

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE  
MONITOREO EN TIEMPO REAL DE LAS  
CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CULTIVOS  
DE CAFÉ PARA LA EMPRESA E.R.  
SERVICIOS EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL  
2017.**

**Estudiante: Diego Carrillo Santamaría**

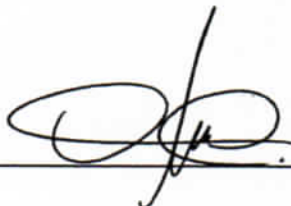
**Tutor: Daniel Rodríguez Solórzano.**

**Noviembre 2017**

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Diego Carrillo Santamaría, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1275-0064 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entedido de las penas y consecuencias con las que se catiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Electrónica juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO DE PROTOTIPO ELECTRÓNICO CON CAPACIDAD DE GRAFICAR Y ALMACENAR DATOS EN TIEMPO REAL LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA DETERMINAR EL RIESGO DE INVERSIÓN PARA CULTIVOS DE CAFÉ PARA LA EMPRESA E.R. SERVICIOS DE HEREDIA EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2017."; es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar el documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los once días del mes de setiembre del año dos mil diecisiete.



Firma del estudiante

Cédula: 1-1275-0064



Documento Recibido

Por

Fecha

Diego Carrillo  
11-9-17

## CARTA DEL TUTOR

San José, 22 de Agosto del 2017

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Diego Carrillo Santamaría, cédula de identidad número 1-1275-0064, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "*DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA ESTACION DE MONITOREO DE CONDICIONES AMBIENTALES CON ACCESO A DATOS DESDE UN SERVIDOR WEB, PARA DETERMINAR EL RIESGO DE INVERSION PARA CULTIVOS DE CAFÉ PARA LA EMPRESA E.R. SERVICIOS DE HEREDIA, PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2017*", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

**Tabla 1** Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	10
b	Cumplimiento de entrega de avances.	20	20
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	30
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
Total:		100	100

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Daniel Rodríguez Solórzano  
Cédula de identidad: 108730397  
Carné colegio profesional: IE-40130



## CARTA DEL LECTOR

San José, 29 de Octubre del 2017

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Diego Leonel Carrillo Santamaría, cédula de identidad número 1-1275-0064, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CULTIVOS DE CAFÉ PARA LA EMPRESA E.R. SERVICIOS EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2017.", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Nombre del profesor: Mauricio Daniel Armas Sandí  
Cédula de identidad: 1-1361-0843  
Carné colegio profesional: IEL-22359

San José, 06 de noviembre del 2017.

**Señores**

**Dirección de Carrera Ingeniería Electrónica**

**Universidad Hispanoamericana.**

Estimados señores:

El estudiante **Diego Carrillo Santamaría**, cédula de identidad número **1-1275-0064**, me ha presentado, en calidad de profesional graduada en Filología y Lingüística Española de la Universidad de Costa Rica, para efectos de corrección de estilo, el trabajo de investigación denominado **Desarrollo de una plataforma de monitoreo en tiempo real de las condiciones climáticas de cultivos de café para la empresa E.R. Servicios en el segundo semestre del 2017**, el cual ha elaborado para optar por el grado de **Bachillerato en Ingeniería Electrónica**.

He revisado, de acuerdo con los lineamientos de la corrección de estilo señalados por la Universidad, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y los vicios de dicción que presentó el escrito; y he verificado que se realizaron todas las correcciones indicadas en el documento.

Por consiguiente, doy fe de que este trabajo se encuentra listo para ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente,



**Nidia Leandro Murillo**

**Cédula identidad No. 6-0051-0880**

**Carné Colegio de Licenciados y Profesores No. 491**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ACTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR .....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>2</b>
<b>1. CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO. ....</b>	<b>3</b>
<b>1.1) INTRODUCCIÓN AL TEMA DEL PROYECTO. ....</b>	<b>4</b>
1.1.1) Antecedentes del contexto de la empresa.....	6
1.1.2) Justificación del problema.....	7
<b>1.2) DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>9</b>
1.2.1) La idea del problema.....	10
1.2.2) La pregunta del problema.....	11
<b>1.3) OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.3.1) Objetivos general.....	12
1.3.2) Objetivos específicos.....	12
<b>1.4) ALCANCES Y LIMITACIONES. ....</b>	<b>14</b>
1.4.1) Alcances.....	14
1.4.2) Limitaciones.....	15
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1) MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL ASPECTO DE LA CARRERA. ....</b>	<b>18</b>
2.1.1) Definiciones.....	19
2.1.1.1) Sistema electrónico de monitoreo.....	19
2.1.1.2) Microcontrolador.....	20
2.1.1.3) Placa controladora: Arduino UNO.....	22
2.1.1.4) Módulo de comunicación Wi Fi: ESP8266.....	24
2.1.2) Sensores.....	26
2.1.2.1) Sensor de Radiación Ultravioleta.....	26
2.1.2.2) Sensor de Temperatura y Humedad Relativa (DHT22).....	28
2.1.2.3) Sensor de presión barométrica.....	29
2.1.2.4.) Fotorresistencia (LDR).....	30
2.1.2.5) Sensor de Polvo.....	31
2.1.2.6) Sensor de concentración de monóxido de carbono.....	32
2.1.3) Conceptos y conocimientos teóricos de ingeniería que respaldan el desarrollo de la propuesta del proyecto.....	33
<b>2.2) MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.....</b>	<b>36</b>
<b>2.3) MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>39</b>
2.3.1) Impacto del proyecto según su relevancia.....	44
<b>2.4) ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS. ....</b>	<b>46</b>
2.4.1) Revista Informativa del Instituto del Café en Costa Rica.....	46
2.4.2) Proyecto del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuaria (INIFAP) sobre monitoreo del Clima.....	48
2.4.3) Investigación sobre las estaciones meteorológicas automáticas para el monitoreo del clima realizada por la Fundación PROINPA en La Paz, Bolivia.....	50

<b>3. CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1) TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>52</b>
3.1.1) Finalidad. ....	52
3.1.2) Dimensión temporal. ....	52
3.1.3) Marco.....	53
3.1.4) Naturaleza.....	54
3.1.5) Carácter. ....	55
<b>3.2) METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO. ....</b>	<b>56</b>
<b>3.3) METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO. ....</b>	<b>57</b>
3.3.1) Implicaciones metodológicas. ....	57
3.3.2) Mecanismo empresariales. ....	58
3.3.3) Normas de Regulación.....	59
3.3.4) Prototipo. ....	59
3.3.5) Roles y responsabilidades de los involucrados. ....	60
3.3.6) Etapas de implementación. ....	60
<b>4. CAPITULO IV: DIAGNOSTICO. ....</b>	<b>62</b>
<b>4.1) Descripción actual de la situación.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2) Instrumento de diagnóstico. ....</b>	<b>64</b>
4.2.1) Entrevista. ....	65
4.2.2) Propuesta a partir del diagnóstico. ....	69
4.2.3) Variables objeto de estudio. ....	69
4.2.3.1) Cantidad de luz en el ambiente. ....	69
4.2.3.2) Radiación de rayos ultravioleta (UV). ....	72
4.2.3.3) Concentración de partículas de polvo en el ambiente.....	73
4.2.3.4) Temperatura.....	74
4.2.3.5) Humedad Relativa.....	75
4.2.3.6) Presión Barométrica.....	76
4.2.3.7) Concentración de Monóxido de carbono en el ambiente. ....	77
<b>4.3) Condiciones climáticas ideales para los cultivos. ....</b>	<b>79</b>
<b>5. CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO. ....</b>	<b>85</b>
<b>5.1) Propuesta del prototipo.....</b>	<b>86</b>
5.1.1) Funcionamiento lógico del dispositivo. ....	87
<b>5.2) Hardware. ....</b>	<b>90</b>
5.2.1) Sensores utilizados en el proceso. ....	90
5.2.2) Configuración y habilitación del módulo ESP8266 para la exportación de datos a la red.....	93
5.2.3) Diseño electrónico.....	98
5.2.4) Alimentación del sistema.....	103
<b>5.3) Software. ....</b>	<b>107</b>
5.3.1) Código de programación. ....	107
5.3.2) Iniciación del sistema. ....	114
<b>5.4) INSTALACIÓN Y ENSAYOS INICIALES ....</b>	<b>116</b>
<b>5.5) Resultados experimentales.....</b>	<b>118</b>

5.5.1) Análisis gráfico.....	118
<b>5.6) Pruebas funcionales y análisis DE DATOS.....</b>	<b>125</b>
5.6.1) Verificación y demostración de calidad en las pruebas. ....	135
5.6.1.1) Concordancia de interacciones entre variables.....	135
5.6.2) Aplicación móvil. ....	138
<b>5.7) Costos. ....</b>	<b>140</b>
5.7.1) Análisis de costos y beneficios (Índice neto de rentabilidad). ....	141
5.7.2) Criterio de costos según beneficios.....	142
5.7.3) Comparación con otros modelos.....	143
<b>6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>144</b>
6.1 CONCLUSIONES. ....	145
6.2) RECOMENDACIONES.....	148
<b>7.) BIBLIOGRAFIA. ....</b>	<b>150</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

<b>Figura 1:</b> Colectores de café de Costa Rica en 1929 .....	5
<b>Figura 2:</b> Sistema electrónico de control a lazo abierto .....	20
<b>Figura 3:</b> Diagrama de bloques general de un microcontrolador .....	21
<b>Figura 4:</b> Arduino UNO .....	23
<b>Figura 5:</b> Módulo Wi Fi ESP8266 .....	25
<b>Figura 6:</b> Configuración de pines ESP8266 .....	25
<b>Figura 7:</b> Principio de funcionamiento de un sensor ultravioleta .....	27
<b>Figura 8:</b> Espectro de luz .....	28
<b>Figura 9:</b> Módulo sensor ultravioleta .....	28
<b>Figura 10:</b> Sensor DHT 22 .....	29
<b>Figura 11:</b> Sensores de presión barométrica BMP180 .....	30
<b>Figura 12:</b> Fotorresistor y sus principales componentes .....	31
<b>Figura 13:</b> Sensor de polvo .....	32
<b>Figura 14:</b> Sensor de concentración de Monóxido de Carbono en el ambiente .....	33
<b>Figura 15:</b> Etapas de la implementación del proyecto .....	38
<b>Figura 16:</b> Roya del café .....	41
<b>Figura 17:</b> Broca del café .....	43
<b>Figura 18:</b> Promedios de temperaturas en la región de Coto Brus.....	47
<b>Figura 19:</b> Promedios de precipitaciones en la región de Coto Brus .....	48
<b>Figura 20:</b> Proceso de fotosíntesis gracias a la captura de energía lumínica .....	70
<b>Figura 21:</b> Cuadro comparativo del flujo luminoso en lux .....	71
<b>Figura 22:</b> Espectro de la Radiación Ultravioleta .....	72
<b>Figura 23:</b> Efecto de la radiación ultravioleta en los cultivos .....	73
<b>Figura 24:</b> Respuesta de la planta ante la humedad relativa presente en el ambiente .....	75
<b>Figura 25:</b> Relación entre la altitud y la presión barométrica .....	81
<b>Tabla 1:</b> Parámetros de aceptación para la producción cafetalera .....	83

<b>Figura 26:</b> Diagrama de bloques de la plataforma .....	85
<b>Figura 27:</b> Diagrama lógico de funcionamiento de la estación .....	87
<b>Tabla 2:</b> Acoplamiento de los sensores al Arduino .....	89
<b>Figura 28:</b> Relación de la función LPO y la concentración de partículas presentes en el humo del cigarrillo .....	90
<b>Figura 29:</b> Relación de la altitud sobre el nivel del mar y la presión barométrica .....	91
<b>Figura 30:</b> Conexión al serial del ESP8266 por medio del FTDI .....	92
<b>Tabla 4:</b> Comandos AT para la configuración del ESP8266 .....	93
<b>Figura 31:</b> Comando AT+RST .....	93
<b>Figura 32:</b> Comando AT+GMR .....	94
<b>Figura 33:</b> Comando AT+CWLAP .....	94
<b>Figura 34:</b> Comando AT+CWJAP .....	94
<b>Figura 35:</b> Comando AT+CWQAP .....	95
<b>Figura 36:</b> Comando AT+CIFSR .....	95
<b>Figura 37:</b> Comando AT+CIMUX .....	95
<b>Figura 38:</b> Comando AT+CIPSTATUS .....	96
<b>Figura 39:</b> Comando AT+CIPSTART .....	96
<b>Figura 40:</b> Comando AT+CIOBAUD .....	96
<b>Tabla 4:</b> Componentes que se utilizaron en la implementación de la estación .....	97
<b>Figura 41:</b> Diagrama físico de componentes .....	97
<b>Figura 42:</b> Conexiones reales de la plataforma .....	99
<b>Figura 43:</b> Diagrama electrónico de la plataforma de monitoreo .....	100
<b>Figura 44:</b> Fuente de alimentación para la estación de monitoreo .....	102
<b>Figura 45:</b> API Key generado por el servidor IoT de Thingspeak .....	103
<b>Figura 46:</b> Asignación de canales para cada una de la variables .....	104
<b>Tabla 5:</b> Explicación del programa según las fases lógicas .....	109
<b>Figura 47:</b> Diagrama de flujo del funcionamiento lógico del programa .....	110
<b>Figura 48:</b> Montaje de la plataforma .....	113

<b>Figura 49:</b> Análisis de Temperatura .....	115
<b>Figura 50:</b> Análisis de la Humedad Relativa .....	116
<b>Figura 51:</b> Análisis de la Presión Barométrica .....	116
<b>Figura 52:</b> Análisis de la Radiación Ultravioleta .....	117
<b>Figura 53:</b> Análisis del índice lumínico .....	118
<b>Figura 54:</b> Análisis de la concentración de polvo .....	119
<b>Figura 55:</b> Análisis de la concentración de CO en el ambiente .....	119
<b>Tabla 6:</b> Información general de funcionamiento (Prueba #1) .....	120
<b>Tabla 7:</b> Información general de funcionamiento (Prueba #2) .....	120
<b>Tabla 8:</b> Datos obtenidos durante la prueba del 21 y 22 de Agosto .....	127
<b>Tabla 9:</b> Análisis de datos del muestreo realizado los días 21 y 22 de Agosto .....	128
<b>Figura 56:</b> Análisis gráfico completo del muestreo realizados el 21 y 22 de Agosto .....	129
<b>Figura 57:</b> Análisis del comportamiento entre la temperatura y la humedad relativa .....	130
<b>Figura 58:</b> Análisis del comportamiento entre la temperatura y radiación UV .....	131
<b>Figura 59:</b> Análisis del comportamiento de la intensidad luminosa .....	132
<b>Figura 60:</b> Análisis del comportamiento de la concentración de polvo y de CO .....	132
<b>Figura 61:</b> Pantalla de configuración general .....	133
<b>Figura 62:</b> Visualización de la estación de monitoreo desde la aplicación móvil .....	134
<b>Tabla 7:</b> Costos de componentes y mano de obra .....	136
<b>Tabla 8:</b> Análisis de beneficios (Criterios de valoración de costos) .....	137

# ACTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar el agradecimiento a Dios por mantenerme en el camino correcto y darme la fortaleza para nunca rendirme ante las adversidades. A mi familia que siempre me brindó su apoyo para seguir adelante y a todas las personas que me dieron una mano, amigos, profesores, compañeros, colaboradores y cada una de las personas que dieron su aporte para que se pudieran lograr las metas trazadas.

# 1. CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO.

## **1.1) INTRODUCCIÓN AL TEMA DEL PROYECTO.**

Según la Revista Oficial del Instituto del café de Costa Rica (ICAFFE, 2012), el café llegó a América en el año de 1689 con la apertura del primer establecimiento en Boston y rápidamente comenzó a popularizarse, hasta alcanzar su completa aceptabilidad social en el siglo XVIII en donde los grandes cultivos se consolidaron en América del Sur y parte de América Central.

Para esa época en Costa Rica se tenía una agricultura de subsistencia prácticamente y no fue hasta 1808, en la administración de Tomás de Acosta (gobernador de Costa Rica de 1797 a 1810), que se empezó a arraigar en nuestro suelo el cultivo del café, que ha calado hondo hasta la fecha en el ser costarricense, su idiosincrasia y cultura, en donde destacadas personalidades contribuyeron con el desarrollo del cultivo como por ejemplo al Padre Félix Velarde, quien se destacó como el primer sembrador del grano en el país de quien, en 1816, se hace referencia a que poseía un solar con plantas de café.

La acelerada popularidad, prestigio y aceptación del grano entre los costarricenses hizo que Costa Rica llegara a convertirse en el primer país que estableció la industria del cultivo de café en la región centroamericana, luego de la Independencia en 1821. Los gobiernos municipales de aquella época fueron los primeros en incentivar este cultivo con políticas de concesiones de tierras a quienes se interesaran en ese sector productivo.



Figura 1: Colectores de café de Costa Rica en 1929.

Fuente: Nación Galerías. Reproducción de Carlos Gonzáles.

Conforme crecían las primeras plantas aumentaba el interés de los costarricenses por su labranza y el estudio a fondo de los agentes externos que impactaban su desarrollo; fue en ese momento que la industria nacional dio un giro radical en cuanto al estudio de las técnicas del cultivo del café.

Actualmente los productores de café en Costa Rica se interesan cada vez más en tener información precisa del estado del tiempo con el fin de poder establecer medidas de prevención y control de ciertos factores que suelen ser amenazas para los cultivos como las patologías en las plantaciones, los insectos y todas las circunstancias exteriores que son influenciadas por las condiciones ambientales donde se producen los cultivos, motivo por el cual la tecnología ha entrado a jugar un papel fundamental en la implementación de sistemas que permitan verificar el estado del tiempo a cualquier hora y desde cualquier lugar.

### **1.1.1) Antecedentes del contexto de la empresa.**

La empresa E.R. Servicios de Heredia con la cédula jurídica 3-101-190212, es una firma de carácter familiar nacida el 26 de Agosto de 1996 en San Francisco de Heredia, la cual se ha dedicado a lo largo del tiempo a diversas actividades de naturaleza comercial y servicios profesionales en diversos campos, actualmente solo cuenta con dos socios. E.R. Servicios de Heredia se dedicó durante sus inicios a la industria de la marroquinería donde se diseñaban y se manufacturaban artículos de piel y cuero como calzado, bolsos, billeteras, entre otros. 7 años más tarde la empresa toma un giro radical y se reinventa hacia el área de los servicios financieros contables.

