (3.22)$$

$$L_{m3} = -58.235 [dBm] - (-95 [dBm]) = 36.765 [dBm] \quad (3.22)$$

Debido a que la potencia obtenida en el receptor excede al valor de sensibilidad por 36.765 [dBm], se puede concluir que puede existir comunicación entre el nodo 3 y el nodo receptor.

### Nodo #4

La distancia entre el nodo 4 y receptor es de:

$$d_4 = \sqrt{(0.42)^2 + (2.46)^2} = 2.496[m] \quad (3.23)$$

La pérdida entre el nodo 4 y la antena receptora se calcula de la siguiente manera tomando en cuenta el paso de la pérdida de una repisa sin plantas:

$$L_{p4} = L_o + 20\log(d_4) + \sum_{type} m_{type}w_{type} \quad (3.24)$$

$$L_{p4} = 40.428 [dB] + 20\log(2.496) + (1)(2dB) = 50.371[dB] \quad (3.25)$$

Para calcular la Potencia de Recepción se tiene:

$$P_{r4} = P_{tx4} + G_t - Lp - Lcc \quad (3.26)$$

$$P_{r4} = 20 [dBm] + 2 [Dbi] - 50.371 [dB] - 0 = -28.371 [dBm] \quad (3.27)$$

Para el cálculo del Margen de Enlace se tiene:

$$L_{m4} = P_{r4} - S \quad (3.28)$$

$$L_{m4} = -28.371 [dBm] - (-95 [dBm]) = 66.629 [dBm] \quad (3.29)$$

Debido a que la potencia obtenida en el receptor excede al valor de sensibilidad por 66.629 [dBm], se puede concluir que puede existir comunicación entre el nodo 4 y el nodo receptor.

## Sensor #5

La distancia entre el nodo 5 y receptor es de:

$$d_5 = \sqrt{(0.42)^2 + (8.81)^2} = 8.820 [m] \quad (3.30)$$

La pérdida entre el nodo 5 y la antena receptora se calcula de la siguiente manera tomando en cuenta el paso de la pérdida de cuatro repisas sin plantas:

$$L_{p5} = L_o + 20\log(d_5) + \sum_{type} m_{type}w_{type} \quad (3.31)$$

$$L_{p5} = 40.428 [dB] + 20\log(8.820) + (4)(2dB) = 67.337 [dB] \quad (3.32)$$

Para calcular la Potencia de Recepción se tiene:

$$P_{r5} = P_{tx5} + G_t - Lp - Lcc \quad (3.33)$$

$$P_{r4} = 20 [dBm] + 2 [Dbi] - 67.337 [dB] - 0 = -45.337 [dBm] \quad (3.34)$$

Para el cálculo del Margen de Enlace se tiene:

$$L_{m5} = P_{r5} - S \quad (3.35)$$

$$L_{m5} = -45.337 [dBm] - (-95 [dBm]) = 49.663 [dBm] \quad (3.36)$$

Debido a que la potencia obtenida en el receptor excede al valor de sensibilidad por 49.663 [dBm], se puede concluir que puede existir comunicación entre el nodo 5 y el nodo receptor.

### 3.5 Arquitectura del sistema

La topología por utilizar para la red de sensores será de tipo estrella, debido a la cercanía de los puntos y el número de nodos planificados, en el nodo central (Gateway) se recopilarán todos los datos de los diferentes nodos subyacentes para su posterior envío a una Raspberry Pi y su correspondiente subida a Internet para el almacenamiento de los datos en el servidor, permitiendo así, el manejo de los datos mediante la página web.

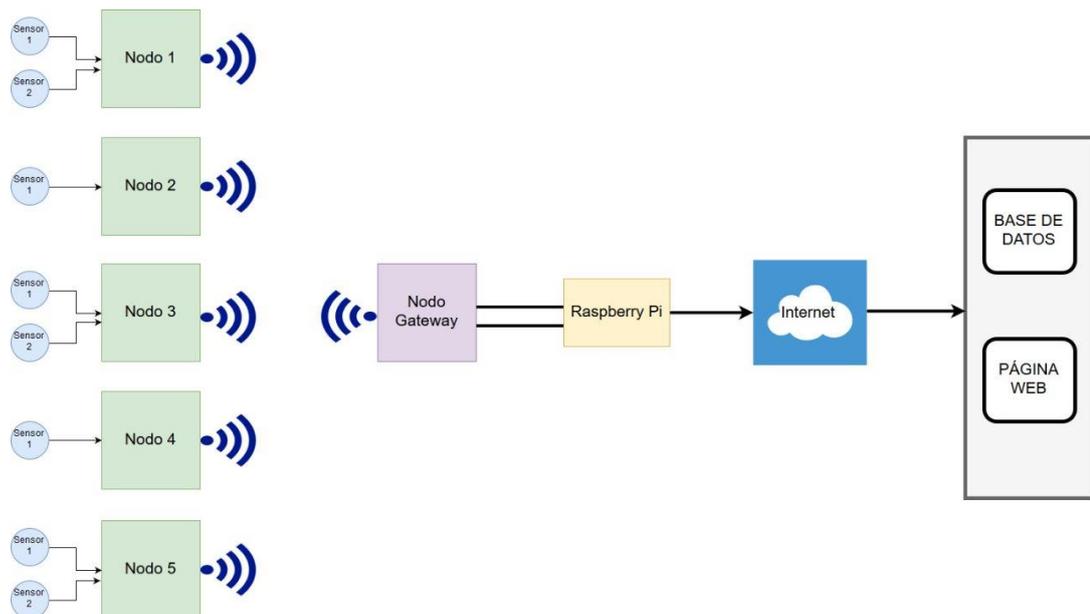


Figura 3. 10. Arquitectura del sistema.

### 3.6 Diagrama esquemático

A continuación, se muestra los diferentes componentes a utilizar en el sistema y como están conectados. La conexión entre el Arduino máster y la Raspberry Pi es realizada de modo serial, mediante un cable USB tipo B permitiendo el envío de datos y a su vez la alimentación de la placa Arduino.

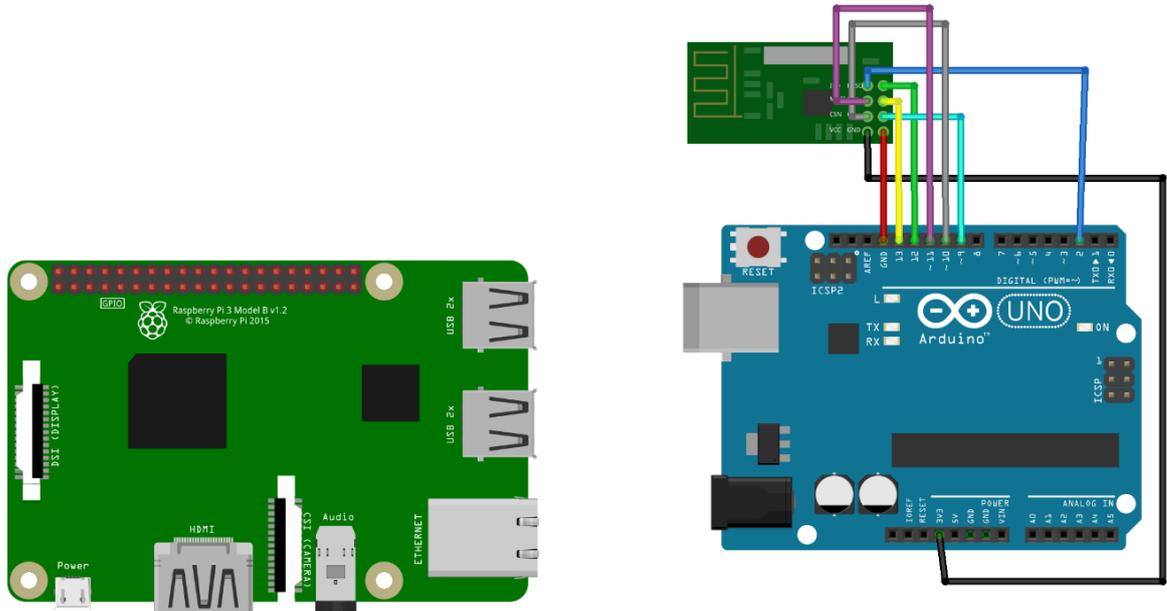


Figura 3. 11. Diagrama esquemático del Nodo Gateway.

El nodo denominado de tipo A solo mide las variables de temperatura y humedad del ambiente; en el sistema se utilizarán tres de estos nodos.

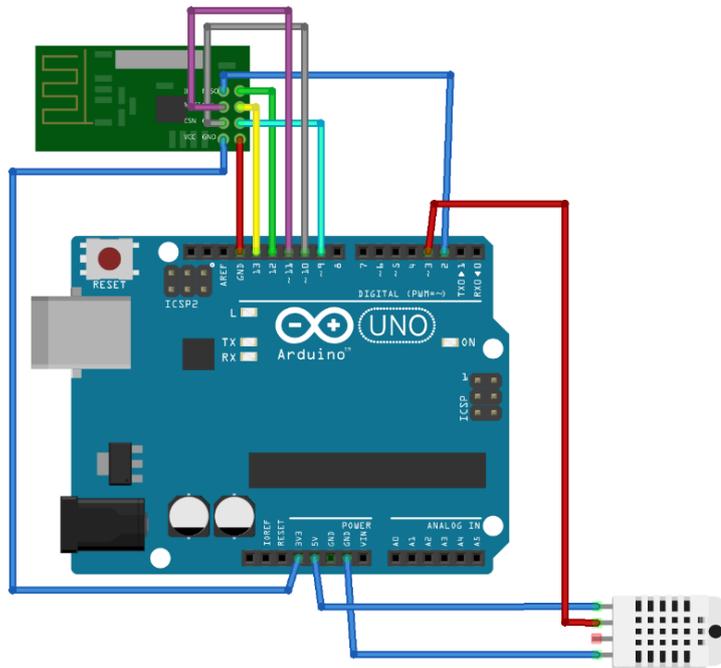


Figura 3. 12. Diagrama esquemático de un Nodo tipo A.

El nodo tipo B tiene como característica que puede censar iluminancia; el sistema contará con dos de estos nodos

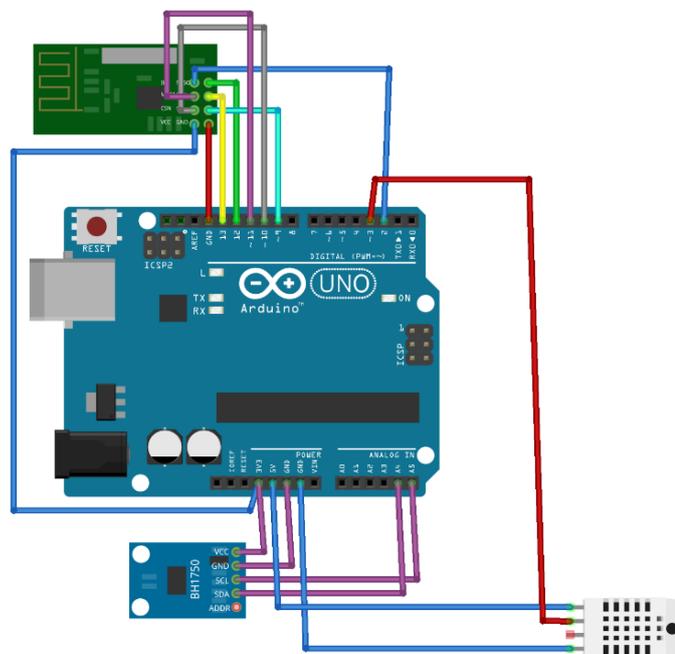


Figura 3. 13. Diagrama esquemático de un Nodo tipo B.

### 3.7 Pseudocódigo (diagramas de flujo del sistema)

Los diagramas de flujo a continuación consisten en la explicación de cómo funciona el sistema de censado de manera global y simplificada.