Luego de pasar un período de inactividad comercial y económica vuelve a proponerse su regreso en 2016 proyectándose hacia una nueva área que es la producción agrícola, específicamente del cultivo del café; pero busca tener herramientas estadísticas que fundamenten las inversiones, por lo que se requieren datos confiables para hacer un análisis previo de riesgo de inversión por lo que requiere hacer pruebas de monitoreo de condiciones ambientales en una parcela para determinar si es rentable iniciar el proceso de producción.

### **1.1.2) Justificación del problema.**

La propuesta del proyecto está enfocada a generar un impacto de relevancia social por un lado y de conveniencia económica por otro, debido a la implementación de tecnologías para el cultivo de café y en el área de la investigación para desarrollo de la actividad cafetalera.

Desde el punto de vista social, se verá beneficiada la comunidad al incentivar el empleo de recolección de café en la zona en épocas de cosecha, al mismo tiempo que se estimula el emprendimiento familiar de negocios lo cual es parte de los modelos que los gobiernos han tratado de impulsar a través del tiempo. De igual manera se busca proyectar un impacto de conveniencia económica y tecnológica ya que establece un método de recolección de datos a partir del monitoreo automatizado de las condiciones del clima para toma de decisiones de inversión en el sector cafetalero.

Uno de los aspectos más importantes que se detectaron en los primeros estudios que se dieron en el país para la producción agrícola del café fueron las condiciones ambientales las cuales, se supone, son componentes determinantes en la adaptación, distribución y productividad de los seres vivos. La información del estado del tiempo es parte fundamental para la toma de decisiones en la agricultura moderna que requiere información meteorológica actualizada para orientar los procesos de producción.

Con el propósito de tener un conocimiento de las condiciones del clima en relación con el desarrollo y crecimiento de los cultivos y su manejo, a lo largo del tiempo se han venido depurando técnicas de monitoreo de estas variables climáticas, con el fin de tener un fácil acceso a la información del estado actual del tiempo para poder mantener controlados algunos agentes externos que impactan directamente la producción del café.

## **1.2) DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

La producción del café en nuestro país es una de las principales actividades agrícolas tal y como se mencionó anteriormente. Costa Rica tiene climas diversos según la zona del país y la época del año las cuales también son inestables en pequeños lapsos, por lo que se dan problemas en el proceso productivo aun cuando sean lugares “óptimos” para su labranza.

Específicamente, el sector agrícola cafetalero ha enfrentado adversidades desde hace varios años, las cuales ponen en riesgo la producción del grano debido a principalmente agentes externos, climáticos, suelos y plagas, aunado a políticas de comercialización poco eficientes para pequeños productores. Se han comenzado a sentir los efectos del cambio climático, que tiene un impacto directo en los procesos fisiológicos de la planta de café, y consecuentemente, en la calidad y cantidad final de la cosecha.

Según la revista informativa del ICAFE publicada en el 2014, en los últimos 25 años, la temperatura en algunas zonas cafetaleras de América Latina se ha incrementado en 0.5 °C (cinco veces más que en los últimos 25 años), lo que hace cada vez más necesario el monitoreo de las condiciones ambientales para tomar medidas preventivas, así como generar modelos predictivos para la toma de decisiones relacionadas a la producción del café lo cual viene a apoyar el área de la investigación relacionada con tecnologías aplicadas en el sector agrícola.

### **1.2.1) La idea del problema.**

Para este caso en específico, el problema real que se quiere tratar es la falta de un sistema de monitoreo en tiempo real de bajo costo, de las condiciones climáticas que reflejen el estado en tiempo real de las mismas. Así mismo que genere datos que puedan ser almacenados en un servidor para posteriormente ser consultados, con el fin de implementar una herramienta que sirva de apoyo en la toma de decisiones sobre el nivel de riesgo de inversión en terrenos para cultivos de café en diversos sectores del país.

La importancia de la creación de este sistema nace a raíz de la exigencia en la calidad del café de parte de los consumidores, la cual es cada vez mayor en aspectos de características físicas y químicas. Las enfermedades de las plantas afectan características intrínsecas de las mismas, además de causar pérdidas a los caficultores.

Las plantas de café como seres vivos, se enferman, siendo los síntomas diversos como clorosis (pérdida del color verde en las plantas), decoloración en la pigmentación del grano, caída de flores, manchas en hojas o pudrición de cualquier órgano que en la mayoría de veces son ocasionadas por enfermedades fúngicas estimuladas por las mismas variables ambientales.

### **1.2.2) La pregunta del problema.**

¿De qué manera puede implementarse un prototipo electrónico con rutinas automáticas de monitoreo de las condiciones climáticas en tiempo real con acceso a datos desde un servidor web, capaz de graficar en tiempo real el comportamiento del clima en una región específica, así como guardar registro de datos para poder describir modelos para fines investigativos y recolección de datos que sirvan de soporte en las inversiones de compras de terrenos para siembra de café para la empresa E.R. Servicios de Heredia, para el segundo semestre del 2017?.

### **1.3) OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1) Objetivos general.**

- Desarrollar un prototipo electrónico para el registro en tiempo real de las condiciones climáticas mediante el uso de la plataforma Arduino y los protocolos de comunicación Wi Fi con el fin de brindar información para inversión en compras de terrenos destinados a la siembra de cultivos de café.

#### **1.3.2) Objetivos específicos.**

- Establecer una conexión inalámbrica punto a punto mediante el uso de la plataforma Arduino y del módulo ESP8266, de acuerdo a los estándares del protocolo IEEE 802.11 (conocida como Wi Fi).
- Demostrar la capacidad de interconexión e interacción del Arduino con las aplicaciones de diferentes dispositivos como sensores y módulos de red a través de un monitor serial mediante la programación IDE nativa del Arduino de acuerdo al diseño planteado.
- Programar las funciones de comunicación inalámbrica del dispositivo de red ESP8266 por medio de la configuración de comandos AT de acuerdo con las hojas de datos del fabricante.

- Elaborar un sistema de rutinas de lectura periódica de sensores de variables climáticas capaz desempeñar ciclos de trabajo mayores a 24 horas que presente la mínima cantidad de fallos y errores a la hora de ejecutar dichos ciclos a nivel de software y hardware, según el diseño electrónico propuesto.
- Aplicar los principales conceptos del protocolo Internet of Things (IoT) por medio del procesamiento y almacenamiento de datos encapsulados hacia un servidor de libre acceso en la Web llamado thingspeak.com, según los conceptos de interacción de objetos con el internet del protocolo.
- Elaborar rutinas de conversión de datos analógicos a digitales por medio de algoritmos de programación capaces de ser leídos en un monitor serial para posteriormente subir paquetes de datos por medio de llaves API's hasta un servidor web, según el diseño a nivel de software.
- Reproducir el comportamiento del clima en al menos dos zonas del país con características ambientales distintas por medio de gráficas elaboradas en tiempo real que logre evidenciar el correcto desempeño de la estación de monitoreo según los requerimientos proyectados en la fase de diseño.

## **1.4) ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### **1.4.1) Alcances.**

- El enfoque del proyecto es ser una herramienta para crear modelos predictivos que fundamenten investigaciones pertinentes al desarrollo de la actividad cafetalera.
- La implementación de la estación de monitoreo de condiciones climáticas tiene como principal propósito estudiar las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, presión barométrica, cantidad de luz en el ambiente, cantidad de rayos ultravioleta, índice de concentración de polvo presente en el ambiente y concentración de monóxido de carbono en el medio.
- La plataforma debe ser capaz de soportar las distintas condiciones climáticas del país y poder operar en ciclos de trabajos mayores a 24 horas sin presentar fallas a nivel funcional a nivel de hardware y software o al menos presentar la menor cantidad de fallas a nivel funcional.
- Las pruebas funcionales deben al menos comparar dos sitios a lo largo del territorio nacional con el fin de poder asegurar la concordancia de datos para poder describir modelos de conducta de las variables climáticas.

- El sistema está en capacidad de agregarle más sensores al sistema para monitorear un mayor número de variables o reemplazar las existentes por otras.

#### **1.4.2) Limitaciones.**

- Este proyecto analizará únicamente las condiciones del clima para los diferentes tipos de suelo, sin embargo, no medirá las condiciones y/o variables del terreno mismo.
- En el diseño de la estación de monitoreo no se contemplan otras variables diferentes a las que se expusieron en la sección 1.4.1.
- La estación no toma decisiones por sí sola, el sistema se diseña para ser una terminal de monitoreo con exportación de datos a un servidor web, el cual grafica los entradas analógicas recibidas por la unidad y exporta las lecturas a hojas de datos.
- Para efectos de investigación, el muestreo se hará en lugares con características climáticas distintas para asegurar el desempeño de la plataforma en al menos dos regiones distintas; sin embargo, no se hará en más lugares por la limitante del tiempo para llevar a cabo los trabajos de instalación y ejecución de pruebas funcionales.

- La plataforma funciona únicamente con el protocolo de comunicación inalámbrica Wi-Fi, lo cual, para efectos prácticos, el prototipo será utilizado con ésta tecnología.

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

## **2.1) MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL ASPECTO DE LA CARRERA.**

La propuesta en cuestión supone el hecho de abarcar algunas ramas de las ciencias tecnológicas, principalmente las que se abordaron durante el curso de la carrera de Ingeniería Electrónica como lo son las comunicaciones, el diseño de sistemas, la automatización de procesos, las bases de datos y el uso de servidores web.

El proyecto basa su implementación en la combinación de elementos receptores como lo son los sensores acoplados por software y hardware a un microcontrolador, el cual es el encargado de interpretar las señales de entrada de los diferentes dispositivos receptores y ejecutar órdenes y procesos que son programados a través de una serie de comandos en un entorno de desarrollo de código abierto para la implementación de funciones, por lo que se abarca el área del diseño de sistemas estudiado en el transcurso de la carrera.

Por otro lado, el diseño incluye funciones ligadas directamente con las comunicaciones de sistemas igualmente estudiadas según el programa de la carrera, en donde se ejecuta la transmisión y recepción de datos obtenidos a través de una plataforma que recolecta y almacena dichas lecturas para ser luego interpretadas por medio de gráficos para ver el comportamiento de variables a través del tiempo.

A continuación se detallarán los conceptos teóricos y prácticos que sustentan el proyecto.

### **2.1.1) Definiciones.**

#### **2.1.1.1) Sistema electrónico de monitoreo.**

El término “monitoreo” es una conceptualización que se aplica a una combinación de elementos que logran una visualización de un proceso, datos, imágenes o proyecciones a través de un elemento principalmente un monitor o pantalla, con el fin de supervisar, o controlar una circunstancia en específico. Para el caso del proyecto que se desarrollará, el diseño se enfoca en la inspección de las condiciones ambientales de una región en específico, la cual permite recolectar datos para ser analizados posteriormente.

Un aspecto importante es el hecho de que este sistema tiene la particularidad de que puede ser consultado desde cualquier dispositivo que cuente con conexión a internet, en cualquier momento, a cualquier hora y desde cualquier lugar del mundo, lo que convierte en una aplicación muy útil y eficaz para este tipo de consultas, en donde se puede hacer uso de las herramientas del Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés).

Todo sistema electrónico de control tiene como principal función obtener una salida que responda a la recepción de señales de entrada por medio de un sistema o proceso que se encarga de actuar sobre las referencias de dichas entradas. En este caso se implementará un sistema de control de lazo abierto en el que la salida o respuesta del sistema no tiene influencia directa sobre la acción de control, como todo sistema de monitoreo, se tienen señales o variables de entrada que son procesadas por un sistema y éste se encarga de proyectar esas entradas en forma de datos, imágenes, gráficas, esquemas o bocetos.

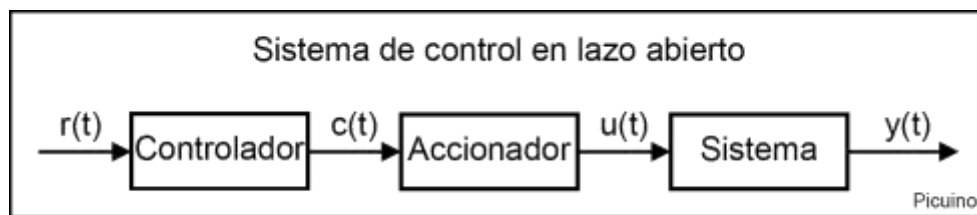


Figura 2: Sistema electrónico de control a lazo abierto

Fuente: Picuino. Control Automático (2012)

### 2.1.1.2) Microcontrolador.

En el proyecto planteado se requiere utilizar un dispositivo hardware capaz de controlar, gobernar y regular las funciones del sistema por medio de órdenes grabadas en su memoria, las cuales se reproducen cíclicamente a lo largo del tiempo según sean las señales de entrada proporcionadas por los elementos de entrada; sensores en este caso.

Un microcontrolador normalmente abreviado como  $\mu\text{C}$ , UC o MCU es en esencia un circuito integrado programable, cuya función principal es la de ejecutar órdenes que se almacenan en su memoria y no requiere de otros elementos para llevar a cabo su trabajo debido a que todo está integrado en un solo dispositivo. Éste incluye las unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y unidades E/S, por lo que habitualmente se le considera un computador integrado en un solo encapsulado.

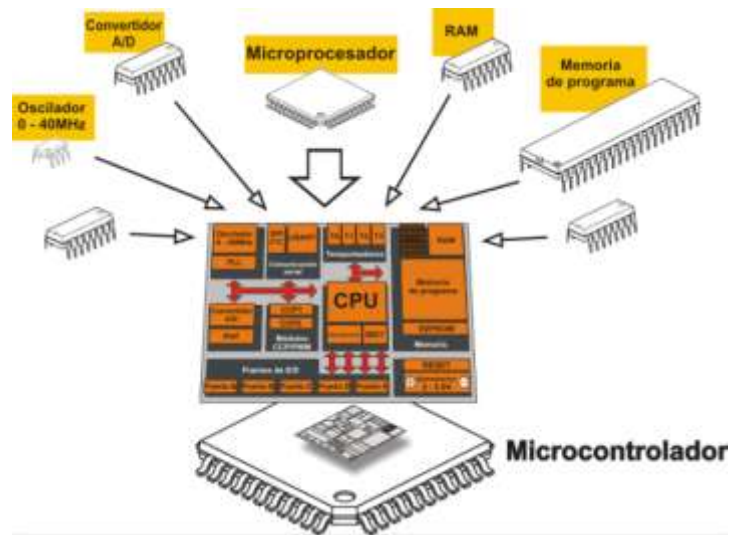


Figura 3: Diagrama de bloques general de un microcontrolador.

Fuente: Microconcotroladores MikroElektronika (2013). Recuperado de:

<https://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespicc/chapter/introduccion-al-mundo-de-los-microcontroladores/>

“Un microcontrolador difiere de una CPU normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de chips externos de apoyo. La idea es que el circuito integrado se coloque en el dispositivo a la fuente de energía y de información que necesite, y eso es todo. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas

estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada/salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados; los modernos microcontroladores frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado. Los microcontroladores negocian la velocidad y la flexibilidad para facilitar su uso. Debido a que se utiliza bastante sitio en el chip para incluir funcionalidad, como los dispositivos de entrada/salida o la memoria que incluye el microcontrolador, se ha de prescindir de cualquier otra circuitería.” (E.Galeón, Argentina, 2015) Disponible en <http://microcontroladores-e.galeon.com/>.

### **2.1.1.3) Placa controladora: Arduino UNO.**

Arduino es un plataforma de prototipo electrónico de código abierto basado en hardware y software diseñado para crear objetos o entornos interactivos; los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o se pueden complementar y comunicar con otro software en ejecución en un ordenador. Al hablar de Arduino, hablamos de software y hardware al mismo tiempo por el hecho de que ésta plataforma cuenta con una entorno de programación propio, su IDE se desarrolló simultáneamente con la placa por lo que podemos asegurarnos de su total compatibilidad lo que nos da toda la seguridad operativa del mismo.



Figura 4: Arduino UNO

Fuente: arduino.cl

Ventajas de la plataforma Arduino:

- Económico: estas placas son mucho más baratas y fáciles de conseguir que otras plataformas o microcontroladores, su precio actual en el mercado oscila cercano a los \$25.
- Código abierto y software extensible: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede expandirse mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. Se puede también añadir código AVR-C directamente en tus programas Arduino si se desea.

- **Multiplataforma:** El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux, a diferencia de muchos otros microcontroladores que solo operan en el ambiente Windows.
- **Simple y efectivo entorno de programación:** Es un ambiente fácil de aprender a desarrollar y usar para principiantes pero de igual manera es muy flexible para personas con un nivel avanzado de conocimiento de las herramientas. Al estar desarrollado en el entorno de programación Processing es ideal para profesores.
- **Código abierto y hardware extensible:** El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo.

#### **2.1.1.4) Módulo de comunicación Wi Fi: ESP8266.**

El módulo ESP8266 es un simple dispositivo y de pequeñas dimensiones (15 mm x 25 mm) que permite añadir funciones de conectividad a la red por Wi Fi al Arduino por medio del Internet de las Cosas (IoT), esto simplifica mucho el diseño de sistemas que necesiten conectividad a internet o a un servidor evitando las conexiones por medio de cables, su bajo costo de aproximadamente \$10 le ha

dado a este dispositivo un auge en el mercado ya que cada día más diseñadores e ingenieros deciden usar en sus proyectos.

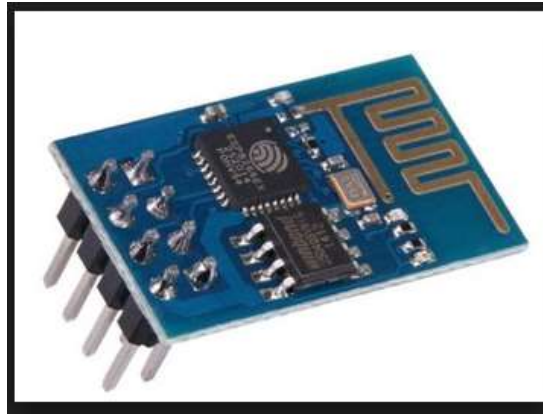


Figura 5: Módulo Wi Fi ESP8266

Fuente: Benlo (2016).

Otra de sus principales características es que el dispositivo puede usarse con Arduino para implementar algunas funciones de programa o bien puede programarse solo de manera independiente en caso de que el programa no requiera de muchas salidas, también tiene la particularidad de que se alimenta a 3.3 V y consume una corriente no mayor a 215 mA por lo que es un dispositivo de bajo consumo que hace que nuestros sistemas sean más eficientes y se puede programar en el entorno de Arduino IDE o por medio de comandos AT.

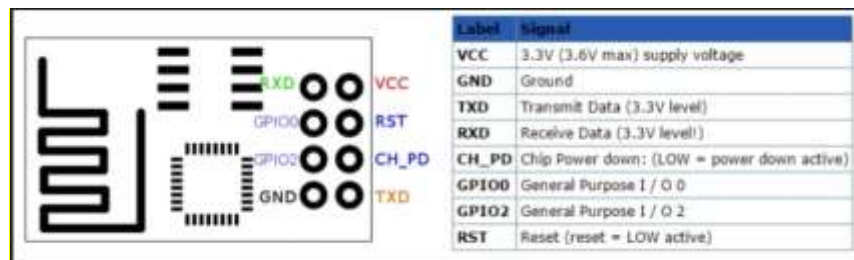


Figura 6: Configuración de pines ESP8266

Fuente: GitHub (2016).

### **2.1.2) Sensores.**

En esencia, un sensor es un dispositivo capaz de convertir energías, las cuales detectan algunas magnitudes físicas o químicas llamadas comúnmente variables de instrumentación y las transforma en una señal eléctrica, por lo que se diseñan para detectar acciones o estímulos externos y producir una respuesta a partir de ellos.

“Un sensor no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sea capaz de ser cuantificada y manipulada”. (Molina, 2017).

A continuación estudiaremos los sensores que se utilizarán en la implementación del proyecto.

#### **2.1.2.1) Sensor de Radiación Ultravioleta.**

Un sensor de luz ultravioleta usualmente llamado sensor UV basa su principio en la luminiscencia de los materiales que reemplazan la función de los sensores fotoeléctricos cuando estos no pueden trabajar en determinadas aplicaciones; el principio de funcionamiento de estos sensores se basa en detectar el brillo (fluorescencia) de un objeto sometido a la luz ultravioleta.

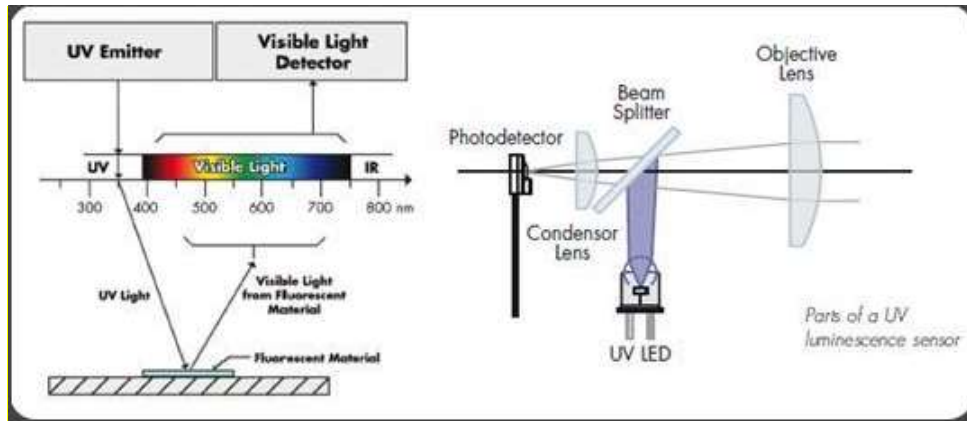


Figura 7: Principio de funcionamiento de un sensor ultravioleta.

Fuente: Sensorstecnics. Recuperado de:

<http://www.sensorstecnics.net/eu/productos/category/107/optoelectronicos-ir-led-ndir-uv-rgb-laser/sensor-de-luz-ultravioleta-uv>

Además de la radiación electromagnética que los humanos somos capaces de ver, existen rangos con longitudes de onda más larga, infrarrojo, y más corta, ultravioleta. Una parte de esta radiación, la de longitud más corta, tiene efectos ionizantes, es decir, es capaz de desplazar electrones de los átomos modificando su estado. Mientras que la zona visible se encuentra aproximadamente en el rango comprendido entre los 400 nm y los 700 nm, la ultravioleta comienza en los 10 nm (ultravioleta extremo) y termina en los 400 nm (UVA, onda larga) donde comienza la parte visible del espectro. (Ventura, 2016)

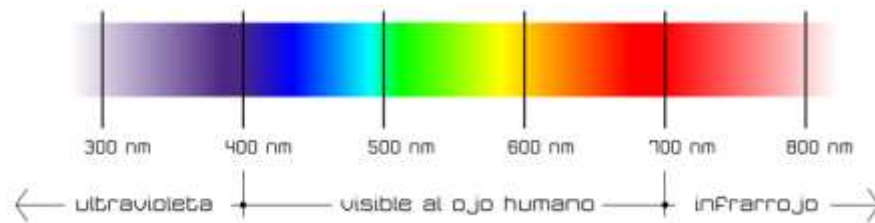


Figura 8: Espectro de luz

Fuente: Polaridad España. Recuperado de: <http://www.lit-uv.com/es/technology/>



Figura 9: Módulo sensor ultravioleta

Fuente: Imix Arduino. Recuperado de: <http://www.himix.lt/arduino/arduino-and-ultraviolet-uv-sensor>

### 2.1.2.2) Sensor de Temperatura y Humedad Relativa (DHT22).

El sensor de temperatura y humedad relativa DHT22 de los sensores más populares y precisos que se venden en el mercado, han tenido gran aceptación por su precio económico y su pequeño tamaño además de ser un sensor que tiene una gran precisión en su medición. Este modelo nace como una depuración al anterior que era el DHT11 en donde se mejoró la exactitud y precisión de sus características con señal de salida calibrada para una mejor lectura de la medición de variables.

## DHT22 ( AM2302 )

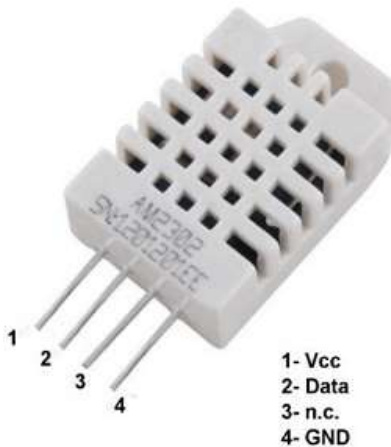


Figura 10: Sensor DHT22

Fuente: Hoja de datos oficial AOSONG. Sensor DHT22.

### 2.1.2.3) Sensor de presión barométrica.

Éstos sensores miden la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie de la tierra en una determinada área, Según Nylamp Mechatronics (2015) “...si medimos la presión atmosférica en puntos más altos la presión baja debido a que hay menos cantidad de aire sobre nosotros. La presión atmosférica también varía con el clima, principalmente con la temperatura, pues esta hace cambiar la densidad del aire, que se ve reflejado en un cambio en el peso y por consiguiente en un cambio de presión. Entonces, la presión atmosférica varía con la temperatura y la altitud, estas dos variables son las más representativas para el cambio de presión, por lo que podemos discriminar la humedad y viento que también influyen en la presión.” (p. 209)

Los sensores de presión barométrica normalmente se construyen en pequeños encapsulados o placas y son diseñados para que sean de bajo consumo. En la actualidad casi todos los modelos que existen son de alta precisión. Su construcción se basa en la tecnología piezoresistiva que es una propiedad que tiene algunos materiales semiconductores para dar respuesta de cambio de resistencia ante el esfuerzo mecánico o alguna variable física como la temperatura, la altura, la presión, etc.



Figura 11: Sensores de presión barométrica BMP180

Fuente: Naylamp Mechatronics. Disponible en:

[http://www.naylampmechatronics.com/blog/43\\_Tutorial-sensor-de-presi%C3%B3n-barom%C3%A9trica-BMP180.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/43_Tutorial-sensor-de-presi%C3%B3n-barom%C3%A9trica-BMP180.html)

#### **2.1.2.4.) Fotorresistencia (LDR).**

Un LDR (Light Dependent Resistor por sus siglas en inglés) o fotorresistor no es más que un dispositivo perteneciente a la familia de los optoelectrónicos o fotodetectores que varía su resistencia eléctrica con las variaciones de la intensidad luminosa presente en el ambiente.

El comportamiento de los dispositivos detectores de luz se basa en las respuestas de éstos cuando incide radiación sobre el material semiconductor que los constituye. Al incidir esta radiación, los electrones de la banda de valencia del semiconductor adquieren suficiente energía para poder ser excitados hacia la banda de conducción, superando el gap de energía entre las dos bandas, éste siempre considera los espacios a la distancia en la cual un flujo electromagnético es capaz de ser leído o registrado, según lo describe (Martínez, Mendoza y Juárez, 2016) lo que vendría siendo un simple conmutador cuyo paso de energía es regulado por luz.



Figura 12: Fotorresistor y sus principales componentes.

Fuente: Itead. Recuperado de: [https://www.itead.cc/wiki/Light\\_Sensor\\_Brick](https://www.itead.cc/wiki/Light_Sensor_Brick)

#### **2.1.2.5) Sensor de Polvo.**

El sensor de detección de polvo es especialmente efectivo detectando partículas muy finas de polvo en el aire y es muy utilizado como detector en purificadores de aire. Internamente contiene un diodo LED y un fototransistor colocados de tal forma que son capaces de detectar las reflexiones de luz sobre las partículas de polvo.” Seed Studio Grove (2014) Estos sensores son diseñados para que

consuman una baja potencia y proporcionen un voltaje lineal proporcional a la cantidad de polvo detectado en el ambiente; sus aplicaciones son muy diversas pero en éste caso específico lo usaremos para detectar la cantidad en un espacio abierto con corrientes de aire relativamente fuertes.



Figura 13: Sensor de Polvo

Fuente: Seed Studio Grove. Recuperado de: [http://wiki.seeed.cc/Grove-Dust\\_Sensor/](http://wiki.seeed.cc/Grove-Dust_Sensor/)

#### **2.1.2.6) Sensor de concentración de monóxido de carbono.**

“El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico. Se produce naturalmente por una serie de procesos, sobre todo por la oxidación parcial del metano (CH<sub>4</sub>) que se forma en la descomposición de la materia orgánica por fermentación. En una atmósfera no contaminada la concentración de monóxido de carbono es muy baja y estable (0,1 ppm = partes por millón).” MORETTON, Juan (1996).

Los sensores que monitorean ésta variable tienen una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. La salida del sensor es una resistencia análoga cuyo circuito de interfaz es muy simple, todo lo que se necesita hacer es alimentarlo con 5V, añadir una resistencia de carga y conectar la salida al convertor análogo – digital.



Figura 14: Sensor de concentración de Monóxido de Carbono en el ambiente.

Fuente: Aliexpress. Recuperado de: [https://es.aliexpress.com/store/product/MQ-7-Gas-Sensor-Module-MQ-7-module-Carbon-monoxide-detection-alarm-MQ7-for-Arduino-STM32/418423\\_2039175791.html](https://es.aliexpress.com/store/product/MQ-7-Gas-Sensor-Module-MQ-7-module-Carbon-monoxide-detection-alarm-MQ7-for-Arduino-STM32/418423_2039175791.html)

### **2.1.3) Conceptos y conocimientos teóricos de ingeniería que respaldan el desarrollo de la propuesta del proyecto.**

Durante el desarrollo de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana se impartieron cursos que respaldan el fundamento teórico del proyecto, dentro de los principales cursos podemos mencionar: Análisis de Sistemas, Diseño de Sistemas, Comunicaciones con sus respectivos laboratorios.

En análisis de sistemas Carrasco (1998) afirma:

“La principal herramienta del analista de sistemas es... el concepto de síntesis, en el sentido de que debe comenzar por ubicar el sistema en su entorno y apreciar las interacciones que se producen en todas direcciones.” (p. 5)

Lo anterior lleva a pensar que un analista de un sistema debe tener conocimiento de diversas ramas de una o varias ciencias para poder definir el sistema que va a crear. Como se había mencionado anteriormente los sistemas de control electrónico son de dos tipos: de lazo abierto y de lazo cerrado; para el caso del proyecto se diseñará un sistema de lazo abierto debido a que la respuesta del mismo no dependerá de sus salidas. Es decir, no tiene una señal de retroalimentación, simplemente el sistema responde a una señal de entrada que procesará el microcontrolador y su salida se verá reflejada en un monitor, de ahí nace el nombre de sistema de monitoreo.

De la misma manera, en el área de las comunicaciones, este proyecto se fundamenta en gran parte debido a que se hará una exportación de datos hacia un servidor web de consulta. La forma en como lo haremos será por medio de un módulo Wi Fi que ya explicamos en la sección 2.1.1.4 llamado ESP8266 y se subirán los datos a un servidor de consulta libre *thingspeak.com* en donde desde cualquier dispositivo en el que se pueda tener acceso a la web, se podrá hacer la consulta de los datos.

Como menciona Martin (2014) "...las herramientas de recopilación de datos como apoyo a la investigación en las ciencias son una realidad emergente. Si bien no todos los proyectos están maduros, algunos apuntan grandes posibilidades presentes y su uso puede ser muy útil para la investigación..." Así, como ya hemos visto, dichas de herramientas presentan ventajas técnicas indudables, que reducen costos económicos y temporales, permiten aleatorizaciones que antes no eran posibles. Sin embargo, hay que ser conscientes de que estas herramientas son instrumentos que se deben aplicar en investigaciones muy concretas, en función de las necesidades de las mismas, y que ellas se encuentran limitadas por los mismos problemas de concepto que sus equivalentes físicos.

Por último y no menos importante, el proyecto se sustenta en los conceptos de diseño de sistemas, y claro, es de las más importantes del desarrollo de éste porque es el corazón funcional del mismo, es el hardware y software que conformarán el sistema.

## **2.2) MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.**

El proyecto es producto de una serie de fases que se han planeado con el fin de poder implementarlo de manera adecuada.

*Etapas 1:* En esta etapa se hará una investigación puntual sobre cuáles son las principales variables climáticas que se deben medir en una plantación cafetalera que impactan directamente la calidad del producto final, así como su desarrollo desde la etapa inicial del cultivo hasta que la planta da sus primeros frutos. Para esto se debe consultar a algunos expertos en el área de la producción agrícola en Costa Rica y que tengan vasta experiencia sobre todos los procesos y factores que afectan y benefician la actividad cafetalera en el país, así como también se recopilara información en bibliografía existente para dar asesoría fundamentada a la investigación sobre éste importante punto del proyecto.

Como lo menciona Carlos Gay, Francisco Estrada, Cecilia Conde y Hallie Eakin (2004) "...la producción de café en muchos países principalmente latinoamericanos, tradicionalmente ha sido una fuente importante de divisas y de ingreso para miles de pequeños productores. A pesar de su importancia económica nacional y local; no obstante, en muchos casos se ha prestado muy poca atención a los impactos que podrían tener sobre los cultivos las condiciones climáticas lo que en un final incide en la calidad final del fruto..."

*Etapa 2:* En la segunda etapa se procederá a diseñar la circuitería, la selección de los dispositivos que se utilizarán que van desde los sensores para todas las variables que se van monitorear, el microcontrolador que se va a utilizar hasta el método de exportación de datos a un servidor web. Esta etapa de diseño podría ser la más importante porque es la herramienta que se propone para la resolución al problema planteado, siempre en concordancia con los objetivos por alcanzar que se reflejan básicamente en que sea un sistema económico, eficiente y eficaz.

*Etapa 3:* Una vez diseñado el hardware, se procederá con la tercera etapa, la cual está enfocada al software, que como vimos en la sección 2.1.1.3 se hará con IDE de Arduino, este programa está conformado por un conjunto de códigos y comandos que enlazarán todas las funciones de los sensores y módulos que estén conectados en él, así como la exportación de datos a un servidor web.

*Etapa 4:* Esta fase del proyecto estará enfocada a las pruebas funcionales y se interpretarán los datos obtenidos para posteriormente hacer un análisis de resultados. En esta etapa se dará sustento funcional y práctico a la solución del problema planteado y se evaluarán los objetivos trazados según los resultados del sistema.

*Etapa 5:* En la cual se analizarán los datos obtenidos en las pruebas funcionales que servirán de apoyo al estudio de riesgos para inversión así como para tareas investigativas en el campo del desarrollo agrícola.