El primer diagrama (Figura 3.14) representa el proceso que debe realizar un nodo transmisor con sensor de humedad y temperatura, denominado por simplicidad "Nodo tipo A"

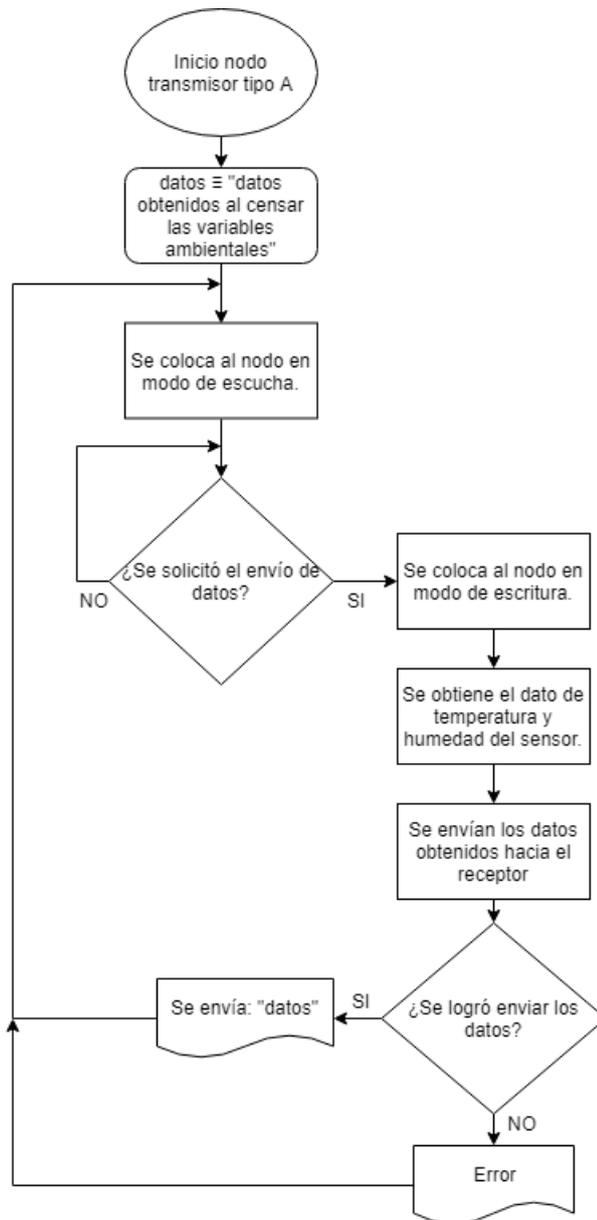
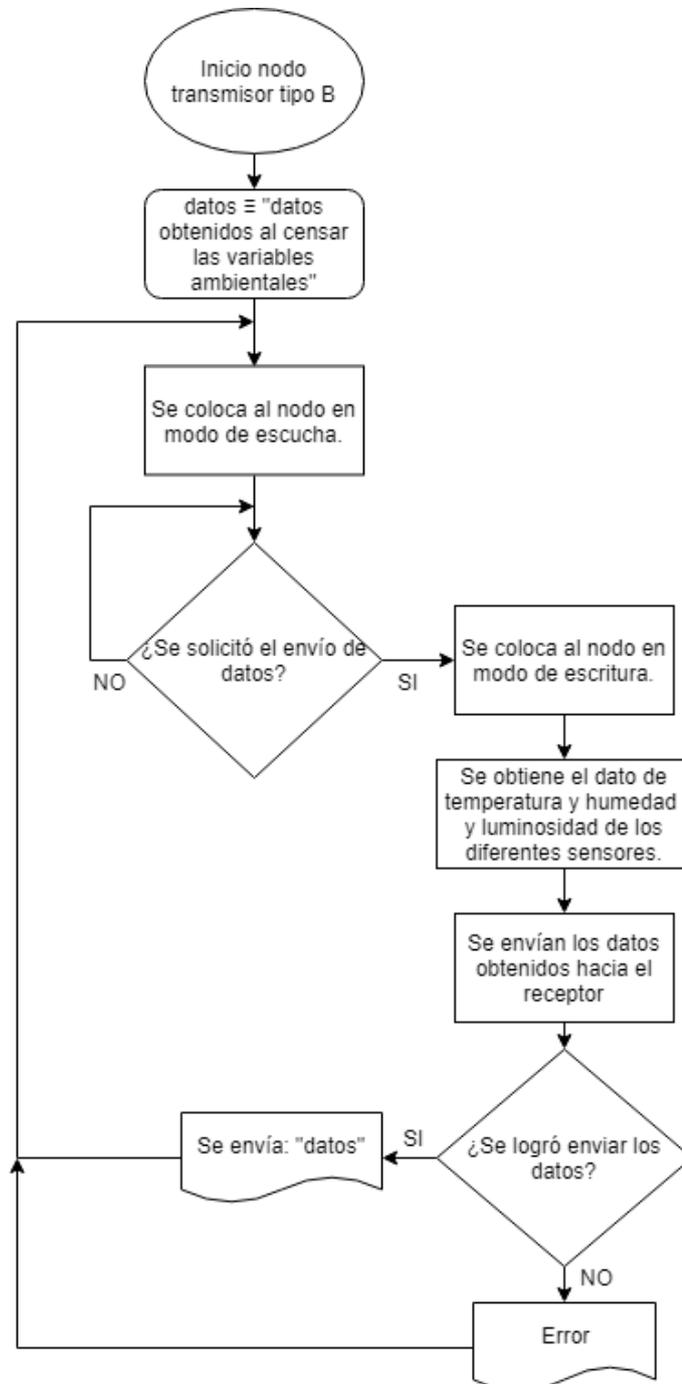


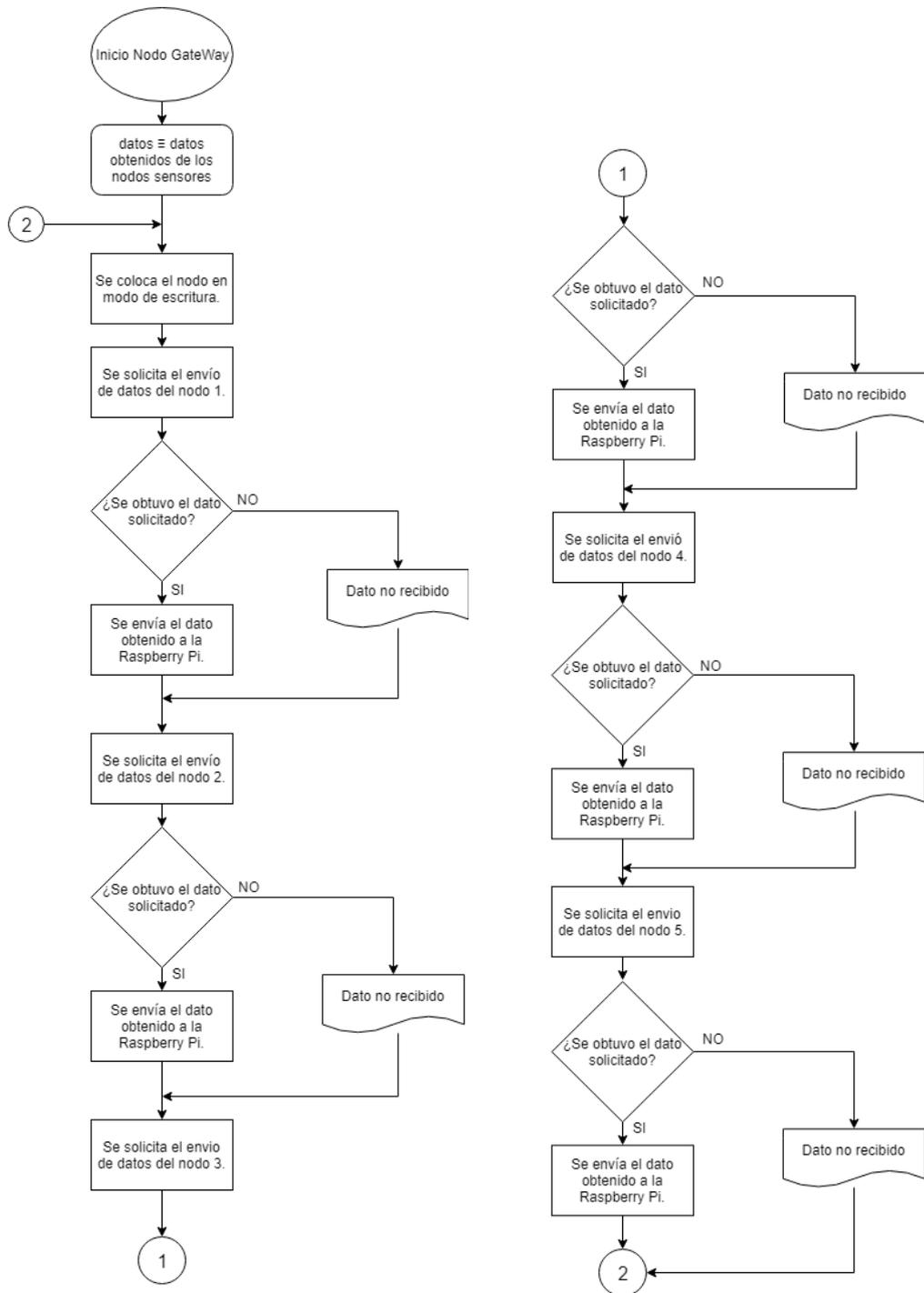
Figura 3. 14. Explicación del proceso de envío de información desde un nodo transmisor de tipo A.

El siguiente diagrama (Figura 3.15) explica el proceso que realiza el Nodo de tipo B que puede censar temperatura, humedad e iluminancia, básicamente es un Nodo tipo A con una variable más en los datos enviados.

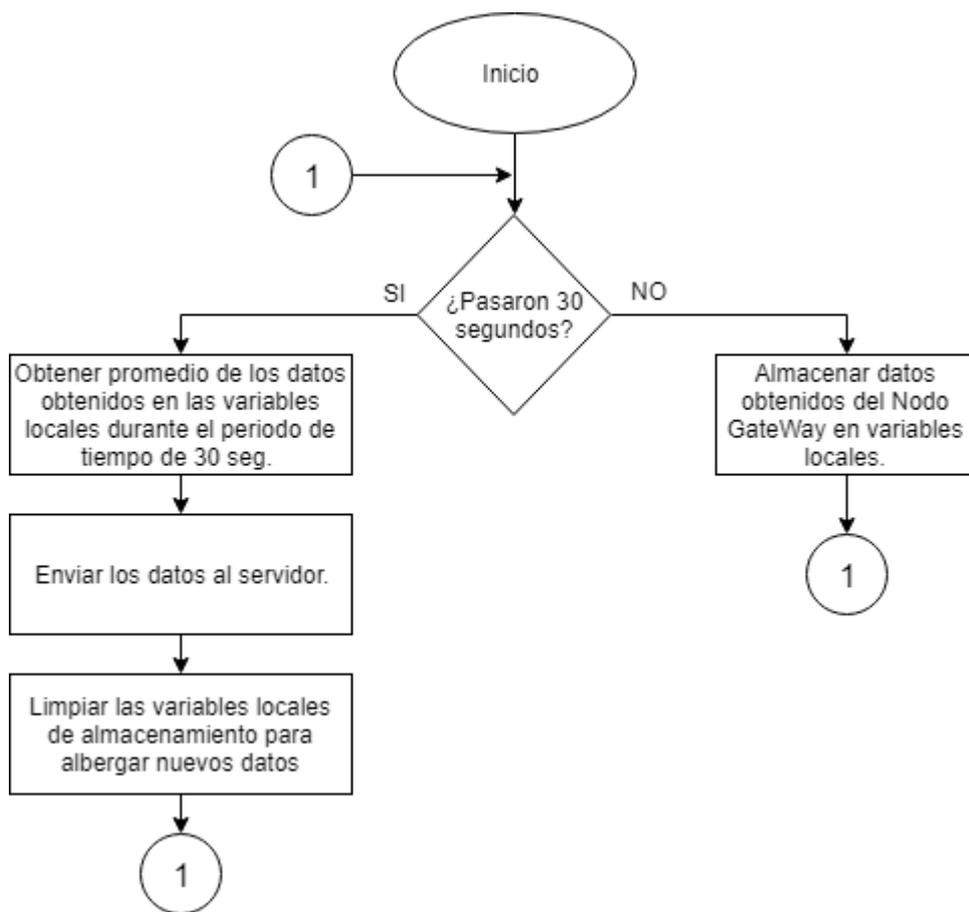


**Figura 3. 15. Explicación del proceso de envío de información desde un nodo transmisor de tipo B.**

El diagrama de la Figura 3.16 representa las acciones que realiza el receptor o “Nodo Gateway”, obteniendo datos de cada sensor y enviándolos a la Raspberry Pi para su posterior conversión y subida a Internet.