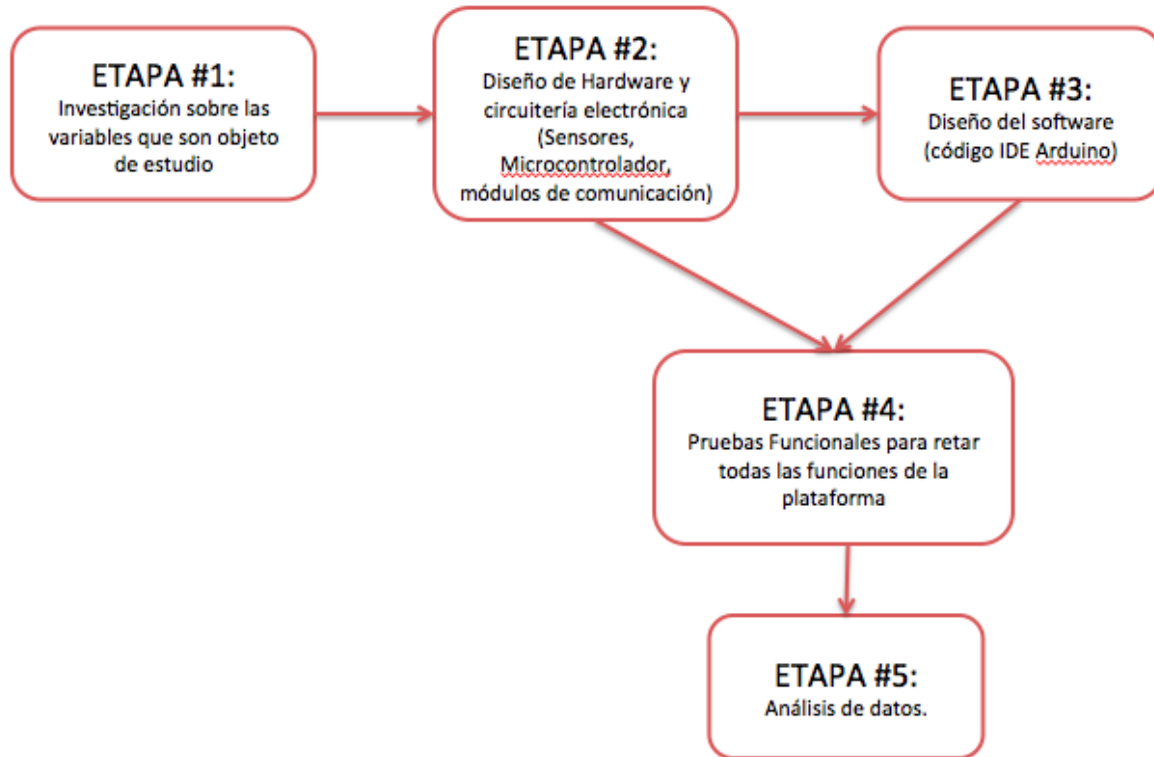


Figura 15: Etapas de la implementación del proyecto.

Fuente: Construcción propia.

## **2.3) MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.**

El estado del arte basa su análisis en tiempos muy remotos como se explicó en el primer capítulo el café tuvo históricamente un auge e impacto no solo a nivel económico sino que también a nivel social en el país. Estos avances que se han dado a través del tiempo con respecto a la producción del café, las nuevas técnicas de cultivo, así como el estudio para la selección del lugar donde se van a sembrar las plantaciones del café han hecho que se tenga que recurrir a la tecnología con el fin de monitorizar, proteger y cosechar el grano.

En nuestro país una de las principales instituciones que se dedican a ésta actividad es el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), y como lo dice su reseña oficial: es una institución pública de carácter no estatal, fundada en 1933 como rectora de la caficultura costarricense. El ICAFFE se reglamenta en la Ley de la República de Costa Rica No. 2762, con el objetivo de:

- Promover un modelo de producción único y equitativo entre los Productores, Beneficios, Tostadores y Exportadores nacionales.
- Apoyar la producción, proceso, exportación y comercialización del café costarricense.
- Promover el consumo nacional e internacional de nuestro café.
- Investigar y desarrollar tecnología agrícola e industrial.

- Aprobar un precio mínimo justo que debe pagar el Beneficio de café al productor del mismo. (ICAFE, 2010)

La experiencia de esta Institución ligada al sector productivo ha dado grandes aportes a pequeños, medianos y grandes productores, fomentando la actividad y su crecimiento económico e impacto social, de la misma manera en que han defendido la actividad desde toda perspectiva.

Los estudios que han realizado de manera directa e indirecta son base fundamental en el desarrollo de nuestra investigación, aunque claramente nuestro enfoque va más ligado al tema del medio ambiente y su relación con la actividad productiva. Como se ha venido explicando a lo largo de esta investigación la idea es crear un sistema electrónico que sea capaz de monitorear las variables climáticas que impactan directamente en las enfermedades del café principalmente la roya y la broca, así como la calidad final del producto.

Previo a presentar los resultados de los estudios existentes, se procederá a hacer mención de algunos conceptos necesarios para comprender las bases de dichas investigaciones desde la perspectiva de las enfermedades y agentes externos que afectan la producción de café.

*Roya:*

“La enfermedad de los cafetos conocida como “Roya o Herrumbre “ fue reportada por primera vez por un explorador Inglés en plantas silvestres de café presentes en la región del Lago Victoria, África Oriental en 1861. Posteriormente, en 1869 el micólogo Miles Joseph Berkeley y su asistente el señor Christopher Edmund Broome, publicaron los estudios donde describen como *Hemileia vastatrix* al patógeno presente en hojas de café con machas amarillas y presencia de polvo color naranja por el envés, procedentes de la isla de Ceilán hoy Sri Lanka. Se presume que el origen de éste patógeno ocurrió en las montañas de Etiopia y Uganda, en el noroeste de África, desde donde se diseminó a otras áreas del continente africano, asiático y finalmente el americano.” Barquero Miranda, Miguel “*Las variaciones climáticas en el incremento inusual de la roya del cafeto*”. Revista ICAFE. 2013:



Figura 16: Roya en planta de café.

Fuente: Anacafé Recuperado de:

[https://www.anacafe.org/glifos/index.php/12PRIN:Que\\_es\\_la\\_Roya](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/12PRIN:Que_es_la_Roya)

La roya del café se ha catalogado como uno de los principales enemigos de la producción del café debido a su fácil propagación, ésta ha ocasionado la pérdida completa de cultivos alrededor del mundo, e incluso hay registros de disminuciones en la producción en regiones como Ceilán en Asia de hasta 95%; por lo que desde el siglo pasado se inició con las investigaciones biológicas del patógeno para determinar sus posibles causas y poder comprender cuáles eran los factores que propiciaban dicha enfermedad. En nuestro país no ha sido la excepción, y gracias a las marcadas variaciones climáticas típicas de las regiones tropicales se han tenido registros de grandes pérdidas ocasionadas por el patógeno.

#### *Broca del café:*

Es una enfermedad producida por un insecto llamado *Hypothenemus hampei* que pertenece a la familia Scolytinae, es el causante de la mayoría de las enfermedades ligadas a los cultivos de café; la Revista informativa del ICAFE (2013) dice que: “La broca del café continúa siendo la plaga insectil de mayor importancia económica en Costa Rica, con capacidad de generar pérdidas a nivel de finca (costos de manejo, rebajos durante la entrega, recolección, transporte) y de Beneficio (reducción de rendimiento, aumento de calidades inferiores, calidad de taza), que al final reducen el ingreso neto de la actividad.

El promedio nacional de ataque en la fruta se ha mantenido bastante aceptable a partir de la cosecha 2008/2009, influenciado probablemente por mejores precios del café de ese momento que estimulan y permiten la inversión. Pero el mayor fundamento de este buen nivel se debe a la buena aplicación por parte de los productores, del manejo integrado de la broca recomendado y facilitado por el Instituto del Café, por medio de la generación continua de tecnología y su Programa de Transferencia, incluyendo los servicios para la entrega de trampas difusoras y el hongo *Beauveria bassiana*.”



Figura 17: Broca del café producida por el insecto *Hypothenemus hampei*.

Fuente: Instituto del café Colombiano (2016)

Estas principales enfermedades que atacan las cosechas de café pueden ser controladas si se presta atención puntual en los agentes externos que propician dichos males. Medidas manuales como no permitir que quede café en el suelo luego después de un cogida, cosechar primero los lotes que tengan mayor cantidad de broca, eliminar apropiadamente el café verde, entre otras acciones

favorecen a la erradicación de las enfermedades; sin embargo, otras prácticas que requieren métodos más complejos como la monitorización de las variables climáticas para medir cantidad luz/sombra, temperatura, humedad relativa y otras podrían revelar datos esenciales en la toma de decisiones para aplicar otras medidas, como por ejemplo secadores solares y mantas de polietileno para proteger las plantaciones.

### **2.3.1) Impacto del proyecto según su relevancia.**

*Impacto Social:* La plataforma busca favorecer a los pequeños y medianos productores principalmente, debido a que usualmente se enfrentan a compradores que tienen una mayor capacidad de inversión y compra. Desafortunadamente se presenta con frecuencia que los productores no reciben un precio transparente que evite que comerciantes locales, exportadores o procesadores generen mayores márgenes a expensas del precio pagado al productor.

En nuestro país en las zonas más alejadas donde se siembra el producto como por ejemplo en el Valle de la Estrella, prácticamente se produce el café de una forma artesanal, los productores cuentan con poca o casi nula tecnología en sus procesos productivos y la mayoría de ellos dependen de esta actividad como pilar económico para subsistir. Es por esta razón que el sistema que se creará está enfocado hacia este sector de caficultores con el fin de que sus cosechas se vean beneficiadas en la pugna por obtener mejor café para la

comercialización e indirectamente se vea beneficiada la comunidad con empleo y labores de recolección.

*Impacto económico:* El cual está muy relacionado con el social, por el hecho de que se busca marcar de forma positiva la producción de pequeños huertos en zonas donde las principales fuentes económicas están en la labranza de la tierra. El favorecimiento de la economía no solo es a nivel local de algunas pequeñas familias de caficultores sino que también tiende a la proyección económica del país tanto nacional como internacionalmente, así que indirectamente se habla de un beneficio en términos generales.

*Impacto tecnológico:* El proyecto busca impactar el área tecnológica por la razón de que se utilizarán dispositivos que son relativamente nuevos en el mercado y que además de su bajo costo en comparación con sistemas de monitoreo ya existentes tienen un desempeño de gran eficiencia y confiabilidad en sus mediciones, por lo que se podría categorizar el proyecto en términos de gran impacto, alta eficiencia y bajo costo.

## **2.4) ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS.**

En Costa Rica, han sido documentados varios estudios a lo largo del tiempo, tomando en cuenta la innovación en técnicas de manejo y control de plagas en cafetos, así como métodos de producción para mejora en las cosechas del café producido en el país. Es muy importante mencionar que la mayoría de investigaciones, proyectos y diseños similares a esta investigación se han desarrollado principalmente fuera de Costa Rica por lo que suma un valor agregado, debido a que la idea se proyecta a desarrollar una plataforma de esta naturaleza en el país que pueda significar un gran aporte tecnológico a la industria agrícola.

### **2.4.1) Revista Informativa del Instituto del Café en Costa Rica.**

El ICAFE, la institución costarricense de más peso e influencia en el sector cafetalero del país ha realizado varios estudios que respaldan y sustentan nuestra investigación y que son pilar fundamental en ciertos aspectos de la misma. En la edición I-2013 de la Revista informativa del Instituto Costarricense del Café se hizo un estudio titulado “*Las variaciones climáticas en el incremento inusual de la roya del cafeto*”. Disponible en: <http://www.icafe.cr/sector-cafetalero/clima/>

El cual asegura:

Con el fin de comprender la influencia de las variaciones del clima en el progreso de la Roya, se analizó los factores de clima que más influyen sobre el incremento de la enfermedad ocurridos durante el año 2012, frente al histórico de los últimos 12 años registrados tomando como ejemplo la región de Coto Brus. La comparación de la temperatura promedio y de la precipitación mensual demostró la existencia de un gran cambio en el comportamiento habitual de estos dos factores del clima, especialmente a partir del mes de mayo; pero no así en las horas que permanecieron las hojas mojadas, que fue muy similar al promedio histórico, a pesar de la disminución marcada de las precipitaciones.”

El principal aporte que nos encontramos es los datos que arrojaron el análisis en cuestión que a continuación veremos.

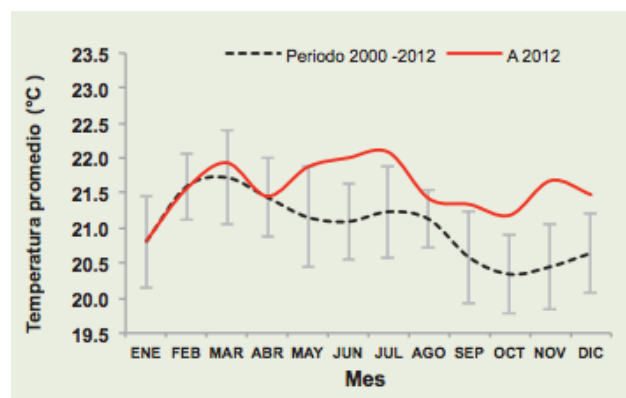


Figura 18: Promedios de temperaturas en la región de Coto Brus.

Fuente: Instituto del Café en Costa Rica

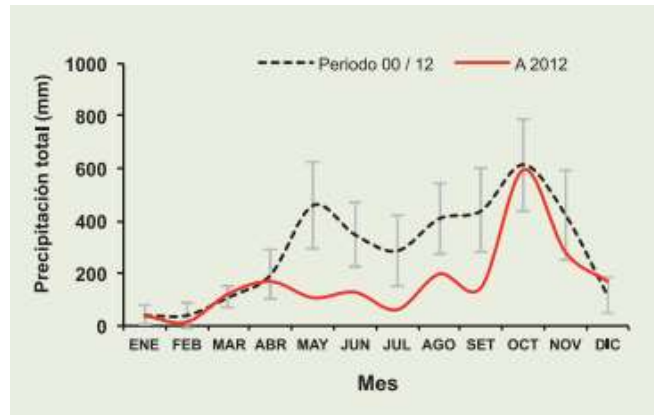


Figura 19: Promedios de precipitaciones en la región de Coto Brus.

Fuente: Instituto del Café en Costa Rica.

Para nuestro interés rescatamos temas puntuales de la investigación como lo son las técnicas de medición, la importancia del monitoreo y los prototipos desarrollados a la fecha.

#### **2.4.2) Proyecto del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuaria (INIFAP) sobre monitoreo del Clima.**

Según se describe en la publicación web sobre la investigación realizada de la recurrencia de eventos climáticos adversos que afectan las actividades primarias para la producción de alimentos en México, ha servido de gran apoyo para entender los procesos de monitoreo en línea y de consulta pública en la web.

Una de los aspectos que se detectaron con el proyecto desarrollado en México es la necesidad de la industria agropecuaria sobre la correcta vigilancia de las condiciones ambientales para proteger los cultivos con el propósito de

asegurar la calidad final del producto. Las variables por medir pueden variar dependiendo del objetivo que se quiera alcanzar pero en esta investigación se menciona lo siguiente:

- Las estaciones de la Red están provistas de sensores para el registro de la temperatura del aire a 2 metros sobre el suelo, precipitación pluvial, humedad relativa, humedad del follaje, punto de rocío, radiación solar, dirección y velocidad del viento.
- Los datos de la Red Nacional de Estaciones son enviados cada 15 minutos al Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Pabellón, Ags., México, en donde se procesa la información para su difusión en este Portal de Internet.

Lo anterior afirmación es similar a lo que se quiere desarrollar con la gran diferencia de que los objetivos que se quieren alcanzar en esta investigación abarcan otras variables climáticas y con un método de muestreo distinto en donde la propuesta se enfoca en tres principios: confiabilidad de la medición, modelado económico y portabilidad.

### **2.4.3) Investigación sobre las estaciones meteorológicas automáticas para el monitoreo del clima realizada por la Fundación PROINPA en La Paz, Bolivia.**

Técnicos de la Fundación PROINPA, participaron en la instalación y manejo de estaciones meteorológicas portátiles facilitado por la Empresa PROFEL SRL en Bolivia. El evento fue coordinado por el Área de Agrobiodiversidad de PROINPA y entrenaron técnicos de La Paz y Cochabamba, donde se encuentran instaladas algunas estaciones meteorológicas, con las cuales se vienen monitoreando los comportamientos del clima en diferentes zonas de Bolivia para fines investigativos.

En esta investigación se detalló sobre la instalación, mantenimiento básico, configuración y manejo de esas estaciones meteorológicas al mismo tiempo que se definieron las ventajas de tener conocimiento de las estaciones automatizadas de monitoreo además de los servicios predispuestos para la toma de decisiones en la agricultura y la ganadería a nivel nacional.

### **3. CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.**

### **3.1) TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1.1) Finalidad.**

La finalidad de este proyecto es aplicada al campo pues se trata de una investigación que se caracteriza por su interés en la utilización, aplicación y consecuencias prácticas de los conocimientos que se han adquirido en el tiempo; de hecho, la finalidad aplicada de un proyecto se basa en el conocimiento para posteriormente hacer, modificar, mantener, reformar o monitorear algún aspecto de la realidad circunstancial.

Como lo afirma Ander-Egg (1995), “no siempre en el estudio de un problema se pueden distinguir de manera clara y tajante las finalidades de la investigación. Frecuentemente la investigación científica tiene una y otra finalidad: la de acrecentar los conocimientos pero con propósitos prácticos, o sea, la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. Pero en nuestro caso la investigación se adapta al estudio de una naturaleza intrínseca en el ambiente, lo cual considera una investigación que se aplica al estudio de un determinado fenómeno.”

#### **3.1.2) Dimensión temporal.**

Según la dimensión temporal, el estudio es de carácter transversal debido a que la reseña de datos se da en un marco que analiza una evolución o un proceso a través del tiempo.

El diseño transversal es apropiado cuando la investigación se enfoca en analizar cuál es el nivel de una o diversas variables en un momento dado de la misma manera que para estudiar la relación entre un conjunto de variables en un punto del tiempo, las cuales pueden abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores.

No obstante, puede tener características de dimensión de tipo longitudinal ya que el interés del investigador se enfoca también en examinar que cambios suceden a través del tiempo en determinadas variables o en relaciones entre éstas, así como la recopilación de datos en periodos específicos para hacer deducciones o sacar conclusiones respecto a dicho cambio y sus consecuencias.

### **3.1.3) Marco.**

El marco de la investigación es descriptivo por el hecho de que el propósito es describir situaciones, eventos o fenómenos, es decir cómo es y cómo se manifiesta una determinada variable en un momento y espacio en particular. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes del objeto que es estudiado por lo que se mide y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes de dicho fenómeno. Desde el punto de vista científico, describir es medir cuestiones inherentes al objeto de estudio y que por supuesto interesan a los propósitos investigativos.

En esta exploración investigativa el marco parte de lo general a lo particular, por tanto se enfoca en lo micro debido al alcance que tiene relación al espacio-tiempo de una circunstancia natural y ambiental.

#### **3.1.4) Naturaleza.**

Éste estudio es de naturaleza cualitativa pues busca un conocimiento por medio de un modelo estructurado y sistemático de observación, descripción y análisis en un intento por ofrecer soluciones al problema planteado, dentro de un enfoque que va ligado a la interpretación subjetiva e inductiva.