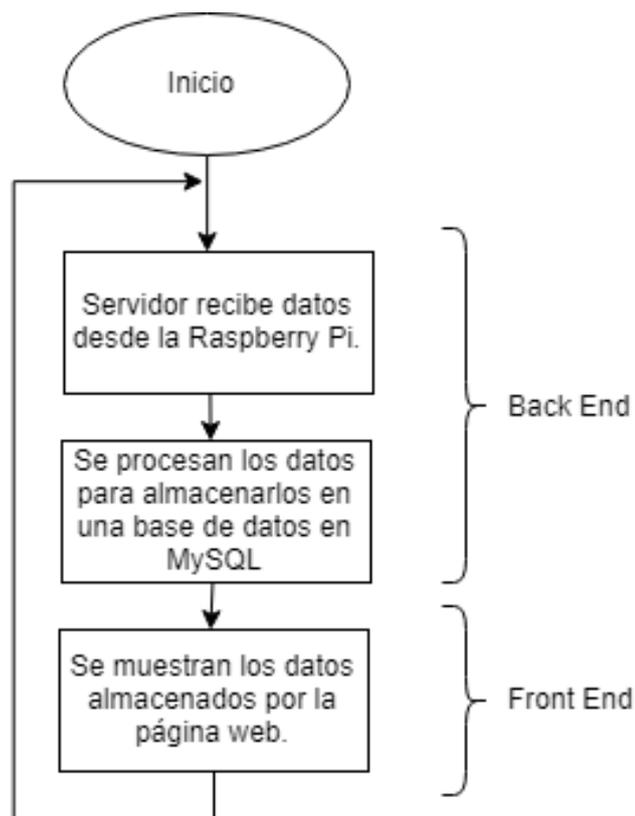


**Figura 3. 16. Proceso de recepción de datos en el nodo Gateway desde los cinco diferentes nodos sensores.**



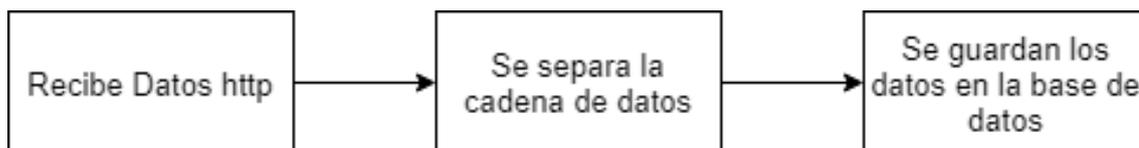
**Figura 3. 17. Proceso de envío de datos al servidor desde la Raspberry Pi.**

Los datos enviados desde la Raspberry Pi son recibidos por el servidor para su posterior procesamiento y visualización en la página web. En la Figura 3.18 se muestra un diagrama básico de la lógica usada para realizar la página web.



**Figura 3. 18. Lógica básica de la página web.**

El servidor se encarga de interpretar la cadena de datos obtenidos y guardarlos en la base de datos MySQL.



**Figura 3. 19. Lógica del archivo Php.**

La base de datos se conforma de tablas, una para almacenar los valores del piso superior y otra para el piso inferior del laboratorio.

Servidor: localhost:3306 » Base de datos: senso135\_sensors » Tabla: sensoresBaja

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar Exportar Importar

Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: Buscar en esta tabla

+ Opciones

fecha	lum1	temp1	temp2	hum1	hum2
2019-01-08 16:12:23	1632.50	21.80	18.80	52.13	70.30
2019-01-08 16:12:54	1629.58	21.80	18.90	53.30	71.45
2019-01-08 16:13:25	1591.25	21.80	18.95	54.13	71.90
2019-01-08 16:13:55	1587.78	21.80	19.00	54.55	69.37
2019-01-08 16:14:25	1587.50	21.80	18.95	54.90	66.60
2019-01-08 16:14:56	1596.67	21.80	18.90	55.33	65.35
2019-01-08 16:15:26	1633.89	21.80	18.83	55.00	64.00
2019-01-08 16:15:57	1628.33	21.80	18.70	54.35	63.00
2019-01-08 16:16:27	1615.00	21.80	18.65	53.40	62.35
2019-01-08 16:16:58	1594.72	21.75	18.53	52.80	61.73
2019-01-08 16:17:28	1574.17	21.70	18.50	52.40	61.30
2019-01-08 16:17:58	1574.17	21.70	18.50	52.40	61.30
2019-01-08 16:18:31	1574.17	21.70	18.50	52.40	61.30
2019-01-08 16:19:02	1574.17	21.70	18.50	52.40	61.30
2019-01-08 16:19:32	1527.50	21.80	18.50	52.20	64.10
2019-01-08 16:20:03	1498.89	21.70	18.83	53.77	72.03
2019-01-08 16:20:33	1419.16	21.70	18.90	54.35	71.00
2019-01-08 16:21:04	1376.25	21.70	18.85	54.70	67.45
2019-01-08 16:21:34	1365.83	21.70	18.80	55.15	66.00
2019-01-08 16:22:04	1477.50	21.70	18.75	54.95	64.40
2019-01-08 16:22:35	1329.16	21.70	18.70	54.40	63.45

Figura 3. 20. Ejemplo de tabla MySQL con datos.

Los datos guardados en la base de datos se presentan mediante gráficas en tiempo real, a continuación, se muestra los procesos que se llevan a cabo en el Front-end para la interacción con el usuario.

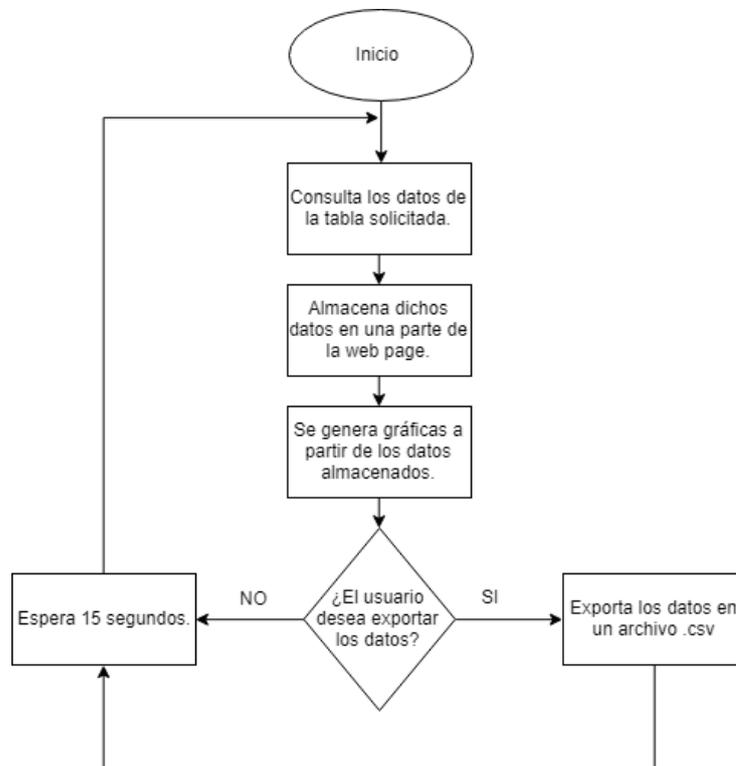


Figura 3. 21. Lógica básica del funcionamiento del Front-end de la página web.

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos después de realizar la implementación correspondiente, analizando el sistema una vez que se encuentre operativo.

### 4.1 Implementación de la red de sensores

Como fue mencionado anteriormente, la topología utilizada es la de estrella debido a la simplicidad del sistema. Se ubicaron cinco nodos de sensores los cuales envían los datos solicitados a un nodo central encargado de hacer las veces de puerta de enlace para la subida a de los mismos a la página web.

Cabe indicar que cada Nodo de Sensor es formado por:

- Sensor de Humedad y Temperatura DHT22.
- Módulo NRF24L01 con antena externa.
- Sensor de Luminancia MÓDULO GY-30 (BH1750FVI).
- Arduino UNO.
- Para la protección de este, está cubierto por una caja plástica de 10x10 [cm].

El nodo central está formado por:

- Módulo NRF24L01 con antena externa.
- Arduino Uno.
- Raspberry Pi.
- Módulo NRF24L01 con antena externa.

- Para la protección de este está cubierto por una caja plástica de 20x20 [cm].

En la Figura 4.1 se muestra la topología lógica final de red creada en el entorno real de los laboratorios de SEBIOCA.

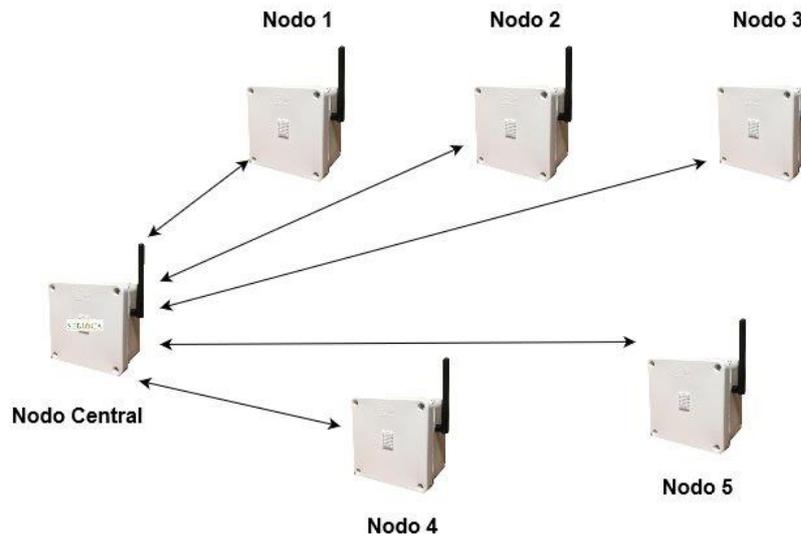


Figura 4. 1. Topología lógica de la red de sensores.

### Ubicación Física de los Nodos

- El Nodo 1 se encuentra ubicado en el Laboratorio de micropropagación en el primer piso del lado derecho del mismo, siendo capaz de medir constantemente temperatura y humedad para posteriormente ser enviados los valores al nodo central.



**Figura 4. 2. Nodo 1 en laboratorio de SEBIOCA.**

- El Nodo 2 se encuentra ubicado en el primer piso en la parte central del Laboratorio, siendo capaz de medir constantemente temperatura, luminosidad y humedad para posteriormente ser enviados los valores al nodo central.



**Figura 4. 3. Nodo 2 en laboratorio de SEBIOCA.**

- El Nodo 3 se encuentra ubicado en el primer piso en el lado izquierdo del Laboratorio, siendo capaz de medir constantemente temperatura y humedad para posteriormente ser enviados los valores al nodo central.



**Figura 4. 4. Nodo 3 en laboratorio de SEBIOCA.**

- El Nodo 4 se encuentra ubicado en el Laboratorio de micropropagación en la planta baja en el lado izquierdo del mismo, siendo capaz de medir constantemente temperatura y humedad para posteriormente ser enviados los valores al nodo central.



**Figura 4. 5. Nodo 4 en laboratorio de SEBIOCA.**

- El Nodo 5 se encuentra ubicado en la planta baja del Laboratorio en el lado derecho del mismo, siendo capaz de medir constantemente temperatura, luminosidad y humedad para posteriormente enviar los valores al nodo central.



Figura 4. 6. Nodo 5 en laboratorio de SEBIOCA.

## 4.2 Medición de la potencia de la señal recibida

En este apartado se verificará que la señal recibida en el nodo principal supere la sensibilidad del equipo para que exista la correcta comunicación.

Debido a que los módulos nRF24L01 no cuentan con un software especializado en comprobar la calidad de la comunicación entre dichos dispositivos, se utilizó el analizador de espectro FieldFox N9916A para conocer con qué potencia está llegando la señal al nodo principal (nodo Gateway). A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

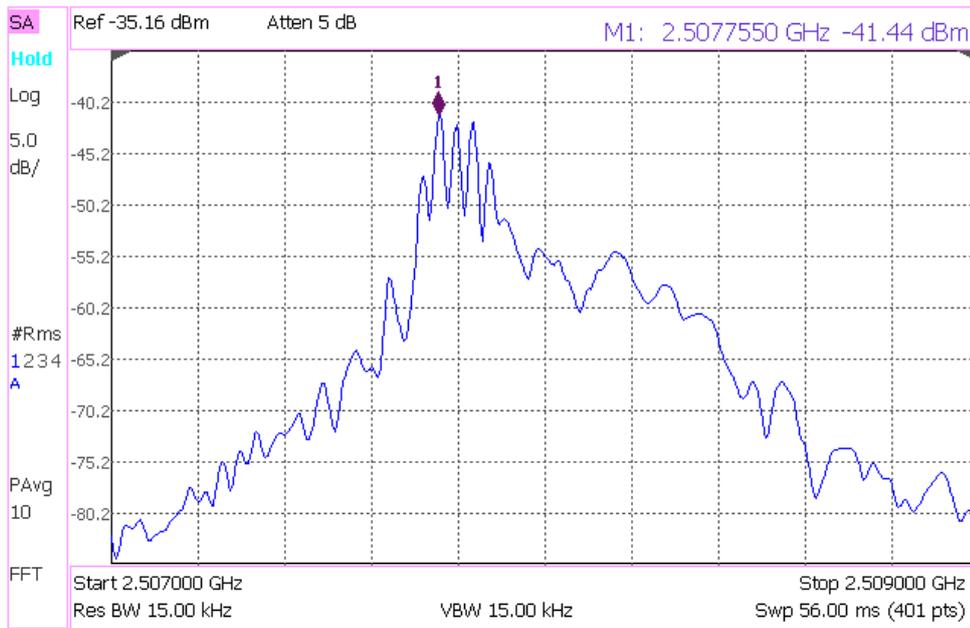


Figura 4. 7. Potencia recibida del nodo 1 utilizando el analizador de espectro FieldFox

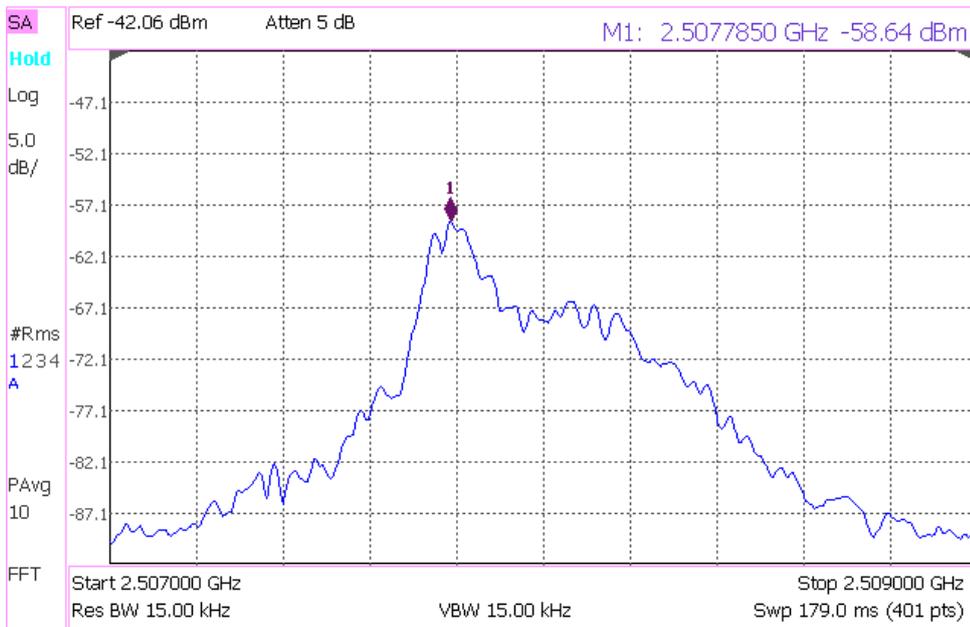


Figura 4. 8. Potencia recibida del nodo 2 utilizando el analizador de espectro FieldFox.

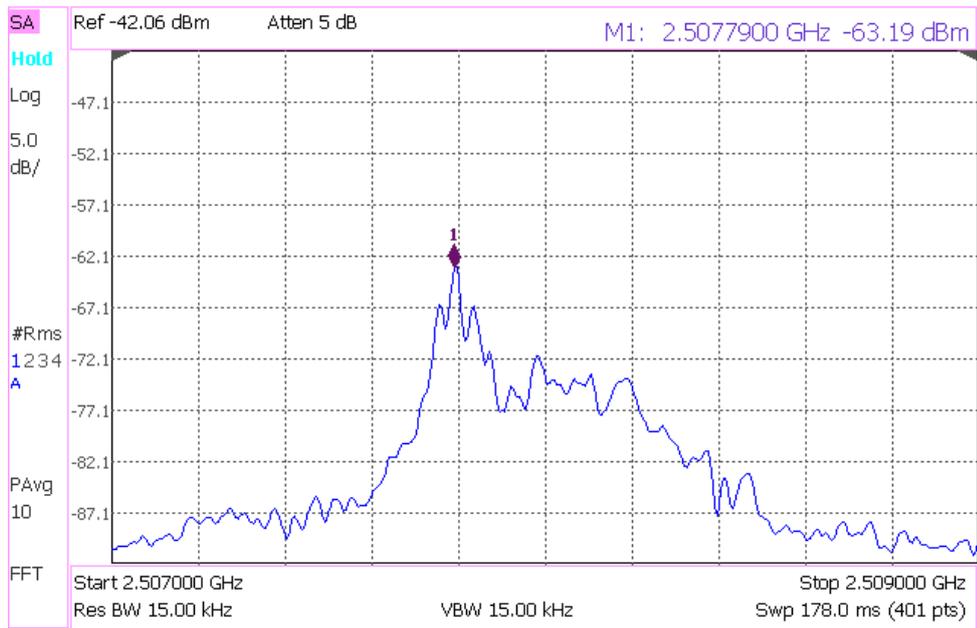


Figura 4. 9. Potencia recibida del nodo 3 utilizando el analizador de espectro FieldFox.

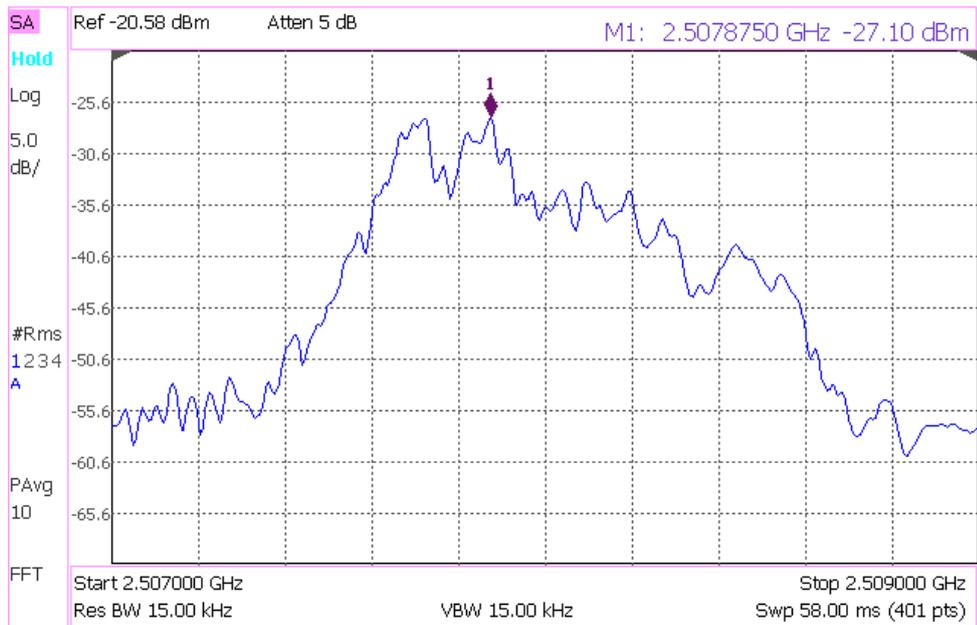
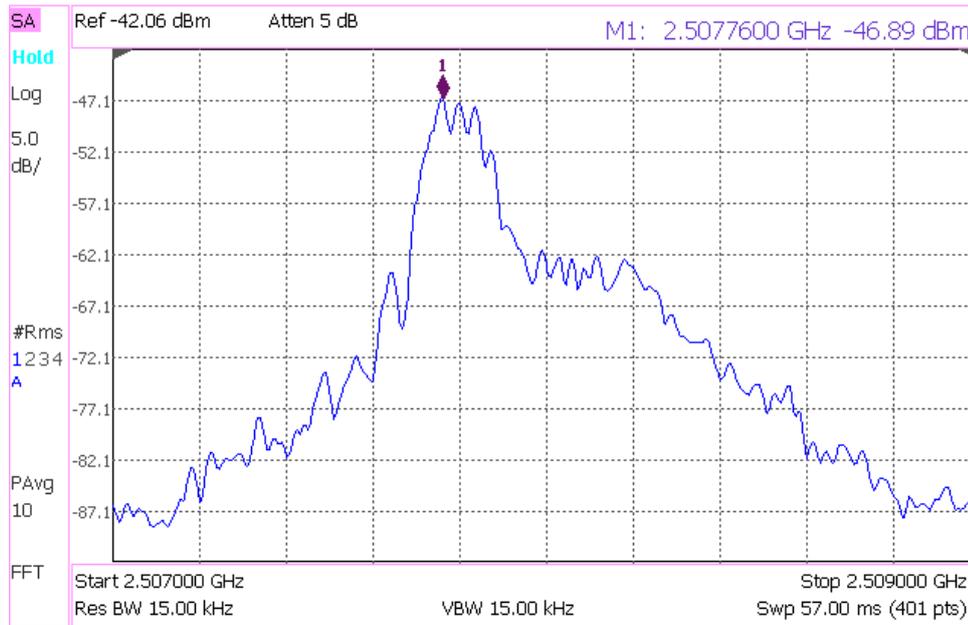


Figura 4. 10. Potencia recibida del nodo 4 utilizando el analizador de espectro FieldFox.



**Figura 4. 11. Potencia recibida del nodo 5 utilizando el analizador de espectro FieldFox.**

Dado que la antena logarítmica utilizada tiene una ganancia diferente a la antena del módulo nRF24l01, se realizó una resta de ganancias para obtener el resultado aproximado que tendría la antena realmente usada.

La Tabla 4.1 muestra el valor de la potencia obtenida real, su comparación con el cálculo teórico y su respectiva diferencia entre ambos valores.

Nodo	$P_r$ Real [dB]	$P_r$ Teórica [dB]	Diferencia [dB]
1	-44.44	-40.894	3.546
2	-61.64	-52.725	8.915
3	-66.19	-58.235	7.955
4	-30.10	-28.371	1.729
5	-49.89	-45.337	4.553

*Nota: la posición de los nodos se encuentra especificada en el capítulo 3 en la Figura 3.9 y el cálculo teórico en el apartado 3.4.*

**Tabla 4. 1. Comparación entre la potencia recibida real y teórica.**

En la tabla 4.1 se puede observar que todas las potencias promedio obtenidas de forma real mediante el uso del equipo FieldFox son mayores a la sensibilidad de los módulos transceptores (-95 [dB]), por lo tanto, se puede concluir que la comunicación entre estos nodos es factible.

De la misma tabla se puede notar que los nodos que tienen mayor pérdida están ubicados en la planta alta debido a que la señal tiene que cruzar el piso para comunicarse, así como también se puede observar el comportamiento de la señal en el medio, mostrando que, a mayor distancia y cantidad de obstáculos, la potencia disminuye.

La diferencia entre los valores teóricos y experimentales depende también del momento en que se tomaron los datos, ya que dentro del laboratorio se suelen mover las diferentes repisas y frascos, produciendo cambios en los resultados obtenidos por el FieldFox.

### 4.3 Verificación de la velocidad de transmisión de datos

Con el equipo FieldFox Microwave Analyzer se realizó la obtención del Ancho de banda del Módulo NRF24L01 mostrado en la Figura 4.12. La gráfica está tomando la señal transmitida en Potencia [dB] vs Frecuencia [GHz], en donde la frecuencia de la portadora se encuentra en 2.5077 [GHz].

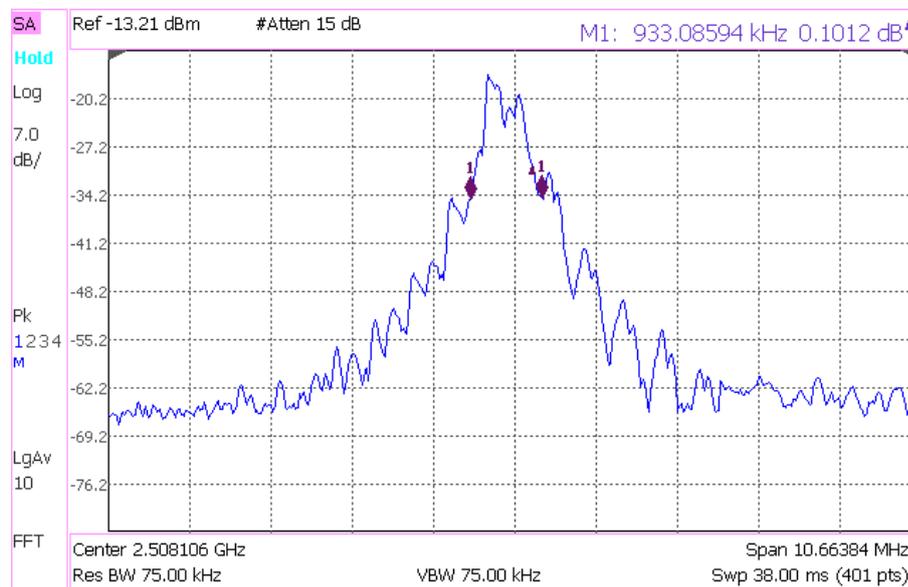


Figura 4. 12. Ancho de Banda del Módulo NRF24L01.

Según la gráfica obtenida, se puede apreciar que la señal transmitida tiene un ancho de banda de 933.08594 [kHz]. A los laterales de la señal deseada se pueden

apreciar los lóbulos del filtro gaussiano que se produce ya que Módulo NRF24L01, utiliza modulación GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying).

Para el cálculo de la Velocidad de Transferencia de datos se usa la siguiente fórmula:

$$R_b = R_s * \frac{\#bits}{símbolo} \quad (4.1)$$

En donde:

- $R_b$  = Tasa de bits
- $R_b$  representa la Tasa de símbolo que a su vez es igual a  $2W$ , donde  $W$  es el ancho de banda.
- $\frac{\#bits}{símbolo}$  = Depende de la modulación utilizada.