Según las definiciones de las Normas APA (2014) se establece que: “el enfoque cualitativo se basa en el análisis no estadístico de datos para luego formular propuestas de interpretación, es un enfoque más subjetivo y amplio del estudio de problemáticas. Además, el análisis parte de los juicios, ideas y opiniones del investigador, aunque en este sentido es un enfoque menos riguroso no por eso deja de ser serio. Subjetivo no quiere decir que el investigador pueda afirmar lo que quiera sin fundamentos, la formulación del discurso debe partir de la lógica y la coherencia.

La investigación cualitativa tiende más hacia la expansión y la generalización del conocimiento y la recolección de los datos al ser documental es mucho más abierta, pues el investigador puede utilizar escritos, entrevistas, material gráfico o audiovisual, siempre que se establezca la pertinencia. Este

enfoque va de lo particular a lo general, porque a partir del análisis de una cantidad limitada de datos, el investigador puede proponer conceptos que abarcan una completa explicación o descripción de un fenómeno.

Por tanto, nuestro proyecto se alimenta de una investigación más dinámica en donde no hay un estándar para recopilación de datos ni para el respectivo análisis de ellos, solo se parte de la afirmación de la naturaleza intrínseca a un fenómeno poniéndola en marco dentro de un contexto teórico que sustenta la investigación en cuestión. Como nuestro diseño se basa en la compilación del estado real y actual de las condiciones climáticas de una determinada zona para la toma de decisiones, se formulan propuestas de interpretación de esos resultados.

### **3.1.5) Carácter.**

El proyecto es de carácter descriptivo porque la finalidad del investigador es describir una situación o un evento ligado a ciertas variables. Según Dankhe (1986) los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, eventos o fenómenos que sean sometidos a análisis, miden o evalúan diversos aspectos, componentes o dimensiones del fenómeno o evento que es objeto de análisis, sin olvidar lo más importante: *desde el punto de vista científico, describir es medir.*

### **3.2) METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.**

Con la propuesta se busca implementar una nueva forma de monitoreo de condiciones ambientales en Costa Rica en la que sea posible acceder de manera más sencilla por internet, al mismo tiempo que se grafican datos en tiempo real para poder tener una referencia gráfica más puntual de la conducta del clima, la propuesta significa hacer una nueva oferta en el mercado para quienes estén interesados en maximizar sus procesos productivos haciendo uso de tecnologías de fácil acceso y de bajo costo.

Una vez que se reten todas las funcionalidades de la estación se pretende oficializar un modelo para poder lanzarlo al mercado y proponerlo como una opción que pueda ser adquirida a un costo muy bajo en comparación con otras tecnologías existentes y que viene a ofrecer una solución sobre la consulta del estado del tiempo con el fin de poder maximizar los procesos productivos del café.

### **3.3) METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

Como se menciona en la sección 2.2 del trabajo, el proyecto como tal está diseñado para ser implementado en fases constructivas con el fin de llevar un orden lógico que facilite el mayor aprovechamiento del recurso y del tiempo para poder alcanzar los objetivos trazados desde los inicios del mismo. La precisión, la profundidad así como también el éxito de los resultados de la investigación, dependen de la elección adecuada del diseño. La metodología que se aplicará es descriptiva y experimental debido a que se orienta hacia los cambios y desarrollos de un proceso determinado.

Durante la implementación de la propuesta para la solución al problema planteado se analizará cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes, detallando el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos o variables.

#### **3.3.1) Implicaciones metodológicas.**

Al ser una investigación descriptiva será necesario hacer mediciones y evaluaciones con la mayor precisión posible lo que implica que el investigador debe ser capaz de definir qué se debe medir y cuáles deben ser los métodos más adecuados para lograr la mayor calidad en dicha medición; esto supone un conocimiento amplio en la materia de estudio por parte del investigador para poder

dar una respuesta o hipótesis que ayuden a dar con solución al problema esbozado; para esto, se deberá recurrir a expertos en el campo agrícola para poder implementar funciones de carácter electrónico a la plataforma.

Los estudios descriptivos pueden asignar predicciones aunque sean un tanto rudimentarias ya que al estudiar una determinada variable de comportamiento del objeto de estudio implícitamente puede predecirse qué sucederá con el fenómeno.

### **3.3.2) Mecanismo empresariales.**

El planteamiento de nuestra propuesta será desarrollado en un empresa PYMES por su número de trabajadores, volumen de ventas, sus niveles de producción, sus activos y pasivos (que representan su capital) de baja cuantía, ésta es de carácter familiar y se dedica a diversas actividades comerciales, desean incursionar como caficultores en una zona de poco desarrollo industrial, comercial y donde la agricultura es básicamente una actividad de subsistencia para muchas de las familias de la zona. Por tanto, no hay mecanismos establecidos de propuestas de mejora en procesos o implementación de iniciativas, por lo que el impacto del proyecto viene a sustentar una nueva plataforma de gestión en la calidad y diseño de procesos productivos del café en Costa Rica.

### **3.3.3) Normas de Regulación.**

La investigación que se desarrolla no obedece a alguna regulación nacional o internacional debido al enfoque que tiene, es decir, nuestro estudio al relacionarse con el monitoreo de condiciones ambientales para el análisis de factibilidad de inversión actúa como una herramienta para toma de decisiones por parte de los dueños de la empresa. Nuestra plataforma es solo una herramienta informativa y lo que se decida no compete a nuestros objetivos.

### **3.3.4) Prototipo.**

Una de las particularidades de nuestro trabajo es que será una plataforma de tipo electrónico la cual se desarrolla como un modelo prototipo, es decir, puede ser modificado a nivel funcional y de diseño y no es un aparato electrónico oficial debido a los objetivos de la investigación, a la estación se le realizarán diferentes pruebas para retar su funcionalidad. En la actualidad existen diversos métodos, plataformas y dispositivos de monitoreo de variables ambientales, pero suelen ser de alto costo, y monitorean solo una cantidad limitada de número de variables atmosféricas, la mayoría no son automatizadas y abarcan el estudio de unas pocas variables ambientales. La propuesta se enfoca en un mayor número de variables y enfatiza en el costo final para que sea un instrumento accesible. Dependiendo de la precisión en su funcionamiento se podrá implementar más adelante nuevas funciones a la plataforma con el fin de poder comercialarlo en un futuro.

### **3.3.5) Roles y responsabilidades de los involucrados.**

#### *Desarrollador:*

- Velar por el cumplimiento de los objetivos planteados.
- Diseñar el prototipo e implementarlo.
- Ejecutar todas pruebas técnicas y funcionales necesarias.
- Dar asistencia en la instalación de la estación.

#### *Dueños del Negocio:*

- Revisar y analizar los datos obtenidos.
- Examinar los comportamientos del clima durante las pruebas.
- Tomar las decisiones financieras de inversión.
- Facilitar acceso a terrenos o sitios para la instalación de la plataforma.

### **3.3.6) Etapas de implementación.**

Como sucede en la mayoría de proyectos se debe planificar adecuadamente, sin una correcta planificación las organizaciones marcharían a la deriva, simplemente sería un caos, por éste motivo hay que considerar una serie de factores vinculados a éste proceso, cómo disipar el mayor número de incertidumbres con respecto al proyecto o determinar con bastante aproximación las necesidades de recursos y los fondos que se requirieren.

Ciertamente todo es planificable, pero también hay cambios imprevistos, un entorno difícil de prever con certeza, por dicha razón existen técnicas ya consolidadas que ayudan a abordar las incertidumbres, como el análisis de riesgos o el planteamiento de diversos escenarios. Las fases de nuestro proyecto se proyectaron estratégicamente para ir cumpliendo con los objetivos dentro de un tiempo proyectado y las mencionamos a continuación:

- a) Identificación del problema: En esta etapa se da la detección de necesidades y pronóstico de inconvenientes por resolver.
- b) Formulación y evaluación: Etapa en la cual se formularán y seleccionarán opciones para poder resolver el problema que se planteó en la etapa anterior, se determinará de igual manera cuales recursos se utilizarán.
- c) Análisis del proyecto (Ingeniería): Donde se espera contar con los elementos de diseño, construcción y especificaciones necesarias que se utilizarán en el proyecto.
- d) Desarrollo del proyecto: Etapa en la que se hacen todas las implementaciones a nivel de Software y Hardware necesarias para construir la herramienta propuesta.
- e) Fase de decisiones: Donde se determinan los riesgos existentes para la inversión de compra según los datos capturados y almacenados en un servidor.

## **4. CAPITULO IV: DIAGNOSTICO.**

#### **4.1) DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA SITUACIÓN.**

El desarrollo y la ejecución del proyecto surge de la necesidad manifestada por parte de la empresa familiar E.R. Servicios de Heredia tal y como se explicó en el primer capítulo y cuyo propósito es invertir en la compra de terrenos para siembra de café, pero para ello es necesario el uso de una herramienta basada en software y hardware que sustente con datos fidedignos, veraces y fehacientes, acerca de las condiciones reales del clima de la zona con el fin de verificar si el estado del tiempo en el lugar favorece la siembra del fruto, con el objetivo de poder realizar un estudio que ampare una toma de decisiones para la inversión.

Esta herramienta que se menciona tiene que reunir ciertas condiciones y requerimientos definidos por los mismos empresarios y que deben estar en capacidad de ser consultada en plataformas tecnológicas de fácil acceso como lo es el internet que se ha convertido en la más popular y de mayor uso en la historia la humanidad por varias razones; dentro de las que podemos mencionar: la sencillez de la comunicación, la búsqueda de información de fácil acceso, la interfaz de interacción con el usuario y por las actualizaciones que ofrecen los protocolos del internet en tiempo real.

En la actualidad, los grupos de inversionistas antes de proceder con cualquier transacción hacen uso de herramientas de análisis como software, hardware, equipos y sistemas que ayuden a dicha toma de decisiones, estas herramientas tecnológicas sustentan el estudio con datos y referencias; en este caso, una herramienta que utilice el internet como medio de consulta, hace de la plataforma de monitoreo un excelente método de consulta.

## 4.2) INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO.

Para tener un efectivo diagnóstico de la situación actual será necesario recurrir a personas expertas en el área de la Ingeniería Electrónica y de otros campos y ciencias que estén relacionadas con el objeto de nuestro estudio y que darán un apoyo con mayor fundamento a la investigación, como por ejemplo Ingenieros en Agronomía. Es por eso que se ha seleccionado utilizar la entrevista como herramienta de recolección de información.

Como lo afirmó Manuel Galán Amador en su blog Metodología de la Investigación (2009): “La entrevista, es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteados sobre el problema propuesto. Se considera que éste método es más eficaz que el cuestionario, ya que permite obtener una información más completa. A través de ella el investigador puede explicar el propósito del estudio y especificar claramente la información que necesite; si hay interpretación errónea de las preguntas permite aclararla, asegurando una mejor respuesta.”

Por los fundamentos que manifiesta Galán (2009) en su artículo, la entrevista llega a convertirse en el instrumento que se necesita para evaluar todas las aristas del problema que se quiere atacar. Con la propuesta, se entenderá el panorama desde una perspectiva fuera del campo de acción (que es la ingeniería electrónica) con datos que no se manejan a profundidad debido a que no es el

campo de estudio; en esta ocasión se evaluarán las opiniones de expertos en el campo de la Ingeniería Agrónoma y la Meteorología quienes nos pueden aportar más elementos de soporte a nuestra investigación.

#### **4.2.1) Entrevista.**

Fundamentándose en los objetivos generales y específicos de la investigación se procederá con la elaboración de una entrevista puntual la cual busca reunir información y datos que nos ayuden con el enfoque de nuestro proyecto y que a la vez sirva como herramienta de soporte en aspectos exploratorios acerca del problema real que se quiere tratar.

Dicha entrevista consta de una serie de preguntas estructuradas y de libre respuesta al entrevistado y que su vez buscan obtener un enfoque cualitativo de información que nos ayudará a evidenciar el problema que se tratará y que dará cimientos para poder resolverlo por medio de recomendaciones y sugerencias de expertos en otras áreas de la ciencia.

Es importante resaltar que para los efectos prácticos de la investigación se necesita del criterio y de la experiencia de Ingenieros Agrónomos debido a que es la rama de la ingeniería sobre la que ocupamos apoyarnos para dictaminar el problema a tratar y poder ofrecer una propuesta para la resolución del mismo. Es así como primeramente se entrevistó al Lic. Carlos Fonseca, el cual ocupa el

cargo de Gerente Técnico en ICAFE y quien es Ingeniero Agrónomo, la entrevista puede ser consultada en el Anexo #1 (Entrevista\_Proyecto\_1.pdf), la segunda entrevista se le realizó al Ing. Marco Vinicio Porras, quién es Ingeniero Agrónomo del INDER (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica) y cuya entrevista puede ser revisada en el Anexo #2 (Entrevista\_Proyecto\_2.pdf) y por último se entrevistó al Licenciado en Ingeniería Agrónoma del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Fernando Avendaño en donde se puede revisar la entrevista que se le realizó en el Anexo #3 (Entrevista\_Proyecto\_3.pdf).

A continuación realizaremos una síntesis de la información más relevante de las entrevistas aplicadas a los 3 Ingenieros entrevistados.

1. Es de gran importancia para los productores de café en Costa Rica tener conocimiento de las variables climáticas que están presentes en el entorno físico de los cultivos, más aún si se trata de cultivos con un alto estándar de calidad, ya que muchas de los factores externos presentes en el ambiente influyen positiva o negativamente a los cultivos.
2. Las principales patologías de las plantas del café son la roya, el ojo de gallo, la antracnosis, el mal de Koleroga, el mal rosado y otras patologías fungosas que ocasionan manchas en las hojas y frutos y todas ellas están ligadas directamente al estado del tiempo y sus variaciones climáticas.

3. La mayoría de variables climáticas importan a la hora de hablar de cultivos de café, sin embargo se pueden mencionar principalmente la temperatura, la humedad relativa, la presión barométrica, cantidad luminosa, radiación ultravioleta, y contaminación ligada al cantidad de polvo en el ambiente y concentración de monóxido de carbono en el ambiente como las variables ambientales que mas podrían interesar a los productores agrícolas en general y a los productores sector cafetalero, que es nuestra área de enfoque.
4. Prácticamente todas las patologías fungosas de las plantas de café están influenciadas por las condiciones ambientales.
5. Existen otras variables presentes en el ambiente que son más complejas de monitorear como por ejemplo la Mojadura Foliar, pero que ya se han desarrollado sistemas a base de sensores para su monitoreo, sin embargo, no es una variable que los productores de café en Costa Rica suelen analizar debido a su elevado costo.
6. Los productores del café normalmente no suelen tener monitoreadas las condiciones climáticas porque en Costa Rica el uso de tecnologías modernas depende de la capacidad adquisitiva y de la calidad del grano que se busca conseguir, estas plataformas se utilizan más como modelos predictivos a futuro y en áreas de investigación y desarrollo.

7. Se destaca la importancia de usar el internet como medio de consulta para monitorear las distintas variables climáticas, un sistema que alimente con datos en tiempo real el estado del tiempo y que a la vez pueda ser consultada desde cualquier parte del mundo con solo tener acceso desde un dispositivo terminal como una computadora, Tablet o teléfono inteligente hace que sea una plataforma de gran utilidad y conveniencia en tiempos donde el internet es una herramienta a la cual prácticamente todos tienen acceso.
8. De las principales razones por la que un inversionista o un productor con sus debidos conocimientos técnicos que involucra, los principales aspectos que se tomarían en cuenta a la hora de elegir una plataforma de monitoreo serían la confiabilidad, eficiencia y trazabilidad de la lectura de datos, así como el valor económico, la portabilidad, el diseño y el consumo energético.
9. El tema de la utilización de energías limpias para la alimentación energética del sistema siempre es un aspecto por considerar tomando en cuenta que en el país se busca la meta de carbono neutralidad para el 2021.

#### **4.2.2) Propuesta a partir del diagnóstico.**

Según la retroalimentación que nos brindan los expertos en la materia, podemos deducir que las principales variables que conviene estudiar en nuestra investigación son: temperatura, humedad relativa, presión barométrica, índice luminoso, radiación ultravioleta, concentración de partículas de polvo en el ambiente y cantidad de monóxido de carbono. Cada una de ellas tiene influencia directa en los cultivos de café, de la misma manera que cada una de esas variables son un factor que estimula ciertas patologías y dañan el grano de una u otra manera.

Para tener una visión más clara acerca del funcionamiento de la plataforma se procede a explicar el por qué se decide hacer el estudio del comportamiento de las variables que se van a monitorear.

#### **4.2.3) Variables objeto de estudio.**

##### **4.2.3.1) Cantidad de luz en el ambiente.**

Como lo revela el estudio publicado por la revista PROMIX (2014), José Chen López asegura: “Las plantas necesitan luz para su crecimiento y desarrollo óptimos. Hay tres aspectos importantes a considerar cuando se habla de la luz: cantidad, calidad y duración. Éstas, también tienen una importante influencia en el crecimiento. Una planta bajo condiciones naturales recibe la luz del sol; la

cantidad, la calidad y la duración dependen en gran medida de la estación del año, la hora del día, la ubicación geográfica y el clima.”

Al igual que todas las plantas, el balance en la cantidad de luz que reciben así como el tiempo al que se exponen éstas es de suma importancia para los procesos de desarrollo y crecimiento de la planta como tal. La luz es fuente elemental de energía para los procesos de fotosíntesis que es la reacción entre el dióxido de carbono y el agua en presencia de luz para producir carbohidratos y oxígeno. La velocidad de este proceso depende en gran medida a la cantidad de luz la cual es atrapada por la clorofila (pigmento verde de las células vegetales) y por medio de un proceso químico en el que participan el agua y el dióxido de carbono como materias primas y en donde se da como producto final la glucosa y el ATP (trifosfato de adenosina) y el oxígeno es el desecho liberado en un ciclo natural que detallamos en la siguiente figura.

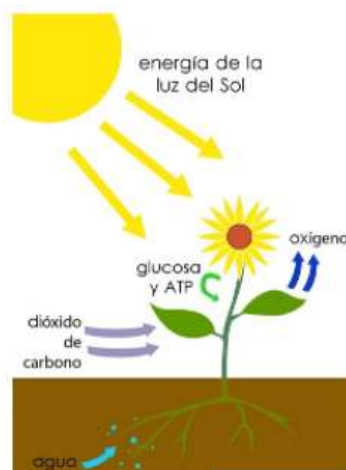


Figura 20: Proceso de fotosíntesis gracias a la captura de energía lumínica.