Con la modulación de GFSK se tiene  $1 \left[ \frac{bit}{símbolo} \right]$  [43]

$$R_b = (933.08594 [kHz].) * 1 \left[ \frac{bit}{símbolo} \right] = 933.08594 [kbps] \quad (4.2)$$

La hoja de especificaciones del módulo NRF24L01 se tiene que para una Velocidad de transferencia de 1Mbps, el ancho de banda correspondido está entre 900 – 1000 [KHz], el cual es un valor aproximado a la velocidad y ancho de banda obtenido de manera experimental.

## 4.4 Página web

### 4.4.1 Funcionamiento de la página web

La página web se encuentra almacenada en un servidor externo para que se pueda acceder a los datos de forma externa sin ningún problema; fue desarrollada para su correcta visualización en computadora, pero se puede acceder de igual manera mediante cualquier dispositivo con internet. A continuación, se detallarán las diferentes secciones importantes que tiene la página web:

**Ingreso al sistema.**

La dirección de la página es <http://sensoressebioca.com/>, al abrir esa dirección se mostrará la siguiente opción para ingresar al sistema con un usuario y contraseña. (Figura 4.13).



SEBIOCA  
SOCIEDAD ECUATORIANA DE BIOTECNOLOGIA

Inicie sesión con su cuenta:

Ingrese su usuario

Ingrese su Contraseña

Ingresar

© 2018-2019

**Figura 4. 13. Ingreso al sistema.**

#### **Pantalla principal.**

La pantalla principal muestra los valores promedios de las diferentes variables ambientales de las dos partes del laboratorio, tanto primer piso como planta baja. Al lado derecho del valor numérico se encuentra un “botón” que permite ver de forma simple si los valores promedios de cada piso se encuentran dentro del rango para considerarse en buenas condiciones, se pondrá de color verde cuando los valores estén dentro del rango permitido, caso contrario se pondrá de color rojo. En la figura 4.14 se puede observar el apartado anteriormente mencionado y la dinámica de colores.

#### Laboratorio Piso 1

Temperatura	25.67 °C	<span style="color: red;">●</span>
Humedad	48.83 %	<span style="color: green;">●</span>
Luminancia	23966.67	

#### Laboratorio Planta Baja

Temperatura	22.60 °C	<span style="color: green;">●</span>
Humedad	59.42 %	<span style="color: green;">●</span>
Luminancia	1571.25	

Figura 4. 14. Pantalla principal del sitio web.

#### Visualización en tiempo real.

La información presente en el sitio web está organizada en las dos diferentes plantas que tiene el laboratorio, en cada planta se puede seleccionar qué variable se desea observar y automáticamente se generan las gráficas.



Figura 4. 15. Selección de una variable ambiental en la pestaña de "Laboratorio: Planta Baja".

En el extremo superior derecho de cada gráfica es posible seleccionar la opción de Real Time para poder observar los valores en tiempo real.



**Figura 4. 16. Selección de la opción de visualización en tiempo real para un sensor en específico.**

En el apartado 4.4.2 se puede observar la dinámica de funcionamiento de las gráficas en tiempo real.

#### **Exportación de datos (generación de reporte).**

Para poder obtener un reporte es necesario desactivar la opción de “Real Time” y modificar las fechas en el apartado “Fechas” (Figura 4.17) desde cuando se desea obtener el reporte; una vez que estas fechas han sido especificadas se selecciona la opción “Exportar Datos” y se genera un archivo .csv. Todas las opciones anteriormente mencionadas se observan en la Figura 4.16.



**Figura 4. 17. Ejemplo de la desactivación de la opción “Real Time”.**

Fecha Inicio: 03/01/2019

Hora Inicio: 00:01

Fecha Fin: 08/01/2019

Hora Fin: 16:31

Entrar

Figura 4. 18. Opción fechas para la generación de un reporte de datos.

#### 4.4.2 Análisis de Datos Obtenidos

A continuación, se hará un análisis de los datos obtenidos según las condiciones presentadas en el Laboratorio el 2 de enero del 2019 en el cual, alrededor de las 11am existía la presencia del sol.



Figura 4. 19. Temperatura en tiempo real de la esquina izquierda de la planta baja del laboratorio.

Los datos de temperatura observados se encuentran entre un rango de 24.50 a 24.70 °C con poca variación debido a la ausencia de aire acondicionado en este lado del laboratorio de planta baja.



**Figura 4. 20. Temperatura en tiempo real de la esquina derecha de la planta baja del laboratorio.**

En la planta baja del lado derecho del laboratorio, se aprecian cambios repentinos de temperatura entre 21.10 a 22.10 °C, consideradas temperaturas bajas por la presencia del aire acondicionado con las rejillas en movimiento.

De la misma manera se puede monitorear las demás variables, seleccionando el laboratorio a observar y la respectiva variable ambiental en la barra de herramientas de la página web.

Humedad: Esquina Izquierda del Cuarto

Real Time Exportar Datos Fechas

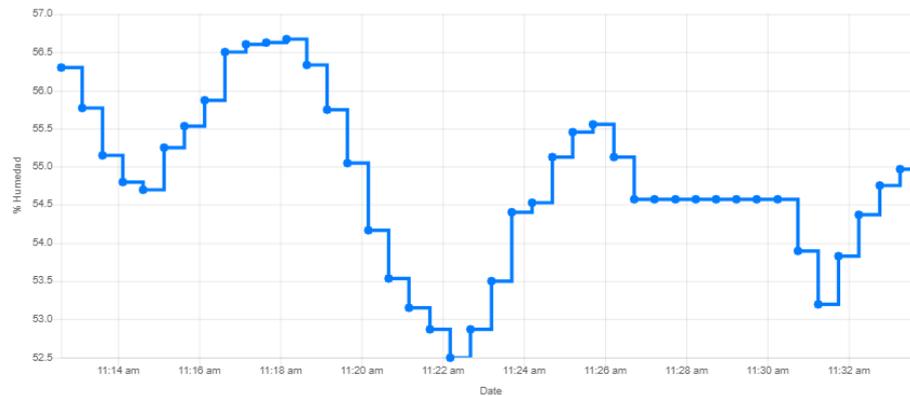


Figura 4. 21. Humedad relativa en tiempo real de la esquina izquierda de la planta baja del laboratorio.

La Humedad relativa observada, presenta un porcentaje bajo por la presencia de un deshumidificador permitiendo así que no haya muchos saltos como en el otro extremo del cuarto.

Humedad: Esquina Derecha del Cuarto

Real Time Exportar Datos Fechas



Figura 4. 22. Humedad relativa en tiempo real de la esquina derecha de la planta baja del laboratorio.

En el lado derecho del cuarto, se puede apreciar que la humedad relativa se encuentra entre 62 a 73%, siendo mayor al lado izquierdo por ausencia de un

deshumidificador. Cabe recalcar que la presencia del aire acondicionado en este lado causa que exista un mayor porcentaje de humedad.



**Figura 4. 23. Luminancia en tiempo real de la planta baja del laboratorio.**

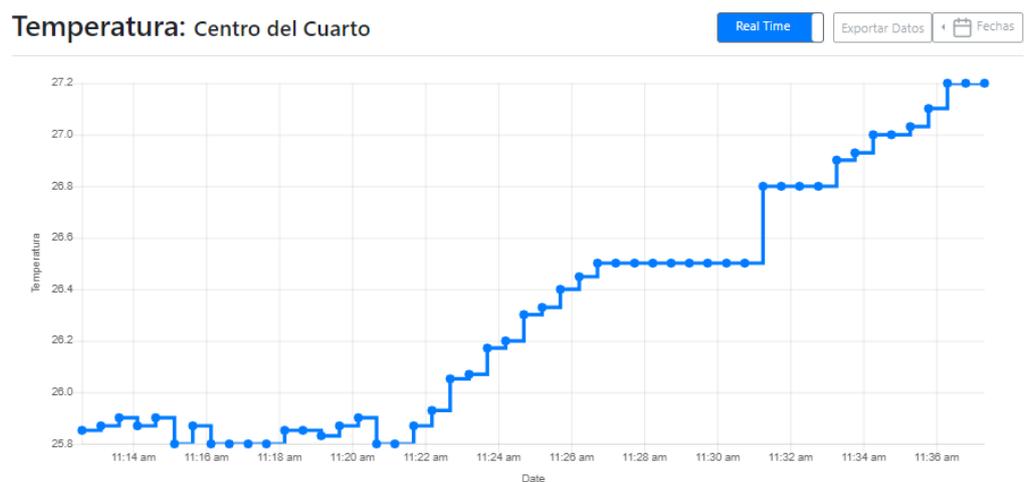
La luminancia en este laboratorio generalmente es baja comparada al laboratorio de planta alta por motivos que no cuenta con un techo translucido, teniendo como única entrada de luz, un par de ventanas en una de las paredes.

Como se mencionó anteriormente, si se desea revisar los datos de otro laboratorio, simplemente se selecciona la respectiva pestaña y la variable a observar.



**Figura 4. 24. Temperatura en tiempo real de la esquina derecha de la planta alta del laboratorio.**

La Temperatura del lado derecho del cuarto es muy cambiante por motivo que presenta un aire acondicionado y es influenciado por la presencia del sol alrededor de las 11 de la mañana. Se puede observar varios cambios en cuanto al enfriamiento de este entre temperaturas de 22.6 a 24.8 °C.



**Figura 4. 25. Temperatura en tiempo real del centro de la planta alta del laboratorio.**

La zona central presenta temperaturas muy altas entre 25.8 a 27.2 °C ya que el sol impacta más por causa de los ventanales y no consta con presencia de un aire acondicionado directo.



**Figura 4. 26. Temperatura en tiempo real de la esquina izquierda de la planta alta del laboratorio.**

El lado derecho de este laboratorio es impactado por más ventanales que el lado izquierdo, sin embargo, por la presencia de un aire acondicionado directo, las temperaturas no se muestran muy cambiantes entre valores de 23.4 a 24.8 °C.



**Figura 4. 27. Humedad relativa en tiempo real de la esquina derecha de la planta alta del laboratorio.**

En la esquina derecha del cuarto se presenta una humedad relativa entre 51 a 61%, siendo la humedad más alta comparado a las otras dos partes del cuarto. Estos valores son justificados ya que en esta zona no presenta un deshumidificador y la presencia del aire acondicionado hace que aumente la humedad.



**Figura 4. 28. Humedad relativa en tiempo real del centro de la planta alta del laboratorio.**

Se presentan valores de humedad relativa entre 46 a 52 %, indicando que la presencia de uno de los deshumidificadores quita el exceso de humedad.



**Figura 4. 29. Humedad relativa en tiempo real de la esquina izquierda de la planta alta del laboratorio.**

Pese a la presencia del aire acondicionado, se puede observar que la humedad es controlada por uno de los deshumidificadores y por eso se encuentra en un rango entre 50 % a 55% de humedad relativa.



**Figura 4. 30. Luminancia en tiempo real de la planta baja del laboratorio.**

En comparación al cuarto de planta baja, este piso presenta mayor valor de Luminancia que está en un rango de 10,000 a 26,000 Lux por motivo que tiene mayor cantidad de ventanales de gran tamaño, es decir, las repisas están mayormente expuestas a la luz.

## CONCLUSIONES

1. Se logró implementar un sistema prototipado de monitoreo con sensores inalámbricos en tiempo real de Temperatura, Humedad y Luminosidad en los laboratorios de micropropagación de SEBIOCA.
2. Se desarrolló una página Web privada para los operadores de SEBIOCA permitiendo la visualización de los parámetros tomados en los laboratorios en un proveedor de web hosting llamado HOSTPAPA.
3. Como se pudo apreciar en el Capítulo 3 se implementó una red inalámbrica utilizando módulos NRF24L01 en topología de estrella, y se comprobó que la potencia recibida en el nodo principal es la suficiente para que exista comunicación, los resultados de este análisis fueron realizados mediante el uso de un analizador de espectro (Fieldfox) y los resultados se encuentran en el apartado 4.2.
4. El uso del modelo de propagación dependiente de las particiones de un sitio fue el más adecuado porque fue capaz de incluir la pérdida entre dos puntos incluyendo los obstáculos atravesados como lo son repisas con frascos, repisas sin frascos y piso.
5. Los desvanecimientos de la señal pueden ser disipados bajando la velocidad de transmisión en los módulos NRF24L01, ya que el ancho de banda disminuiría.
6. La potencia recibida teórica difiere de mayor manera con la real en los sensores con más obstáculos entre el nodo sensor y el nodo Gateway, esto se debe a las reflexiones de la señal dentro de las habitaciones, los obstáculos por penetrar y que el valor teórico es un valor promedio; cabe recalcar que el analizador de espectro FieldFox también puede determinar potencia promedio y esa es la razón de que el porcentaje de error entre los valores teóricos y el real no sea tan grande.
7. Se comprobó que la velocidad real del módulo es de 933.08594 [kbps], pero es importante conocer que este valor disminuye dependiendo de la distancia entre los nodos, el ancho de banda que se establezca y los obstáculos presentes en la red.
8. En la actualidad, las empresas del sector agrícola necesitan llevar registros del ambiente de sus laboratorios o viveros para realizar mejoras en los mismos. Con

el sistema implementado en SEBIOCA se puede adquirir datos sobre la humedad, la luminosidad y la temperatura en tiempo real, además de poder generar un archivo .csv con los datos registrados, facilitando la realización de estudios sobre el cultivo y el ambiente del laboratorio.

## **RECOMENDACIONES**

1. Revisar que todos los sensores estén conectados y que se suban los datos en la página web.
2. Tomar en consideración que, si se desea realizar cambios en la conexión de red de la Raspberry Pi, hay que modificar desde código, ya que fue configurado un proxy para la comunicación a internet.
3. Se recomienda la implementación de un reloj externo para la Raspberry Pi y en caso de no contar con uno, es importante revisar que la hora sea la correcta después de que la placa se apague por algún motivo externo.
4. Colocar un capacitor entre los puntos de alimentación del módulo NRF24L01 para evitar cambios bruscos de voltaje ya que estos son muy sensibles a estos cambios.
5. Colocar un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) para el nodo central, para evitar daños en la Raspberry Pi o cambios en la hora del sistema.
6. Verificar continuamente que los sensores se encuentren operando de forma correcta.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] «SEBIOCA,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.sebioca.espol.edu.ec>.
- [2] E. Antachoque, «Diseno de una red inalámbrica de sensores para monitorear un cultivo de plátanos en el distrito de Mala,» Lima, 2011.
- [3] 2016. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>.
- [4] W. S. Sepúlveda, G. A. Hernández y G. K. Solorzano, «Consumo de plátano en Ecuador: Hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores,» 2017.
- [5] R. V. Alarcón, «Tecnologías Aplicables en Agricultura de Precisión,» Chile, 2017.
- [6] J.-E. F. Niels Aakvaag, «Redes de sensores,» *Revista ABB*, pp. 39,40,41,42, 2006.
- [7] D. Lara, V. Martinez, J. Radillo y E. Torreblanca, «Diseño de un sistema para el monitoreo de un invernadero,» México D.F., 2015.
- [8] F. Varela, «Etapas de Micropropagación,» *Tecno Agro - Avances Tecnológicos y Agrícolas*, p. 124, 2018.
- [9] M. Salvador, M. d. I. L. González, C. Rosales, C. Quiñones, S. Delgadillo, J. Mireles y E. Pérez, «El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género Agave,» Aguascalientes, 2008.
- [10] E. Martinez, «Definiciones de humedad y su equivalencia,» La Cañada, 2007.
- [11] J. Marín, «Micropropagación de especies frutales,» *Horto Frutic*, 1993, pp. 1: 56-62.
- [12] M. Márquez, «Conservación In vitro bajo condiciones de crecimiento lento y estabilidad genética de crisantemo,» Chapingo, 2013.
- [13] «Arduino,» 2018. [En línea]. Available: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>.
- [14] A. Caicedo, *Arduino para principiantes*, IT Campus Academy, 2017.
- [15] K. Gonzalez, D. Urrego y W. Gordillo, «Estudio sobre computadores de placa reducida Raspberry Pi Modelo B y Cubieboard2 en la creación de proyectos con base tecnológica de gran impacto social,» 2014.

- [16] E. Vignolo, A. Valdez, C. Miranda, P. Schlesinger, J. Chiozza y C. V. Miranda, «MONITOREO DE VARIABLES ANALÓGICAS CON RASPBERRY Pi B+».
- [17] T. R. P. F. «Raspberry Pi,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>.
- [18] A. Marzal y I. Gracia, Introducción a la programación con python, Universitat Jaume I, 2003.
- [19] T. R. P. F. «The MagPi,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/magpi/thonny/>.
- [20] A. Serna, F. Ros y J. Rico, Guía práctica de sensores, Creaciones Copyright, 2010.
- [21] T. I. «LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors,» 2015.
- [22] Electronilab, «LM35-DZ,» 2018.
- [23] M. I. P. «DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer,» San José, 2018.
- [24] EscapeQuotes, «OneWire DS18B20 temperature sensor,» 2018.
- [25] H. I. I. «HCH-1000 Series - Capacitive Humidity Sensors,» 2011.
- [26] P. I. «HS1101 Relative Humidity Sensor (#27920),» Roseville, 2002.
- [27] Sensirion, «SHT1x / SHT7x - Humidity & Temperature Sensor,» 2004.
- [28] L. Fried, «DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors,» New York City, 2018.
- [29] NaylampMechatronics, «Sensor de humedad relativa y temperatura DHT11,» 2018.
- [30] tiendatec, «SENSOR DHT22 TEMPERATURA Y HUMEDAD,» Zaragoza, 2018.
- [31] H. Mejia y C. Espinoza, «Sistema de automatización para el llenado de un tanque de agua por bombas con la ayuda de sensores,» Managua, 2016.
- [32] NaylampMechatronics, «Módulo Sensor LDR,» Trujillo, 2018.
- [33] R. S. «Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC,» 2009.
- [34] leantec, «MODULO SENSOR LUZ BH1750 FVI DIGITAL,» Olula del Río, 2018.
- [35] J. Valdivia, «Modelo de procesos para el desarrollo del front-end de aplicaciones web,» Lima, 2016.
- [36] I. Montero y M. Palomo, «Programación en PHP a través de ejemplos,» Licencia Creative Commons, Sevilla, s.f.

- [37] M. Hueyo y R. Velázquez, «Construcción de una página web con PHP y LATEX para el aprendizaje de las matemáticas,» Puebla, 2015.
- [38] T. Navarrete, «El Lenguaje JavaScript,» 2006.
- [39] S. Campaña y J. Londoño, «Estudio de redes de sensores y aplicaciones orientadas a la recolección y análisis de señales biomédicas,» Medellín, 2013.
- [40] M. García y J. Mora, «Guía para la implementación de Redes de Sensores Inalámbricos (WSN),» Medellín, 2010.
- [41] N. García, «Modelo de cobertura en redes inalámbricas basado en radiosidad por refinamiento progresivo,» Oviedo, 2006.
- [42] C. Saavedra y D. Ordoñez, «Diseño e Implementación de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de temperatura corporal.,» Guayaquil, 2015.
- [43] P. Fernández y J. Varela, «Diseño e implementación de un prototipo de iluminación residencial utilizando tecnología Power Line Communication,» Latacunga, 2006.
- [44] A. Castillo, «Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo.,» Uruguay, 2004.
- [45] MySQL, «MySQL 5.0 Reference Manual,» 2014.
- [46] A. Peña, «Diseño de una página web, como herramienta de comunicación, que sensibilice a niños de 7 a 12 años, de los estratos 2 y 3 en la ciudad de Bogotá, frente al buen trato que debe recibir el perro callejero.,» Bogotá D.C, 2008.
- [47] N. S. «Product Specification, single chip 2.4 GHz Transceiver nRF24101,» Trondheim, 2006.
- [48] HETPRO, «LCD 16X2 LUZ DE FONDO BLANCA,» Guadalajara, 2018.

# ANEXOS

## Código Arduino nodo Gateway.

```
#include <SPI.h> // librerias usadas para usar el nRF24L01
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);

//direcciones posibles
const uint64_t rAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};

char T1='A',T2='B',T3='C',T4='D',T5='E';
String dato1,dato2,dato3,dato4,dato5;
unsigned long tactual, tespera;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  radio.begin(); //inicia el módulo nRF24L01

  radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); //
  radio.setChannel(108); // frecuencia de la portadora

  radio.openReadingPipe(5,rAddress[5]);
  radio.openReadingPipe(1,rAddress[1]);
  radio.openReadingPipe(2,rAddress[2]);
  radio.openReadingPipe(3,rAddress[3]);
  radio.openReadingPipe(4,rAddress[4]);
```

```

tespera=millis();

}

void loop()
{
  radio.stopListening();
  tactual=millis();
  radio.openWritingPipe(rAddress[4]);
  while(!radio.write(&T5,1) && tespera<tactual+4000){
    delay(100);
    tespera=millis();
  }
  if (tespera<tactual+4000){
    dato1=recibirDato();
  }

  tactual=millis();
  radio.openWritingPipe(rAddress[3]);
  while(!radio.write(&T4,1) && tespera<tactual+4000){
    delay(100);
    tespera=millis();
  }
  if (tespera<tactual+4000){
    dato2=recibirDato();
  }

  tactual=millis();
  radio.openWritingPipe(rAddress[2]);
  while(!radio.write(&T3,1) && tespera<tactual+4000){
    delay(100);

```

```

    tespera=millis();
}
if (tespera<tactual+4000){
    dato3=recibirDato();
}

tactual=millis();
radio.openWritingPipe(rAddress[1]);
while(!radio.write(&T2,1) && tespera<tactual+4000){
    delay(100);
    tespera=millis();
}
if (tespera<tactual+4000){
    dato4=recibirDato();
}

tactual=millis();
radio.openWritingPipe(rAddress[5]);
while(!radio.write(&T1,1) && tespera<tactual+4000){
    delay(100);
    tespera=millis();
}
if (tespera<tactual+4000){
    dato1=recibirDato();
}
}

```

```
String recibirDato(){
```

```

    radio.startListening();
    boolean leido = true;

```

```

byte pipeNum = 0; //variable to hold which reading pipe sent data
char datoRX[25];
String dato;

while (leido){

    while(radio.available(&pipeNum)){ //Check if received data
        if (pipeNum==5){
            pipeNum=0;
        }
        radio.read(&datoRX, 25 ); //read one byte of data and store it in gotByte variable
        Serial.println(pipeNum + 1); //print which pipe or transmitter this is from
        Serial.println(datoRX); //print payload or the number the transmitter guessed
        dato = String(datoRX);
        leido=false;
        radio.stopListening();
        delay(500);
        return(dato);
    }
}
}

```

### **Código de Nodo 1 Arduino.**

```

#include <dht.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

dht DHT;

//variables
int rst = 7;

```

```

float hum,temp;
String censado;
char dato[25];
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);

#define WHICH_NODE 6 // se coloca la direccion del nodo
const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};
const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ];

void setup()
{
  digitalWrite(rst,HIGH);
  delay(10);
  pinMode(rst, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  radio.begin(); //inicia al nRF24
  radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
  radio.setChannel(108); // frecuencia de la portadora
  radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //pipe para lectura
}
void loop()
{
  char lectura;
  radio.startListening();
  radio.read(&lectura,1);
  while(lectura=='A'){

    radio.stopListening();

```

```

DHT.read22(6);
hum = DHT.humidity;
temp = DHT.temperature;
censado=String(hum)+";"+String(temp)+"0.00";
censado.toCharArray(dato, 25);
radio.openWritingPipe(PTXpipe);
if (!radio.write( &dato, 25)){ //si el dato no se lee envia "@"
    Serial.println("@");
}
else { //if the write was successful
    Serial.println(dato);
}
digitalWrite(rst,LOW);
}
delay(1000);
}

```

### **Código del Nodo 2 Arduino.**

```

#include <dht.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

```

```

dht DHT;
BH1750 luz;

```

```

//variables
int rst = 7;

```

```

float hum,temp,lux;

```

```

String censado;
char dato[25];
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);

#define WHICH_NODE 2 // se coloca la direccion del nodo
const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};
const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ];

void setup()
{
  digitalWrite(rst,HIGH);
  delay(10);
  pinMode(rst, OUTPUT);
  Serial.begin(115200); //start serial to communicate process
  radio.begin(); //Start the nRF24 module
  Wire.begin(); //inicia comunicacion I2C
  luz.begin(); //inicia el modulo sensor de luz
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX); // "short range setting" - increase if you want more
range AND have a good power supply
  radio.setChannel(108); // the higher channels tend to be more "open"
  radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //open reading or receive pipe
}
void loop()
{
  char lectura;
  radio.startListening();
  radio.read(&lectura,1);
  while(lectura=='B'){

```

```

radio.stopListening();
DHT.read22(3);
hum = DHT.humidity;
temp = DHT.temperature;
lux = luz.readLightLevel();
censado=String(hum)+";"+String(temp)+";"+String(lux);
censado.toCharArray(dato, 25);
radio.openWritingPipe(PTXpipe);    //open writing or transmit pipe
if (!radio.write( &dato, 25)){ //if the write fails let the user know over serial monitor
    Serial.println("^");
}
else { //if the write was successful
    Serial.print("se envia: ");
    Serial.println(dato);
}
digitalWrite(rst,LOW);
}
delay(1000);
}