Fuente: Bases curriculares. Ministerio de Educación de Chile.

La intensidad luminosa es básicamente el flujo luminoso que emite una fuente luz sea ésta natural o artificial por unidad de ángulo sólido, y cuya unidad en el sistema Internacional (SI) es la candela (cd), sin embargo también se usan otras unidades aceptadas por el Sistema Internacional de Medidas como el lumen (lm) y cuya fórmula es expresa como una candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), o el equivalente de un lux por metro cuadrado:

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \times \text{sr} = 1 \text{ lx} \times \text{m}^2$$

En este caso la medición se hará en lux, unidad aceptada igualmente por el SI y es expresado por un lumen por metro cuadrado:  $\text{lx} = \text{lm} / \text{m}^2$ , esto debido a que el sensor que se irá a utilizar emplea un algoritmo matemático para realizar este tipo lectura.

LUMINOSIDAD	ABR.	APLICACIÓN
0,00005 lux	50 $\mu$ lx	Luz de una estrella (vista desde la tierra)
0,0001 lux	100 $\mu$ lx	Cielo nocturno nublado, luna nueva
0,001 lux	1 mlx	Cielo nocturno despejado, luna nueva
0,01 lux	10 mlx	Cielo nocturno despejado, cuarto creciente
0,25 lux	250 mlx	Luna llena en noche despejada
1 lux	1 lx	Luna llena a gran altitud en latitudes tropicales
3 lux	3 lx	Límite oscuro del crepúsculo bajo cielo despejado
50 lux	50 lx	Sala de estar en una vivienda familiar
80 lux	80 lx	Pasillo o cuarto de baño
400 lux	4 hlx	Oficina bien iluminada
1.000 lux	1 klx	Iluminación habitual en un estudio de TV
32.000 lux	32 klx	Luz solar en un día medio (mín.)
100.000 lux	100 klx	Luz solar en un día medio (máx.)

Figura 21: Cuadro comparativo del flujo luminoso en lux.

Fuente: LED & SPA, S.L.

#### 4.2.3.2) Radiación de rayos ultravioleta (UV).

En primera instancia, al escuchar hablar de la intensidad de rayos ultravioleta se tiende a asociarla con la anterior variable que se estudió; sin embargo, difiere en muchos aspectos los rayos ultravioleta se presentan en forma de radiación electromagnética cuya longitud de onda es menor que cualesquiera de las del espectro visible; es decir, se presenta en el espectro anterior al violeta, el cual puede llegar a ser perjudicial para los seres vivos.

La longitud de onda de la luz ultravioleta tiene aproximadamente 400 nanómetros. La radiación ultravioleta oscila entre valores de 800 Terahertz (THz o  $10^{12}$  Hertz) y 30 000 THz. Algunas veces, el espectro ultravioleta se subdivide en los rayos UV cercanos (longitudes de onda de 380 a 200 nanómetros) y un rayo UV extremo (longitudes de onda de 200 a 10 nm). El aire normal es generalmente opaco para los rayos UV menores a 200 nm (el extremo del rayo de los rayos UV); el oxígeno absorbe la "luz" en esa parte del espectro de rayos UV.

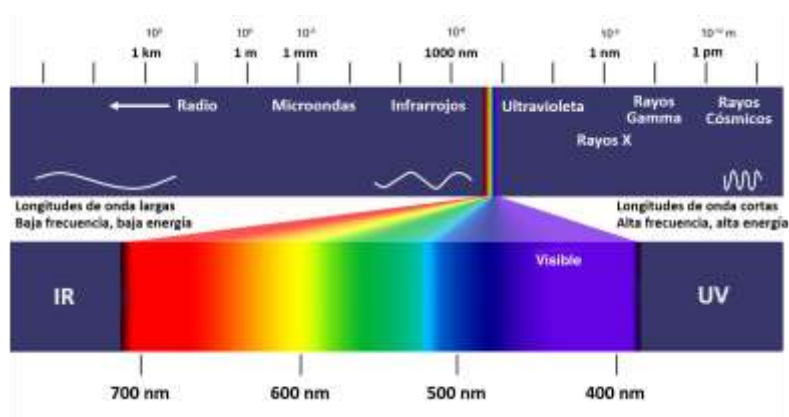


Figura 22: Espectro de la Radiación Ultravioleta.

Fuente: Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH).

Como asegura Libertad Carrasco-Ríos (2009): “La luz es uno de los factores más importantes que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, el aumento de la radiación ultravioleta debido a la acción antropogénica puede tener un impacto negativo en éstas, provocando una disminución de la fotosíntesis y de la producción de biomasa. Esta radiación puede además causar daño en distintas biomoléculas, entre las cuales la más importante es el DNA.”

EFECTOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA	IMPORTANCIA PARA LOS CULTIVOS
DAÑOS A LAS ENZIMAS FOTOSINTÉTICAS Y AL FOTOSISTEMA	DISMINUCIÓN DE LA FOTONSÍNTESIS
MENOR CONCENTRACIÓN DE LA CLOROFILA Y CAROTENOIDES	DISMINUCIÓN DE LA FOTONSÍNTESIS
EFECTOS SOBRE EL METABOLISMO DEL NITRÓGENO, DISMINUCIÓN DEL APORTE DE CARBONO O EFECTOS DIRECTOS SOBRE ENZIMAS IMPORTANTES COMO LA RUBISCO Y EL NITRATO REDUCTASA	MENOR CONCENTRACIÓN DE AMINOÁCIDOS
FOTO OXIDACIÓN DEL ÁCIDO INDOLACÉTICO	MENORES NIVELES DE AUXINAS ENDÓGENAS

Figura 23: Efectos de la radiación ultravioleta en los cultivos.

Fuente: Biotech Global.

En este caso la medición se efectuará en mili-Watts por metro cuadrado:  $mW/m^2$ , la cual es una medida aceptada por el SI y que a su vez es la medición del sensor que se irá a utilizar.

#### 4.2.3.3) Concentración de partículas de polvo en el ambiente.

La acumulación de suciedad y polvo en el follaje del vegetal compromete el crecimiento y las funciones vitales de la planta; cuando los cultivos sufren de los efectos de la cobertura de polvo se da el efecto de la falta de incidencia de los

rayos del sol por lo tanto no se dan las condiciones necesarias para que las plantas y los cultivos en general crezcan con normalidad y tengan procesos naturales de respiración. Es de suma importancia hacer énfasis en que la incidencia de polvo del ambiente varía según la ubicación geográfica y la época del año.

Para las mediciones se utilizará el índice ppm (partículas por millón) y esta medición la realizaremos para tener conocimiento del comportamiento del mismo a lo largo del día y de la noche; de manera que podemos tener información clave sobre las horas en las que existe mas incidencia de partículas de polvo sobre los cultivos, entendiendo de antemano que esta variable depende de muchos factores externos como la cantidad de vientos, la influencia humana por situaciones como construcciones y vehículos en movimiento, así como por la época del año la cual varía según sea seca o lluviosa.

#### **4.2.3.4) Temperatura.**

Una de las variables más críticas que interesa estudiar a pesar de que todas se relacionan entre sí, según lo afirma La Organización para la Alimentación y la Agricultura, FAO por sus siglas en inglés (Food and Agriculture Organization) en sus depósitos de documentos, la temperatura afecta la tasa de desarrollo de la planta a través de sus distintas fases y la producción de hojas, tallos y otros componentes.

Todos los procesos fisiológicos de la planta ocurren más rápidamente a medida que la temperatura aumenta, un buen manejo del cultivo puede contrarrestar más fácilmente los efectos negativos de las altas temperaturas así mismo que de las bajas temperaturas, aunque en condiciones extremas especialmente de las heladas, es prácticamente imposible.

Las temperaturas son críticas para el desarrollo de las plantas en general; altas temperaturas causan una mayor absorción de agua y de nutrientes, que si no están presentes pueden ocasionar la muerte temprana de las mismas, por otro lado las bajas temperaturas producen un desarrollo más lento ya que motivan daños en los tejidos; estos daños pueden ser irreversibles si las plantas están expuestas por largos periodos. Para efectos prácticos se utilizarán las unidades de medición del SI, los grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

#### **4.2.3.5) Humedad Relativa.**

Es una variable difícil de controlar por el hecho de que es dependiente de otras condiciones ambientales como la temperatura y la transpiración de las plantas que también agregan humedad relativa al medio; un bajo índice de humedad relativa puede impactar en el crecimiento de la misma además de la pérdida de hojas y por ende, una mala calidad en los frutos.

A continuación se muestra un cuadro con los impactos de las condiciones adversas del índice de Humedad Relativa en el ambiente:

Humedad demasiado baja	Humedad demasiado alta
Marchitamiento	Crecimiento débil
Plantas atrofiadas	Aumento de enfermedades de las hojas
Tamaño más pequeño de las hojas	Deficiencias de nutrientes
Puntas secas y quemadas	Aumento de enfermedades de las raíces
Hojas rizadas	Edemas
Aumento de la infestación de araña roja	Bordes quemados (gutación)

Figura 24: Respuesta de la planta ante la Humedad Relativa presente en el ambiente.

Fuente: Revista PROMIX (Actualización 2016).

La humedad relativa es medida en porcentaje (%), y expresa la cantidad de agua en el aire en forma de vapor.

#### 4.2.3.6) Presión Barométrica.

Según la revista APCD (2017) la presión barométrica se define como el peso del aire que forma nuestra atmósfera la cual ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona, más alta es la presión atmosférica, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña.

A pesar de que las plantas están en la capacidad de adaptarse al entorno siempre y cuando éstas no sean condiciones extremas, la presión barométrica juega un papel significativo en los cultivos. En los últimos años se han hecho estudios donde se relaciona la influencia de la presión atmosférica con el crecimiento de la plantas; idealmente a 101 kPa éstas crecen con normalidad si no existen condiciones de riesgo o enfermedades. Así, cuando la presión es muy baja

se da la carencia de intercambio de gases necesario para las funciones vitales de toda planta por lo que queda en evidencia que la alimentación que se da en los cultivos está influenciadas de manera directa por la presión atmosférica.

Con respecto a las unidades de medida de ésta variable en el Sistema Internacional se adopta el Pascal (Pa) como la unidad oficial; sin embargo, para efectos prácticos es una unidad muy pequeña por lo que se utilizan los múltiplos para tomar mediciones de la presión atmosférica del ambiente. En dicho caso y debido al algoritmo que emplea el sensor BMP180 y BMP085 que es el utilizado en la plataforma se utilizarán los hectoPascales (hPa).

#### **4.2.3.7) Concentración de Monóxido de carbono en el ambiente.**

Según detalla la revista de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Agricultura y Pesca de España (2013) "...En general, cualquier combustible que contenga carbono (gas, petróleo, carbón, madera...) y que sea quemado sin suficiente oxígeno como para formar CO<sub>2</sub> es una fuente potencial de CO. Las principales fuentes de emisión de CO son los procesos de combustión en sectores no industriales, seguidos por las actividades del sector agropecuario y por los procesos industriales sin combustión..."

Las concentraciones de Monóxido de Carbono son perjudiciales para todos los seres vivos, los ecosistemas y cultivos no son la excepción, ya que afectan la capacidad de transporte de oxígeno hacia órganos y tejidos; también contribuye a la formación de gases de efecto invernadero ya que su vida útil es de

aproximadamente 3 meses lo que permite una lenta oxidación para formar CO<sub>2</sub>. En nuestro caso vamos a utilizar la concentración de partículas de CO por millón como una medida que acepta el SI ya que lo que se quiere estudiar es la concentración de partículas, aunque también es utilizada la medida miligramos por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>); sin embargo, el sensor que se usará mide la concentración ppm.

### 4.3) CONDICIONES CLIMÁTICAS IDEALES PARA LOS CULTIVOS.

Según la consulta que se hizo en la Guía Técnica para el Cultivo del Café del Instituto del café de Costa Rica ICAFE (2011), algunas de las variables climáticas (las más importantes como la temperatura, la humedad relativa y la presión barométrica) deben estar al margen de un rango para que los cultivos se desarrollen de la mejor manera, las otras variables interesan para análisis investigativos y a pesar de que no hay rangos oficialmente definidos son de suma importancia para estudios de desarrollo. A continuación detallamos los márgenes y rangos aceptados como parte del control de calidad.

- *Temperatura:* Es una de las variables más críticas en el proceso productivo del café, deben comprenderse en un promedio entre 17 °C y 25 °C en promedio, cuando las temperaturas sobrepasan esos límites por periodos prolongados se produce la clorosis (pérdida de color verde en las plantas) y una paralización del crecimiento de las hojas jóvenes.
- *Humedad Relativa:* Idealmente se considera que para propiciar el sano crecimiento del café el rango óptimo de humedad relativa en el ambiente se comprende entre 55 % y 85%, fuera de ese rango por periodos prolongados de tiempo las enfermedades fungosas se desarrollan con mayor facilidad. Evidentemente, en época lluviosa hay mayor índice de humedad relativa

por lo que se debe vigilar para tomar las precauciones necesarias en caso de que los periodos de humedad relativa muy alta sean muy extensos.

- *Índice luminoso:* Como es conocido por todos, la principal fuente de energía en las plantas es la radiación solar que se emite en mayor o menor cantidad dependiendo de la hora del día y de la cantidad de nubes presentes.

El brillo solar se expresa como el número de horas en las cuales el sol brilla en un período dado. Éste debe estar comprendido entre 3100 y 3500 horas de sol al año, es decir en promedio 9.5 a 10 horas de sol al día). En la propuesta del diseño de la plataforma se plantea medir la cantidad de luz en la unidad de medida lux, que se da durante un día en una región determinada, así como su intensidad en el transcurso del día. De la misma manera el objetivo es poder visualizar cuántas horas luz recibe la planta y en cuánta intensidad se da el fenómeno.

- *Radiación Ultravioleta:* Ésta radiación es la energía electromagnética emitida a longitudes de onda menores que no pueden ser capturadas o tangibles para el ojo humano y cuya unidad de medida es la longitud de onda.

A ciencia cierta no existe un parámetro definido en libros o estudios sobre cultivos de café; sin embargo, es una medición que interesa para estudios predictivos ya que esta variable depende de la latitud debido a que

la incidencia del sol es diferente según la posición en la tierra; en los trópicos se da la mayor verticalidad de incidencia y por ende la radiación es menor, caso contrario en los polos; también depende de la altitud que aumenta en un 10% por cada 1000 m ascendidos y de la nubosidad presente.

Este tipo de radiación se medirá en  $\text{mW/m}^2$ , es decir, la potencia de la radiación por unidad de área, con esto se quiere analizar el periodo de exposición al que esté expuesto la planta para determinar el impacto de esta variable sobre los cultivos.

- *Presión Barométrica:* Ésta variable es la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre y que es fundamental en los cultivos de café debido a que es una condición que tiene relación directa con la altura, se asegura en estudios realizados por el Instituto del café en Costa Rica ICAFE que la altura óptima para los cultivos del grano se comprenden entre 500 y 1750 msnm, fuera de éstos rangos de altitud el café presenta problemas de desarrollo o propician muertes prematuras del cafeto.

La unidad de medida de ésta variable son las atmósferas (atm), 1 atm es aproximadamente 101 kPa (Kilo Pascales); sin embargo, a partir de 1982, la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada recomendó que, si se trata de especificar las propiedades físicas de las

sustancias, la presión normalizada debería definirse como exactamente 100 kPa o ( $\approx 750,062$  Torr). Por lo que retomando el tema de los rangos aceptables para la siembra de café van desde los 0.809 atm a 0.942 atm (817 a 951 hPa). A continuación se analizará la relación existente entre la altura y la presión barométrica por medio un gráfico.



Figura 25: Relación entre la altitud y la presión barométrica.

Fuente: GeoGebra (2017). Recuperado de <https://www.geogebra.org/m/JXZ8T7Bf>

- **Polución en el ambiente:** Con respecto a ésta variable climática debemos mencionar que no hay estudios que determinen un rango de aceptación o un rango que deba cumplirse para que los cultivos de café puedan desarrollarse de manera sana. Sin embargo, podemos mencionar que en esta propuesta se realizará el monitoreo de la contaminación en dos secciones que son la concentración de polvo y la concentración de monóxido de carbono presentes en el ambiente y que interesa analizar por el hecho de que la contaminación es enemiga de cualquier cultivo debido a favorecen enfermedades y padecimientos en las plantas.

El exceso de polvo en las hojas no permite una adecuada incidencia de luz en ellas y sucede lo que ya analizamos con respecto a la incidencia de la luz en las plantas, y por otro lado la concentración de monóxido de carbono (CO) el cual es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico. Se produce naturalmente por una serie de procesos, sobre todo por la oxidación parcial del metano (CH<sub>4</sub>) que se forma en la descomposición de la materia orgánica por fermentación.

En una atmósfera no contaminada la concentración de monóxido de carbono es muy baja y estable (0,1 ppm = partes por millón). El CO afecta la salud de las plantas debido a que interfiere el transporte de oxígeno perjudicando directamente el metabolismo celular y por ende la intoxicación que propicia una muerte temprana del fruto y de la planta en general.

Los estudios dicen que concentraciones de polvo mayores a 500 ppm por pie cuadrado en periodos de tiempo muy prolongado podrían impedir la correcta absorción de luz e impedir la respiración natural de planta. De la misma manera que si en el ambiente se presentan concentraciones mayores a 300 ppm de CO por largos periodo de tiempo, esto genera un impacto negativo sobre los cultivos.

A continuación se reseña una tabla resumen de la parametrización de los rangos de aceptación para la producción cafetalera.

Variable	Unidad de Medida	Límite Superior	Límite Inferior	Valor Ideal Promedio
<b>Temperatura</b>	°C	17	25	21
<b>Humedad Relativa</b>	% RH	55	85	75
<b>Presión Barométrica</b>	hPa	817	951	900
<b>Índice Luminoso</b>	Lux	9.5 Horas Luz (diarias) a mas de 900 Lux	10 Horas Luz (diarias) a mas de 900 Lux	N/A
<b>Radiación Ultravioleta</b>	mW/m <sup>2</sup>	0	7	5
<b>Concentración de Polvo</b>	ppc / cf	0	500	N/A
<b>Concentración de CO</b>	ppm	0	200	N/A

Tabla 1: Parámetros de aceptación para la producción cafetalera.

Fuente: Construcción propia.

## **5. CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.**

## 5.1) PROPUESTA DEL PROTOTIPO.

La propuesta al problema planteado en el Capítulo I se trata de una plataforma de monitoreo automática, capaz de verificar de modo continuo en el tiempo el estado de las condiciones climáticas de un lugar determinado. Para ello se hará uso de una configuración de hardware y software que ha sido diseñada para tales propósitos. A continuación se analizarán y se puntualizarán todos los detalles que existen con respecto al diseño e implementación de dicha plataforma.

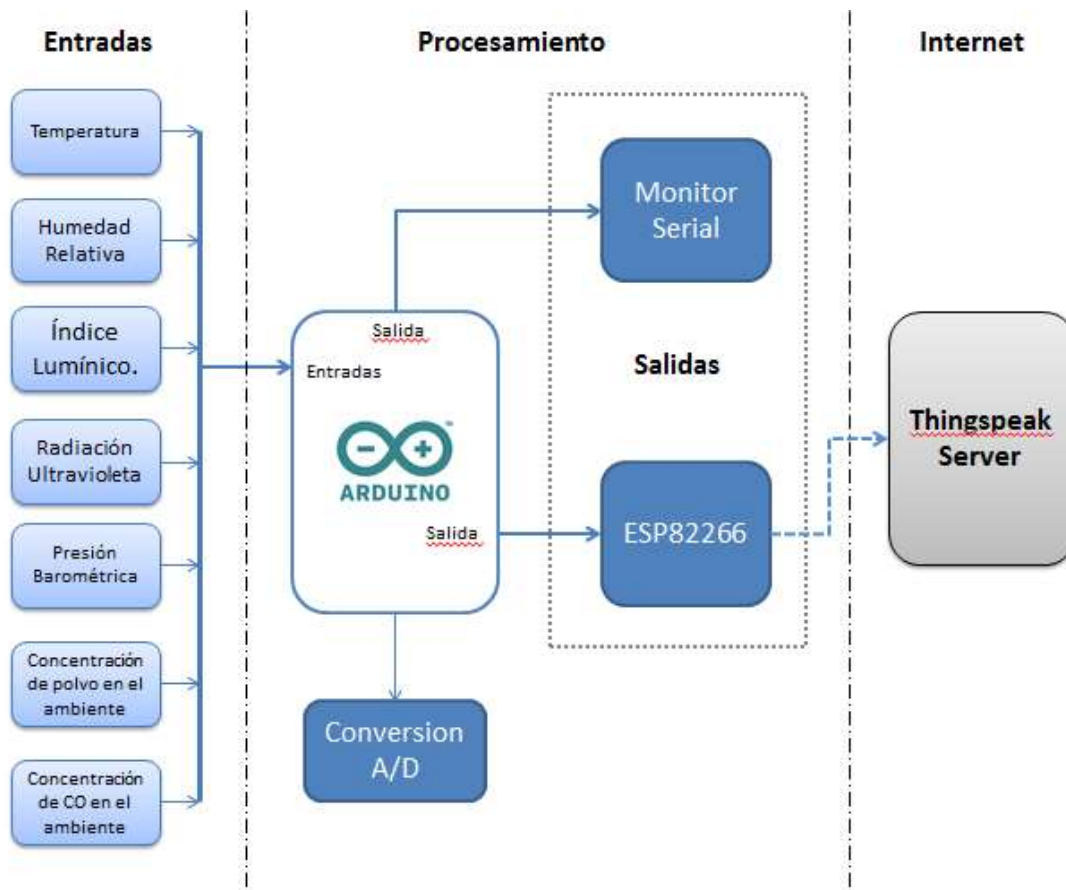


Figura 26: Diagrama de bloques de la plataforma.

Fuente: Construcción propia.

En la figura 26 se detalla el diagrama de bloques de la plataforma de monitoreo. Por un lado se logra apreciar que el sistema es de lazo abierto pues no existe retroalimentación de señales, simplemente encripta, tabula y sube datos hacia un servidor de libre acceso a través de la web; en el bloque de entradas se tiene todas las variables climáticas que son objeto de estudio; en la etapa de procesamiento se evidencian las salidas del sistema y la etapa de conversión analógica-digital, y por último, se detalla la exportación de datos hacia el servidor de Thingspeak por medio del módulo Wi Fi ESP8266.

#### **5.1.1) Funcionamiento lógico del dispositivo.**

Para entender ésta fase primeramente hay que aclarar que se usó como elemento de integración para la automatización del proceso el microcontrolador Arduino UNO por las siguientes razones:

- Por ser multiplataforma, es decir que puede operar en los sistemas operativos Windows, Macintosh iOX y Linux.
- Bajo costo.
- Entorno de programación libre (Open Source).
- Por tener funciones de conversión analógica – digital, necesarias para los intereses del proyecto.
- Por la facilidad de uso de librerías para habilitar funciones necesarias para el programa que se diseñó.

Éste será el corazón del hardware ya que por medio de un programa que explicaremos adelante se integran las funciones de los sensores y de un elemento que funcionan con el protocolo inalámbrico Wi-Fi para la subida de datos a un servidor libre de internet.

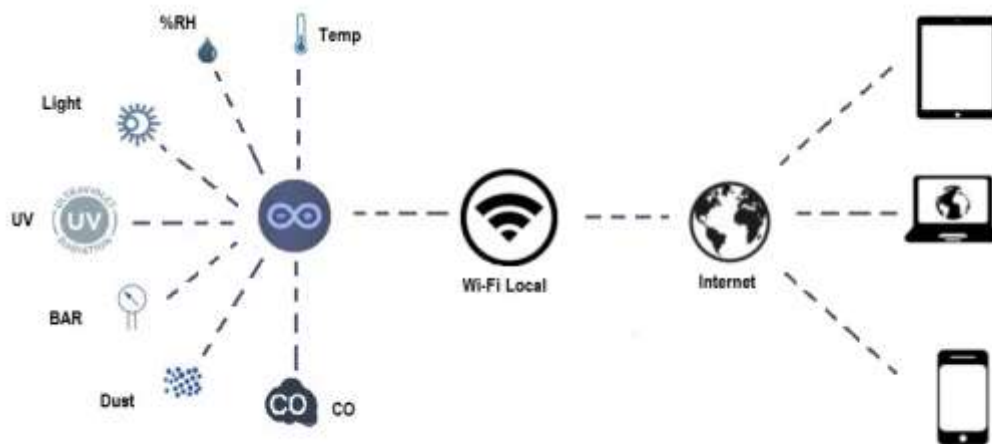


Figura 27: Diagrama lógico de funcionamiento de la estación.

Fuente: Construcción propia.

La anterior figura explica la configuración lógica que tiene la estación, por un lado tenemos las variables ambientales que son interpretadas por los sensores de temperatura, humedad relativa, intensidad luminosa, radiación ultravioleta, presión barométrica, concentración de polvo y concentración de monóxido de carbono en el ambiente. El tipo de señal de los sensores es analógica a excepción de los sensores de temperatura y humedad relativa (que se encuentran en mismo encapsulado) y el sensor de concentración de polvo que son digitales, todas esas entradas se concentran en el Arduino.

Una vez que el Arduino recibe todas las señales, las mismas ingresan al dispositivo ESP8266 que, como se explicó en el Capítulo 2, es un chip microcontrolador compatible con el protocolo TCP/IP que tiene como objetivo principal dar acceso a la red local Wi Fi al Arduino; una de las grandes ventajas que tiene el ESP8266 por el cual se escogió en el diseño, se debe a su bajo consumo energético aunado a su bajo costo de adquisición.

Todos los datos que interpreta el Arduino los cuales provienen de los sensores, concentran en un paquete de datos que el ESP8266 encapsula y que sube a la nube gracias a un servidor libre y de código abierto llamado Thingspeak.com; éstos se dan por medio de una llave de acceso virtual la cual permite recibir esos datos y almacenarlos en el servidor para ser consultado por cualquier dispositivo terminal con acceso a internet, como por ejemplo una computadora, iPad o Tablet o bien desde un teléfono móvil inteligente.

## 5.2) HARDWARE.

A continuación se explica la configuración del Hardware por fases basado en la figura (Diagrama lógico de funcionamiento de la estación).

### 5.2.1) Sensores utilizados en el proceso.

Para la primera fase se utilizan 6 sensores para monitorear 7 variables ambientales; en la siguiente tabla se puntualiza cual sensor se utiliza, así como detalles de las señales electrónicas de salida y la entrada a los pines del Arduino.

Sensor				Arduino UNO	
Variable	Modelo	Voltaje de Alimentación	Tipo de Salida	Pin de Entrada	Tipo de Entrada
Temperatura	DHT22	5 Vdc	Digital	D7	Digital
Humedad Relativa	DHT22	5 Vdc	Digital	D7	Digital
Presión Barométrica	BMP180	3.3 Vdc	I <sup>2</sup> C (SDA - SCL)	A4 -A5	Analógica
Índice UV	GUVA-S12D	5 Vdc	Analógica	A1	Analógica
Índice Luninoso	SEN-CB0061	5 Vdc	Analógica / Digital	A0	Analógica
Concentración de polvo	PPD42NS	5 Vdc	Digital w/Sampling	D8	Digital w/Sampling
Concentración de CO	MQ7	5 Vdc	Analógica	A2	Analógica

Tabla 2: Tabla de acoplamiento de los sensores al Arduino.

Fuente: Construcción propia.

De la anterior figura podemos rescatar varios detalles en referencia al uso de los sensores; en el caso del sensor de temperatura y humedad relativa, como se ha mencionado anteriormente, se encuentran en un solo encapsulado y utilizan una librería en el programa que se verá adelante que activa en su salida una señal

digital, lo que simplifica el diseño del hardware y de software. Por otro lado, tenemos los sensores de índice ultravioleta, índice luminoso y concentración de monóxido de carbono quienes proporcionan en sus salidas señales analógicas que el programa interpreta mediante una función de conversión para transformarla en digital y escalarla a las unidades que ya se mencionaron en el Capítulo IV.

Los sensores especiales son el sensor de concentración de polvo y el de presión barométrica, por el tipo de lógica que emplean para generar datos; para el caso del sensor de concentración de polvo funciona bajo el principio de conteo de partículas por fotocelda, éstos utiliza un algoritmo llamado LPO time (Low Pulse Occupancy Time por sus siglas en inglés) que en el programa se definió en 30 segundos que es la duración recomendada por el fabricante para que haga un muestreo de las partículas que podrían tener un diámetro de  $1 \mu\text{m}$  y una función llamada "sampling"(muestreo), la cual solo puede ser leída en el puerto Digital 8 (D8) del Arduino que es el puerto que tiene habilitada esa función para ese tipo de lectura. En la siguiente figura observamos la relación entre el algoritmo LPO y la medición de cantidad de partículas por pie cúbico para humo de cigarrillo.

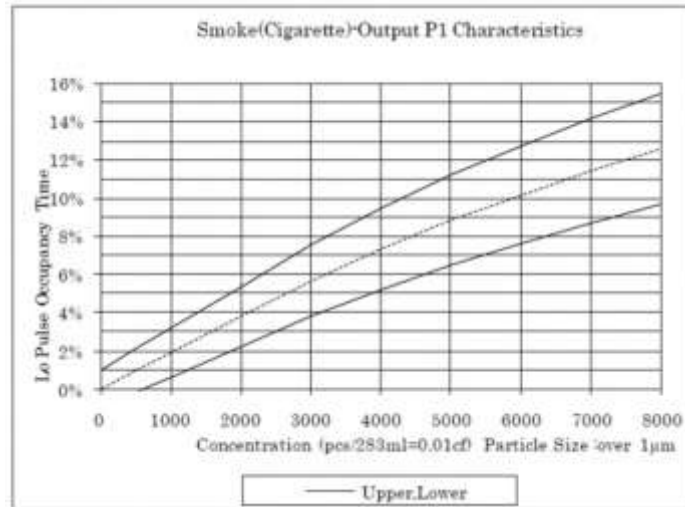


Figura 28: Relación de la función LPO y la concentración de partículas presentes en el humo de cigarrillo.

Fuente: Seed (2013) Recuperado de [https://seeeddoc.github.io/Grove-Dust\\_Sensor/](https://seeeddoc.github.io/Grove-Dust_Sensor/)

Y en el caso del sensor de presión barométrica funciona con tecnología piezoresistiva y utiliza la interface I<sup>2</sup>C (circuito Inter-integrado) por lo que hace uso de la librería “Wire” en el programa, ésta interface trabaja como un bus de datos maestro-esclavo, por eso la conexión se hace entre los pines analógicos A4 y A5 que conectan las líneas SCL (Serial clock) y SDA (Serial Data) del sensor, la medición de presión barométrica es inversamente proporcional a la altura, la conversión que hace el sensor la vemos en la siguiente figura.

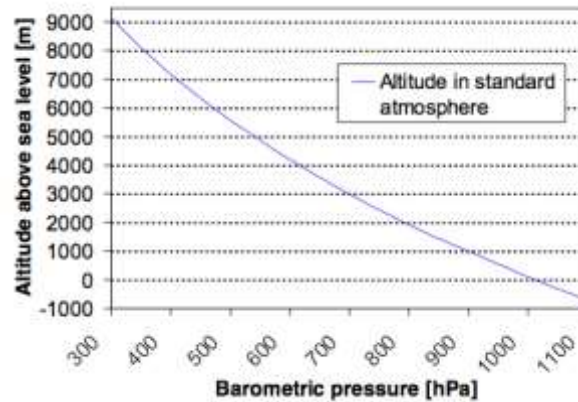


Figura 29: Relación de la altitud sobre el nivel del mar y la presión barométrica.

Fuente: BMP180 Datasheet.

### 5.2.2) Configuración y habilitación del módulo ESP8266 para la exportación de datos a la red.

Una de las funciones más importantes de la estación de monitoreo es la sección de subida de datos a la red para posteriormente ser encapsulados al servidor, y para esta tarea se ha elegido el módulo Wi Fi ESP8266 que hemos detallado con atención en los capítulos anteriores; pero aún no se ha explicado el proceso minuciosamente.

Básicamente se trata de una pequeña placa microcontroladora que tiene funcionalidad en el protocolo TCP/IP para poder dar acceso a la red al Arduino y las funciones de lectura de datos de los diferentes sensores que hay conectados en él, por lo que se convierte en un proyecto IoT (Internet of Things) y para poder acoplarlo a una red Wi-Fi se debe configurar por medio de comandos AT o bien descargarle un firmware para poder ejecutar el IDE de Arduino, en este caso se le

realizó la configuración utilizando comandos AT, pero para ello fue necesario conectar el módulo al serial por medio de un dispositivo llamado FTDI (Future Technology Devices International) como vemos seguidamente:

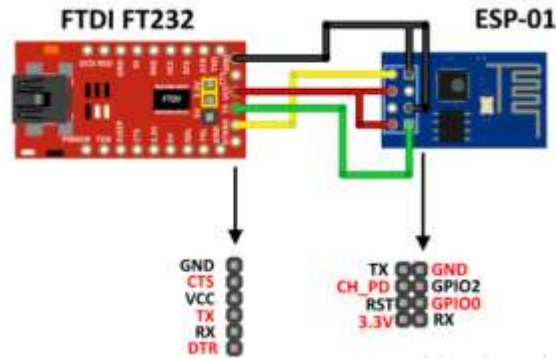


Figura 30: Conexión al serial del ESP8266 por medio del FTDI.

Fuente: Arduino e Cía.

Una vez conectado al serial se debe habilitar algún ejecutor de comandos seriales, para éste caso se ha utilizado el monitor serial del IDE del Arduino y los comandos que se ejecutaron pueden ser consultados en el Anexo #4 (Comandos AT\_ESP8266.pdf) y los podemos confirmar en la siguiente tabla así como la respuesta del sistema:

Comando	Función	Respuesta del Sistema
AT	Verificación	OK
AT + RST	Reseteo del Firmware	Reseteo de memoria
AT + GMR	Versión del Firmware	SDK Version, Última Actualización
AT+CWLAP	Lista de puntos de acceso	Verifica las redes Wi-Fi que están disponibles
AT+CWJAP="SSID","Password"	Brinda acceso a la red y al password de la red que a la que se va a conectar	WIFI GOT IP
AT+CWQAP	Quita el acceso a la red en caso que se requiera utilizar otra	WIFI DISCONNECT
AT+CIFSR	Obtiene la dirección IP en la red LAN por DHCP	IP ADDRESS /MAC ADDRESS
AT+ CIPMUX?	Tipos de conexión TCP/UDP	(CIPMUX=0) AT+CIPSEND=<length>; (CIPMUX=1) AT+CIPSEND= <id>,<length>
AT+CIPSTATUS	Muestra el satus actual de envío de datos	2: Conectado al servidor
AT+CIPSTART=?	Inicio de envío de datos	d = 0-4, type = TCP/UDP, addr = IP address, port= port
AT+CIOBAUD?	Velocidad de conexión en Baudios	Velocidades aceptadas: 9600, 19200, 38400, 74880, 115200, 230400, 460800, 921600

Tabla 4: Tabla de comandos AT para la configuración del ESP8266.

Fuente: Construcción propia.