```

### **Código de Nodo 3 Arduino.**

```

#include <dht.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

dht DHT;

//variables
int rst = 7;

float hum,temp;

```

```

String censado;
char dato[25];
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);

#define WHICH_NODE 3 // se coloca la direccion del nodo
const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};
const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ];

void setup()
{
  digitalWrite(rst,HIGH);
  delay(10);
  pinMode(rst, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  radio.begin(); //inicia al nRF24
  radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
  radio.setChannel(108); // frecuencia de la portadora
  radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //pipe para lectura
}
void loop()
{
  char lectura;
  radio.startListening();
  radio.read(&lectura,1);
  while(lectura=='A'){

    radio.stopListening();
    DHT.read22(6);
    hum = DHT.humidity;
  }
}

```

```

temp = DHT.temperature;
censado=String(hum)+";"+String(temp)+";0.00";
censado.toCharArray(dato, 25);
radio.openWritingPipe(PTXpipe);
if (!radio.write( &dato, 25)){ //si el dato no se lee envia "@"
    Serial.println("@");
}
else { //if the write was successful
    Serial.println(dato);
}
digitalWrite(rst,LOW);
}
delay(1000);
}

```

#### **Código de Nodo 4 Arduino.**

```

#include <dht.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

dht DHT;

//variables
int rst = 7;

float hum,temp;
String censado;
char dato[25];
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);

```

```

#define WHICH_NODE 4 // se coloca la direccion del nodo
const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};
const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ];

void setup()
{
  digitalWrite(rst,HIGH);
  delay(10);
  pinMode(rst, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  radio.begin(); //inicia al nRF24
  radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
  radio.setChannel(108); // frecuencia de la portadora
  radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //pipe para lectura
}
void loop()
{
  char lectura;
  radio.startListening();
  radio.read(&lectura,1);
  while(lectura=='A'){

    radio.stopListening();
    DHT.read22(6);
    hum = DHT.humidity;
    temp = DHT.temperature;
    censado=String(hum)+";"+String(temp)+";0.00";
    censado.toCharArray(dato, 25);
    radio.openWritingPipe(PTXpipe);
    if (!radio.write( &dato, 25)){ //si el dato no se lee envia "@"

```

```

        Serial.println("@");
    }
    else { //if the write was successful
        Serial.println(dato);
    }
    digitalWrite(rst,LOW);
}
delay(1000);
}

```

### **Código del Nodo 5 Arduino.**

```

#include <dht.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

dht DHT;
BH1750 luz;

//variables
int rst = 7;

float hum,temp,lux;
String censado;
char dato[25];
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);

#define WHICH_NODE 5 // se coloca la direccion del nodo

```

```

const uint64_t wAddress[] = {0x7878787878LL, 0xB3B4B5B6F1LL, 0xB3B4B5B6CDLL,
0xB3B4B5B6A3LL, 0xB3B4B5B60FLL, 0xB3B4B5B605LL};
const uint64_t PTXpipe = wAddress[ WHICH_NODE - 1 ];

void setup()
{
  digitalWrite(rst,HIGH);
  delay(10);
  pinMode(rst, OUTPUT);
  Serial.begin(115200); //start serial to communicate process
  radio.begin();      //Start the nRF24 module
  Wire.begin();      //inicia comunicacion I2C
  luz.begin();      //inicia el modulo sensor de luz
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX); // "short range setting" - increase if you want more
range AND have a good power supply
  radio.setChannel(108); // the higher channels tend to be more "open"
  radio.openReadingPipe(0,PTXpipe); //open reading or receive pipe
}
void loop()
{
  char lectura;
  radio.startListening();
  radio.read(&lectura,1);
  while(lectura=='B'){

    radio.stopListening();
    DHT.read22(3);
    hum = DHT.humidity;
    temp = DHT.temperature;
    lux = luz.readLightLevel();
    censado=String(hum)+";"+String(temp)+";"+String(lux);
    censado.toCharArray(dato, 25);
  }
}

```

```

radio.openWritingPipe(PTXpipe);    //open writing or transmit pipe
if (!radio.write( &dato, 25)){ //if the write fails let the user know over serial monitor
    Serial.println("^");
}
else { //if the write was successful
    Serial.print("se envia: ");
    Serial.println(dato);
}
digitalWrite(rst,LOW);
}
delay(1000);
}

```

### **Código Raspberry Pi Nodo Gateway.**

```

import serial
import time
from urllib import parse, request

headers = {"Content-type":"application/x-www-form-urlencoded", "Accept": "text/plain"}

try:
    arduino=serial.Serial('/dev/ttyACM0',baudrate=115200)
except:
    arduino=serial.Serial('/dev/ttyACM1',baudrate=115200)
arduino.flushInput()

texto=""

pasado=time.time()

H1T=H2T=H3T=H4T=H5T=T1T=T2T=T3T=T4T=T5T=L2T=L3T=L5T=0
H1S=H2S=H3S=H4S=H5S=T1S=T2S=T3S=T4S=T5S=L2S=L3S=L5S=0

```

```
N1=N2=N3=N4=N5=0
```

```
H=T=L=0
```

```
while True:
```

```
    actual=time.time()
```

```
    if actual-pasado > 30:
```

```
        if N1 > 0:
```

```
            H1T=float("{0:.2f}".format(H1S/N1))
```

```
            T1T=float("{0:.2f}".format(T1S/N1))
```

```
        if N2 > 0:
```

```
            H2T=float("{0:.2f}".format(H2S/N2))
```

```
            T2T=float("{0:.2f}".format(T2S/N2))
```

```
            L2T=float("{0:.2f}".format(L2S/N2))
```

```
        if N3 > 0:
```

```
            H3T=float("{0:.2f}".format(H3S/N3))
```

```
            T3T=float("{0:.2f}".format(T3S/N3))
```

```
            L3T=float("{0:.2f}".format(L3S/N3))
```

```
        if N4 > 0:
```

```
            H4T=float("{0:.2f}".format(H4S/N4))
```

```
            T4T=float("{0:.2f}".format(T4S/N4))
```

```
        if N5 >0:
```

```
            H5T=float("{0:.2f}".format(H5S/N5))
```

```
            T5T=float("{0:.2f}".format(T5S/N5))
```

```
            L5T=float("{0:.2f}".format(L5S/N5))
```

```
    print("Dato1",H1T,T1T)
```

```
    print("Dato2",H2T,T2T,L2T)
```

```
    print("Dato3",H3T,T3T,L3T)
```

```
    print("Dato4",H4T,T4T)
```

```
print("Dato5",H5T,T5T,L5T)
```

```
params = parse.urlencode({'fecha': time.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S"),  
'lum1':L2T, 'lum2':L3T, 'lum3':L5T, 'temp1':T1T, 'temp2':T2T, 'temp3':T3T, 'temp4':T4T,  
'temp5':T5T, 'hum1':H1T, 'hum2':H2T, 'hum3':H3T, 'hum4':H4T, 'hum5':H5T})
```

```
try:
```

```
    req=request.Request("http://sensoressebioca.com/datas.php",  
params.encode('ascii'), headers)
```

```
    response = request.urlopen(req)
```

```
    print(response.read())
```

```
except:
```

```
    print("no se pudo subir")
```

```
H1S=H2S=H3S=H4S=H5S=T1S=T2S=T3S=T4S=T5S=L2S=L3S=L5S=0
```

```
N1=N2=N3=N4=N5=0
```

```
H=T=L=0
```

```
pasado=time.time()
```

```
if arduino.inWaiting() > 0:
```

```
    texto = arduino.readline()
```

```
    linea = texto.decode('ascii').strip()
```

```
    print(linea)
```

```
if linea == "1":
```

```
    while arduino.inWaiting() > 0:
```

```
        texto = arduino.readline()
```

```
        linea = texto.decode('ascii').strip()
```

```
        (H,T,L) = [float(_) for _ in linea.split(';')]
```

```
H1S=H1S+H
```

```
T1S=T1S+T
```

```
N1 += 1
```

```
texto=""
```

```
if linea == "2":
```

```
while arduino.inWaiting() > 0:
```

```
    texto = arduino.readline()
```

```
    linea = texto.decode('ascii').strip()
```

```
    (H,T,L) = [float(_) for _ in linea.split(';')]
```

```
H2S=H2S+H
```

```
T2S=T2S+T
```

```
L2S=L2S+L
```

```
N2 += 1
```

```
texto=""
```

```
if linea == "3":
```

```
while arduino.inWaiting() > 0:
```

```
    texto = arduino.readline()
```

```
    linea = texto.decode('ascii').strip()
```

```
    (H,T,L) = [float(_) for _ in linea.split(';')]
```

```
H3S=H3S+H
```

```
T3S=T3S+T
```

```
L3S=L3S+L
```

```
N3 += 1
```

```
texto=""
```

```
if linea == "4":
```

```
while arduino.inWaiting() > 0:
```

```
    texto = arduino.readline()
```

```
    linea = texto.decode('ascii').strip()
```

```
    (H,T,L) = [float(_) for _ in linea.split(';')]
```

```
    H4S=H4S+H
```

```
    T4S=T4S+T
```

```
    N4 += 1
```

```
    texto=""
```

```
if linea == "5":
```

```
while arduino.inWaiting() > 0:
```

```
    texto = arduino.readline()
```

```
    linea = texto.decode('ascii').strip()
```

```
    (H,T,L) = [float(_) for _ in linea.split(';')]
```

```
    H5S=H5S+H
```

```
    T5S=T5S+T
```

```
    L5S=L5S+L
```

```
    N5 += 1
```

```
        texto=""
    arduino.close()
```

### **Código Php para guardar datos desde Raspberry Pi a MySQL.**

```
<?php
    require("php/connect.php");

    $fecha = $_POST['fecha'];
    $lum1 = $_POST['lum1'];
    $lum2 = $_POST['lum2'];
        $lum3 = $_POST['lum3'];

    $temp1 = $_POST['temp1'];
    $temp2 = $_POST['temp2'];
    $temp3 = $_POST['temp3'];
    $temp4 = $_POST['temp4'];
    $temp5 = $_POST['temp5'];

    $hum1 = $_POST['hum1'];
    $hum2 = $_POST['hum2'];
    $hum3 = $_POST['hum3'];
    $hum4 = $_POST['hum4'];
    $hum5 = $_POST['hum5'];

    $sql= "INSERT INTO `sensoresAlta` (`fecha`, `lum1`, `lum2`, `temp1`, `temp2`,
`temp3`, `hum1`, `hum2`, `hum3`) VALUES ('".$fecha."', " . $lum1
. ", " . $lum2 . ", " . $temp1 . ", " . $temp2 . ", " . $temp3 . ", " . $hum1 . ", " . $hum2 . ", " . $hum3 . ")";
    $sql2 = "INSERT INTO `sensoresBaja` (`fecha`, `lum1`, `temp1`, `temp2`,
`hum1`, `hum2`) VALUES ('".$fecha."', " . $lum3 . ", " . $temp4 . ", " . $temp5 . ", "
. $hum4 . ", " . $hum5 . ")";
    echo $sql;
    echo $sql2;
```

```

$resultCons1 = mysqli_query($con, $sql) or die ("Error1: ".mysql_error());
$resultCons2 = mysqli_query($con, $sql2) or die ("Error2: ".mysql_error());
?>

```

### Código Php para la pantalla principal del sitio web.

```

<?php

    session_start();
    require("php/connect.php");
    if(!$_SESSION['inicio_sesion']){
        header("location:error.php");
    }
?>

<!DOCTYPE html>
<html>
    <head><meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=euc-kr">

        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no">
        <link rel="shortcut icon"
href="http://www.sebioca.espol.edu.ec/sites/all/themes/sebiocatheme/favicon.ico"
type="image/vnd.microsoft.icon">
        <link rel="stylesheet"
href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.1.3/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
MCw98/SFnGE8fJT3GXwEOngsV7Zt27NXFoaoApmYm81iuXoPkFOJwJ8ERdknLPMO
" crossorigin="anonymous">
        <title>Sensores Sebioca</title>
        <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/estilos.css" media="screen"/>
    </head>

    <body onload="inicio()">

```

```

<header class = "container">
  <div class ="row">
    <div class="col">
      <a href="inicio.php"></a>
    </div>
    <div class="col">
      
    </div>
  </div>
</header>
<div class="container">
  <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-dark" style="background-color:
#648b26; color:white;">
    <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-
target="#navbarNavDropdown" aria-controls="navbarNavDropdown" aria-
expanded="false" aria-label="Toggle navigation">
      <span class="navbar-toggler-icon"></span>
    </button>
    <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarNavDropdown">
      <ul class="navbar-nav">
        <li class = "nav-item active"><a class="nav-link active"
href="#">Inicio</a></li>
        <li class = "nav-item dropdown">
          <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#"
id="PlantaBaja" role="button" data-toggle="dropdown" aria-haspopup="true" aria-
expanded="false">Laboratorio: Planta Baja</a>
          <div class="dropdown-menu" aria-
labelledby="PlantaBaja">

```

```

        <a class="dropdown-item"
href="bajaTemp.php#graph1">Temperatura</a>
        <a class="dropdown-item"
href="bajaHum.php#graph1">Humedad</a>
        <a class="dropdown-item"
href="bajaLum.php#graph1">Luminancia</a>
    </div>
</li>
<li class = "nav-item dropdown">
    <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#"
id="PlantaAlta" role="button" data-toggle="dropdown" aria-haspopup="true" aria-
expanded="false">Laboratorio: Planta Alta</a>
    <div class="dropdown-menu" aria-
labelledby="PlantaAlta">
        <a class="dropdown-item"
href="altaTemp.php#graph1">Temperatura</a>
        <a class="dropdown-item"
href="altaHum.php#graph1">Humedad</a>
        <a class="dropdown-item"
href="altaLum.php#graph1">Luminancia</a>
    </div>
</li>
</ul>
</div>
<form class="form-inline" action="cerrar.php" method="POST">
<div class="btn-group" role="group">
<button type="button" id="btnGroupDrop1" class="btn btn-outline-success
my-2 my-sm-0" data-toggle="dropdown" aria-haspopup="true" aria-expanded="false"
style="color: white; border-color:white"><?php echo
$_SESSION['inicio_sesion'];?></button>
    <div class="dropdown-menu" aria-labelledby="btnGroupDrop1">

```

```

        <button class="dropdown-item" type="submit" name="cerrar" >Cerrar
Sesion</button>
    </div>
</div>
</form>
</nav>
</div>
<div id="promedio" style="visibility: hidden;"></div>
<div class="container tabla">
    <div class="row text-primary"><h2>Laboratorio Piso 1</h2></div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Temperatura</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="tempAlta"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="tempAltaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Humedad</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="humAlta"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="humAltaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Luminancia</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="lumAlta"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="lumAltaColor"></div>
    </div>
</div>
<div class="container tabla">
    <div class="row text-primary"><h2>Laboratorio Planta Baja</h2></div>
    <div class="row">

```

```

        <div class="col"><p>Temperatura</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="tempBaja"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="tempBajaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Humedad</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="humBaja"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="humBajaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Luminancia</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="lumBaja"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="lumBajaColor"></div>
    </div>
</div>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.3.1.slim.min.js" integrity="sha384-
q8i/X+965DzO0rT7abK41JStQIAqVgRVzpbzo5smXKp4YfRvH+8abtTE1Pi6jizo"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.14.3/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
ZMP7rVo3mlykV+2+9J3UJ46jBk0WLaUAdn689aCwoqbBJiSnjAK/l8WvCWPIpM49"
crossorigin="anonymous"></script>
        <script src="https://momentjs.com/downloads/moment.js"></script>
        <script
src="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.1.3/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
ChfqquxuZUCnJSK3+MXmPNIyE6ZbWh2IMqE241rYiqJxyMiZ6OW/JmZQ5stwEULTy"
crossorigin="anonymous"></script>

```

```

<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/2.7.1/Chart.min.js"></script>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.2.1.min.js"></script>
<script>
    function inicio(){
        linkPage = "php/livePromBaja.php";
        $("#promedio").load(linkPage, function(response, status, xhr){
            if(status == "success"){
                data = document.getElementById("promedio").innerHTML;
                data = JSON.parse(data);
                document.getElementById("tempBaja").innerHTML = '<p>' +
data["temp"].toFixed(2) + ' Â°C </p>';
                if(Number(data["temp"]) < 22 || Number(data["temp"]) > 24){
                    document.getElementById("tempBajaColor").style.background = "#dc3545";
                }else{
                    document.getElementById("tempBajaColor").style.background = "#28a745";
                }
                document.getElementById("humBaja").innerHTML = '<p>' +
data["hum"].toFixed(2) + ' % </p>';
                if(Number(data["hum"]) < 40 || Number(data["hum"]) > 60){
                    document.getElementById("humBajaColor").style.background = "#dc3545";
                }else{
                    document.getElementById("humBajaColor").style.background = "#28a745";
                }
                document.getElementById("lumBaja").innerHTML = '<p>' +
data["lum"].toFixed(2) + '</p>';
            }
        });
        linkPage = "php/livePromAlta.php";
        $("#promedio").load(linkPage, function(response, status, xhr){
            if(status == "success"){
                data = document.getElementById("promedio").innerHTML;

```

```

        data = JSON.parse(data);
        document.getElementById("tempAlta").innerHTML = '<p>' +
data["temp"].toFixed(2) + ' Â°C </p>';
        if(Number(data["temp"]) < 22 || Number(data["temp"]) > 24){
            document.getElementById("tempAltaColor").style.background = "#dc3545";
        }else{
            document.getElementById("tempAltaColor").style.background = "#28a745";
        }
        document.getElementById("humAlta").innerHTML = '<p>' +
data["hum"].toFixed(2) + ' % </p>';
        if(Number(data["hum"]) < 40 || Number(data["hum"]) > 60){
            document.getElementById("humAltaColor").style.background = "#dc3545";
        }else{
            document.getElementById("humAltaColor").style.background = "#28a745";
        }
        document.getElementById("lumAlta").innerHTML = '<p>' +
data["lum"].toFixed(2)+ '</p>';
    }
    });
}
</script>
</body>
</html>

```

### **Código Html de la pantalla principal de la página web.**

```

<!DOCTYPE html>
<html>
  <head><meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=euc-kr">

      <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, shrink-to-
fit=no">

```

```

    <link rel="shortcut icon"
href="http://www.sebioca.espol.edu.ec/sites/all/themes/sebiocatheme/favicon.ico"
type="image/vnd.microsoft.icon">
    <link rel="stylesheet"
href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.1.3/css/bootstrap.min.css"
integrity="sha384-
MCw98/SFnGE8fJT3GXwEOngsV7Zt27NXFoaoApmYm81iuXoPkFOJwJ8ERdknLPMO
" crossorigin="anonymous">
    <title>Sensores Sebioca</title>
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/estilos.css" media="screen"/>
</head>

<body onload="inicio()">
<header class = "container">
    <div class ="row">
        <div class="col">
            <a href="inicio.php"></a>
        </div>
        <div class="col">
            
        </div>
    </div>
</header>
<div class="container">
    <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-dark" style="background-color:
#648b26; color:white;">

```

```

<button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-
target="#navbarNavDropdown" aria-controls="navbarNavDropdown" aria-
expanded="false" aria-label="Toggle navigation">
    <span class="navbar-toggler-icon"></span>
</button>
<div class="collapse navbar-collapse" id="navbarNavDropdown">
    <ul class="navbar-nav">
        <li class = "nav-item active"><a class="nav-link active"
href="#">Inicio</a></li>
        <li class = "nav-item dropdown">
            <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#"
id="PlantaBaja" role="button" data-toggle="dropdown" aria-haspopup="true" aria-
expanded="false">Laboratorio: Planta Baja</a>
            <div class="dropdown-menu" aria-
labelledby="PlantaBaja">
                <a class="dropdown-item"
href="bajaTemp.php#graph1">Temperatura</a>
                <a class="dropdown-item"
href="bajaHum.php#graph1">Humedad</a>
                <a class="dropdown-item"
href="bajaLum.php#graph1">Luminancia</a>
            </div>
        </li>
        <li class = "nav-item dropdown">
            <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#"
id="PlantaAlta" role="button" data-toggle="dropdown" aria-haspopup="true" aria-
expanded="false">Laboratorio: Planta Alta</a>
            <div class="dropdown-menu" aria-
labelledby="PlantaAlta">
                <a class="dropdown-item"
href="altaTemp.php#graph1">Temperatura</a>

```

```

        <a class="dropdown-item"
href="altaHum.php#graph1">Humedad</a>
        <a class="dropdown-item"
href="altaLum.php#graph1">Luminancia</a>
    </div>
</li>
</ul>
</div>
<form class="form-inline" action="cerrar.php" method="POST">
<div class="btn-group" role="group">
<button type="button" id="btnGroupDrop1" class="btn btn-outline-success
my-2 my-sm-0" data-toggle="dropdown" aria-haspopup="true" aria-expanded="false"
style="color: white; border-color:white">joao</button>
<div class="dropdown-menu" aria-labelledby="btnGroupDrop1">
<button class="dropdown-item" type="submit" name="cerrar" >Cerrar
Sesion</button>
</div>
</div>
</form>
</nav>
</div>
<div id="promedio" style="visibility: hidden;"></div>
<div class="container tabla">
<div class="row text-primary"><h2>Laboratorio Piso 1</h2></div>
<div class="row">
<div class="col"><p>Temperatura</p></div>
<div class="col-3 cuadro" id="tempAlta"><p>Prom</p></div>
<div class="col-1"><p></p></div>
<div class="col-2 rounded-circle" id="tempAltaColor"></div>
</div>
<div class="row">
<div class="col"><p>Humedad</p></div>

```

```

        <div class="col-3 cuadro" id="humAlta"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="humAltaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Luminancia</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="lumAlta"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="lumAltaColor"></div>
    </div>
</div>
<div class="container tabla">
    <div class="row text-primary"><h2>Laboratorio Planta Baja</h2></div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Temperatura</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="tempBaja"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="tempBajaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Humedad</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="humBaja"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="humBajaColor"></div>
    </div>
    <div class="row">
        <div class="col"><p>Luminancia</p></div>
        <div class="col-3 cuadro" id="lumBaja"><p>Prom</p></div>
        <div class="col-1"><p></p></div>
        <div class="col-2 rounded-circle" id="lumBajaColor"></div>
    </div>
</div>

```

```
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.3.1.slim.min.js" integrity="sha384-q8i/X+965DzO0rT7abK41JStQIAqVgRVzpbzo5smXKp4YfRvH+8abtTE1Pi6jizo" crossorigin="anonymous"></script>
```

```
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.14.3/umd/popper.min.js" integrity="sha384-ZMP7rVo3mlykV+2+9J3UJ46jBk0WLaUAdn689aCwoqbBJiSnjAK/l8WvCWPIpM49" crossorigin="anonymous"></script>
```

```
<script src="https://momentjs.com/downloads/moment.js"></script>
```

```
<script src="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.1.3/js/bootstrap.min.js" integrity="sha384-ChfqquxZUCnJSK3+MXmPNlyE6ZbWh2IMqE241rYiqJxyMiZ6OW/JmZQ5stwEULTy" crossorigin="anonymous"></script>
```

```
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/2.7.1/Chart.min.js"></script>
```

```
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.2.1.min.js"></script>
```

```
<script>  
    function inicio(){  
        linkPage = "php/livePromBaja.php";  
        $("#promedio").load(linkPage, function(response, status, xhr){  
            if(status == "success"){  
                data = document.getElementById("promedio").innerHTML;  
                data = JSON.parse(data);  
                document.getElementById("tempBaja").innerHTML = '<p>' +  
data["temp"].toFixed(2) + ' °C </p>';  
                if(Number(data["temp"]) < 22 || Number(data["temp"]) > 24){  
                    document.getElementById("tempBajaColor").style.background = "#dc3545";  
                }else{  
                    document.getElementById("tempBajaColor").style.background = "#28a745";  
                }  
            }  
        }  
    }  
</script>
```

```

        document.getElementById("humBaja").innerHTML = '<p>' +
data["hum"].toFixed(2) + ' % </p>';
        if(Number(data["hum"]) < 40 || Number(data["hum"]) > 60){
document.getElementById("humBajaColor").style.background = "#dc3545";
        }else{
document.getElementById("humBajaColor").style.background = "#28a745";
        }
        document.getElementById("lumBaja").innerHTML = '<p>' +
data["lum"].toFixed(2)+ '</p>';
    }
});
linkPage = "php/livePromAlta.php";
$("#promedio").load(linkPage, function(response, status, xhr){
if(status == "success"){
    data = document.getElementById("promedio").innerHTML;
    data = JSON.parse(data);
    document.getElementById("tempAlta").innerHTML = '<p>' +
data["temp"].toFixed(2) + ' °C </p>';
    if(Number(data["temp"]) < 22 || Number(data["temp"]) > 24){
document.getElementById("tempAltaColor").style.background = "#dc3545";
    }else{
document.getElementById("tempAltaColor").style.background = "#28a745";
    }
    document.getElementById("humAlta").innerHTML = '<p>' +
data["hum"].toFixed(2) + ' % </p>';
    if(Number(data["hum"]) < 40 || Number(data["hum"]) > 60){

document.getElementById("humAltaColor").style.background = "#dc3545";
    }else{
document.getElementById("humAltaColor").style.background = "#28a745";
    }
}
}

```

```
        document.getElementById("lumAlta").innerHTML = '<p>' +  
data["lum"].toFixed(2)+ '</p>';  
    }  
});  
}  
</script>  
</body>  
</html>
```