El resultado experimental de la ejecución de la prueba la veremos en la siguiente respuesta del sistema, la cual se obtuvo con la ejecución de los comandos:



```

AT
OK
AT+RST
OK
WiFi DISCONNECT

ets Jan 8 2013,rst cause:2, boot mode:(3,0)

load 0x40100000, len 1856, room 16
tail 0
chksum 0x63
load 0x3ffe8000, len 776, room 8
tail 0
chksum 0xb2
load 0x3ffe8310, len 352, room 8
tail 0
chksum 0x79
csum 0x79

2nd boot version : 1.5
  SPI Speed      : 40MHz
  SPI Mode       : DIO
  SPI Flush Size & Map: 8Mbit(512KB+512KB)
  Jump to run user1 @ 1000

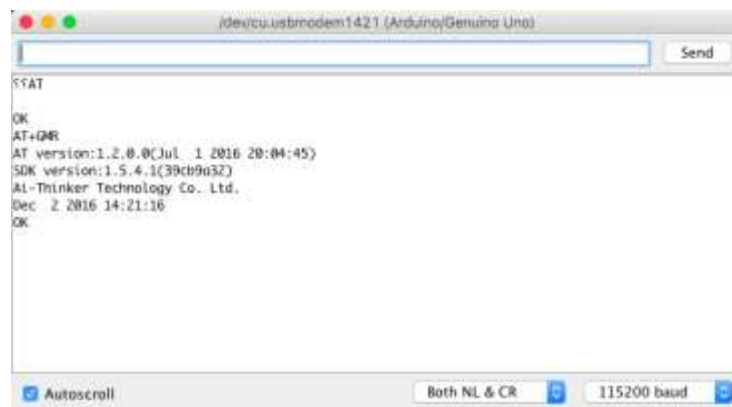
T T T T o t r f s t o i t t f i n l y s a f l i t t 1' s t r f l l t l t 1' s t r f l t t t l l' n l t t s l f f c l t c a l t a p t i t b l n f l c t o f o n f t l s p l t f l t t t f e t t l t l t n f f t b l t p t t t c l t b p a r l
Ai-Thinker Technology Co., Ltd.

ready
WiFi CONNECTED
WiFi GOT IP

```

Figura 31: Comando AT+RST

Fuente: Construcción propia.



```

AT
OK
AT+GMR
AT version:1.2.0.0(Jul 1 2016 20:04:45)
SDK version:1.5.4.1(39cb9a32)
Ai-Thinker Technology Co., Ltd.
Dec 2 2016 14:21:16
OK

```

Figura 32: Comando AT+GMR

Fuente: Construcción propia.

```

/dev/cu.usbmodem1421 (Arduino/Genuino Uno)
Send
AT
OK
AT+CWLAP
+CWLAP:(4, "CINDY", -78, "00:23:6a:a3:f2:2d", 1, -16, 0)
+CWLAP:(4, "HITRON-A630", -67, "a8:4e:3f:96:a6:38", 11, -2, 0)
+CWLAP:(4, "Wifi_Router2_EXT", -76, "c4:e9:84:74:fb:04", 11, 15, 0)
OK
Autoscroll Both NL & CR 115200 baud

```

Figura 33: Comando AT+CWLAP

Fuente: Construcción propia.

```

/dev/cu.usbmodem1421 (Arduino/Genuino Uno)
Send
AT+CWJAP="HITRON-A630", "Apto0440"
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
OK
Autoscroll Both NL & CR 115200 baud

```

Figura 34: Comando AT+CWJAP

Fuente: Construcción propia.

```

/dev/cu.usbmodem1421 (Arduino/Genuino Uno)
Send
AT+CWQAP
OK
WIFI_DISCONNECT
Autoscroll Both NL & CR 115200 baud

```

Figura 35: Comando AT+CWQAP

Fuente: Construcción propia.



Figura 36: Comando AT+CIFSR

Fuente: Construcción propia.

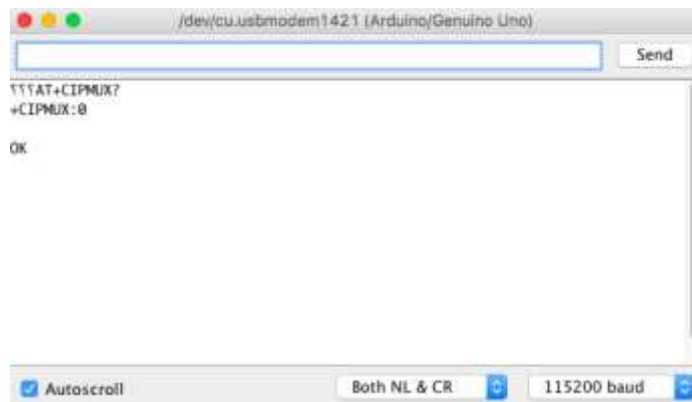


Figura 37: Comando AT+CIPMUX

Fuente: Construcción propia.



Figura 38: Comando AT+CIPSTATUS

Fuente: Construcción propia.

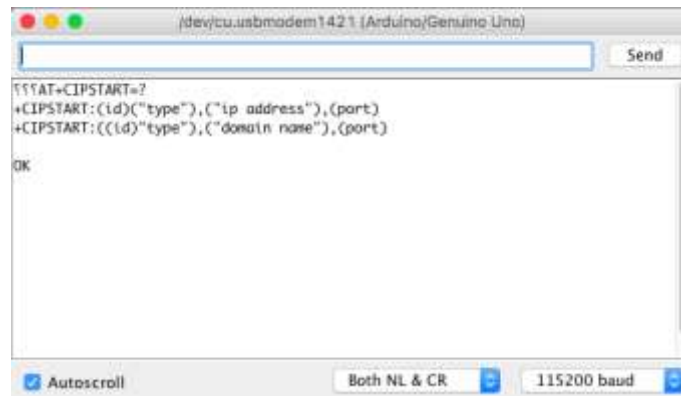


Figura 39: Comando AT+CIPISTART

Fuente: Construcción propia.



Figura 40: Comando AT+CIIOBAUD

Fuente: Construcción propia.

### 5.2.3) Diseño electrónico.

El diseño que se realizó incluye los componentes que vemos en la siguiente tabla:

Componentes	Marca	Modelo	Cantidad
Arduino	Arduino	UNO	1
ESP8266	Empressif	(ESP-01)	1
Sensor Temperatura y Humedad Relativa	AOSONG	AM2302	1
Sensor de luz	ITEAD	SEN-CB0061	1
Sensor UV	ITEAD	IM150521004	1
Sensor de partículas de polvo	SEED	PPD42NS	1
Sensor de presión Barométrica	SparkFun	BMP180	1
Sensor de Monóxido de Carbono	HANWEI ELECTRONICS	FC-22	1
Resistencia 1.2 KΩ	-	-	3

Tabla 4: Componentes que se utilizaron en la implementación de la estación.

Fuente: Construcción propia.

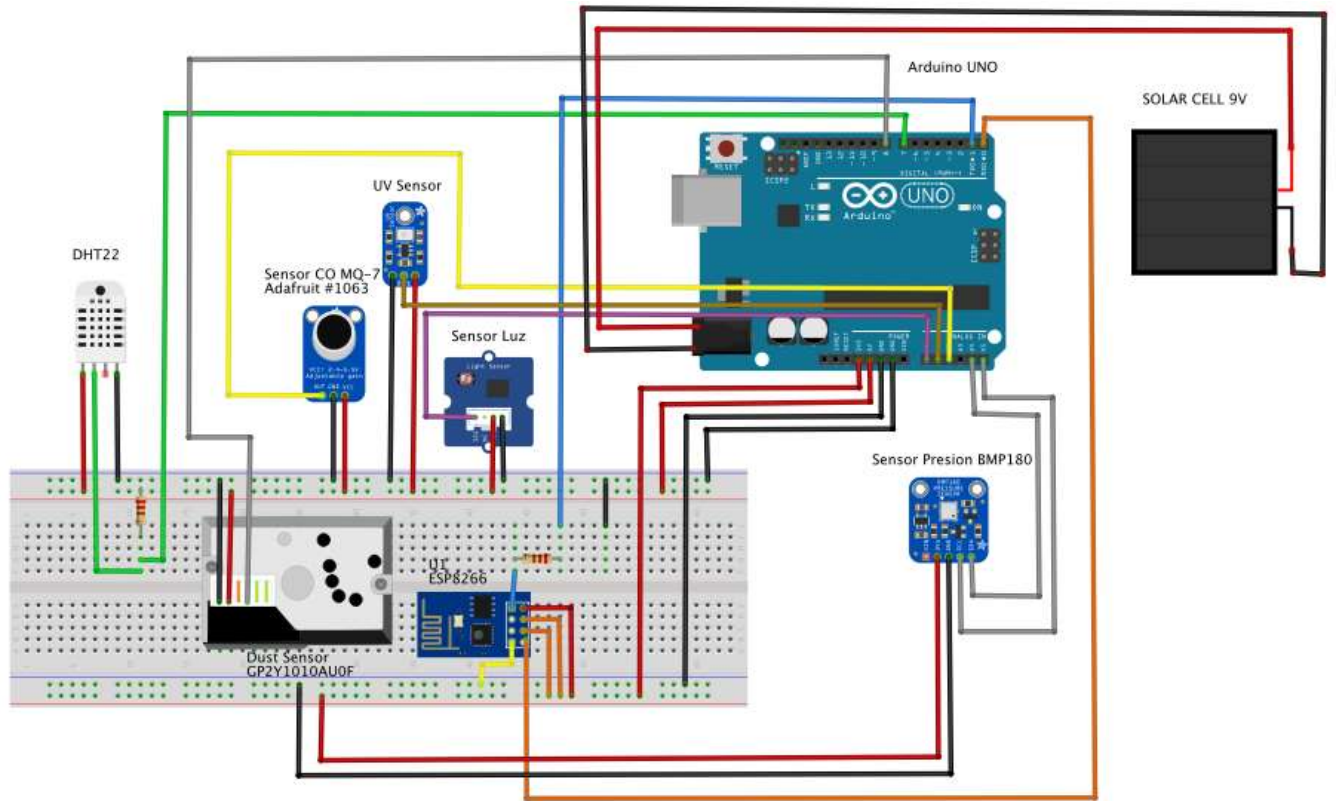


Figura 41: Diagrama físico de componentes.

Fuente: Construcción propia / Software utilizado: Fritzing.

En el anterior diagrama electrónico vemos las conexiones de todos los componentes para formar el sistema y como hemos visto en la 5.2.1 los sensores tienen diferentes voltajes de alimentación, que se pueden obtener del Arduino sin temor a que vaya a existir un sobrecalentamiento siempre y cuando contemos con una fuente de externa que alimente al Arduino.

La fuente puede ser un adaptador, una batería o celda solar, y se podrá utilizar un switch para elegir la cualquiera de las 3. Según las pruebas que se hicieron en la plataforma no presentó ningún problema a nivel de consumo, estabilización de temperatura de los componentes o a nivel de conexión a la red Wi-Fi y de esto se hablará más adelante.

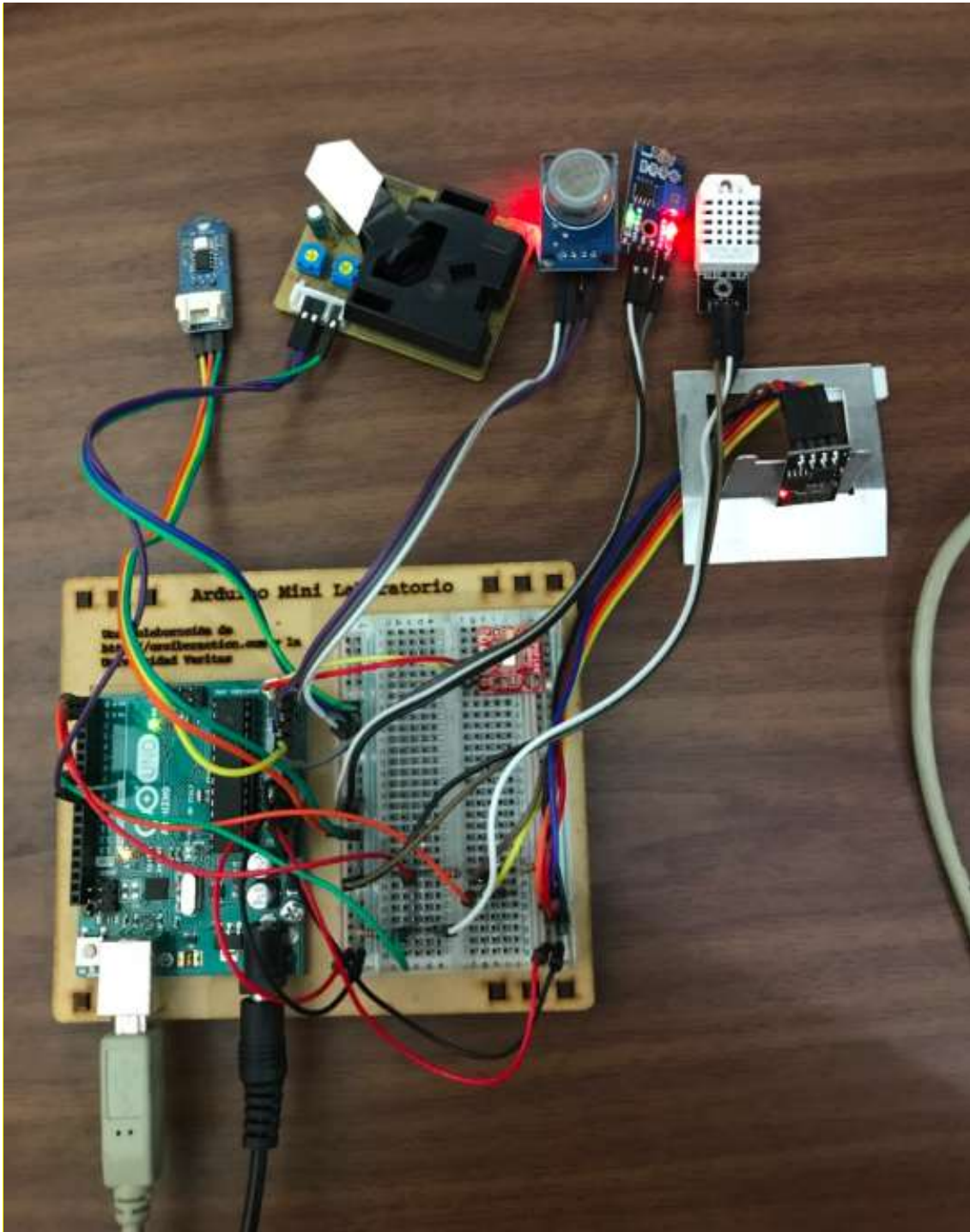


Figura 42: Conexiones reales de la plataforma.

Fuente: Construcción propia.

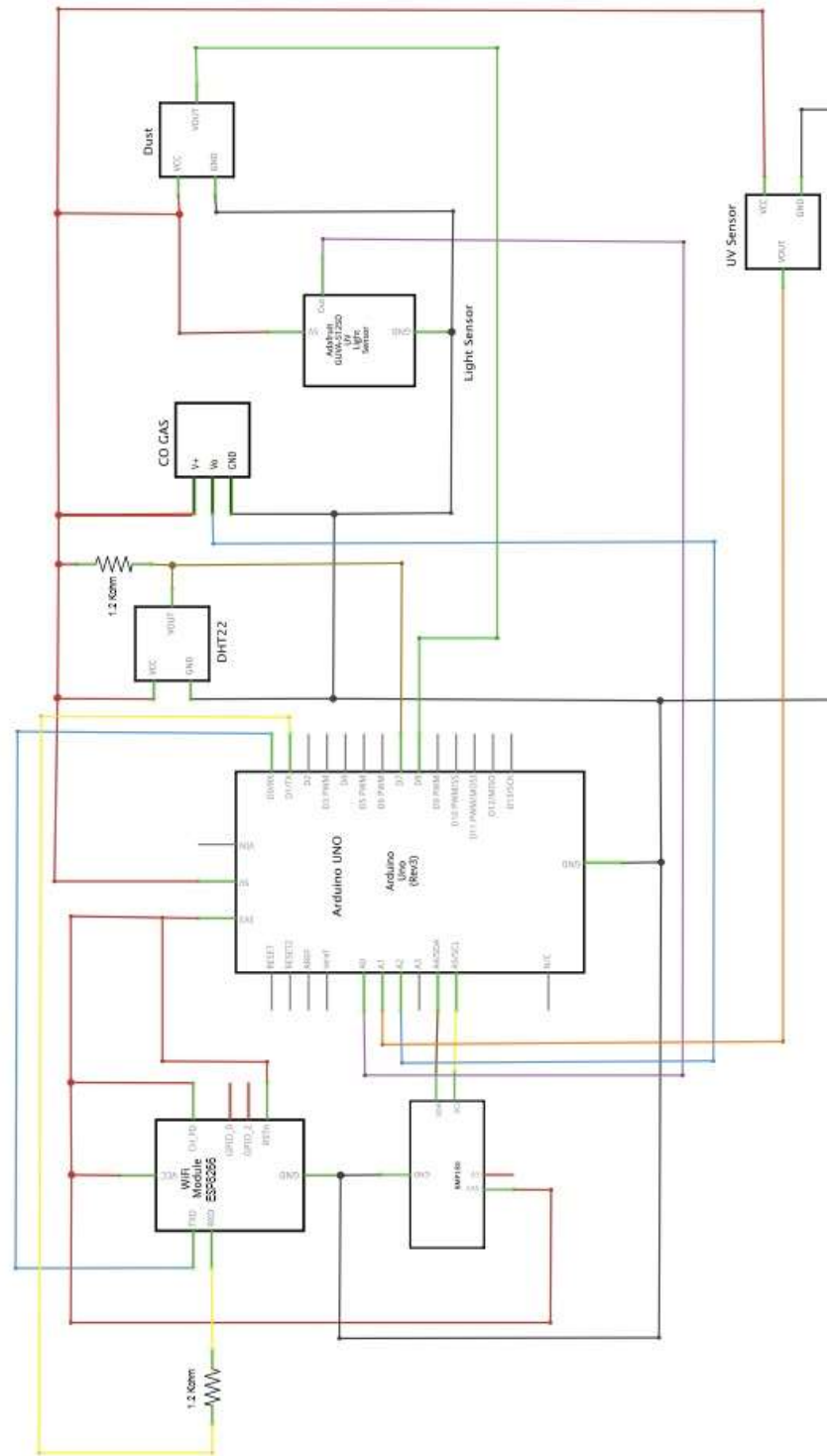


Figura 43: Diagrama electrónico de la plataforma de monitoreo.

Fuente: Construcción propia.

En la figura anterior podemos ver el diagrama electrónico de la estación, lo que podemos rescatar de esta configuración que se diseñó es que existen dos voltajes de alimentación para los distintos dispositivos como se pudo observar en la tabla, los sensores disponen de un encapsulado que contienen toda la circuitería necesaria para que puedan funcionar de forma precisa, normalmente estos sensores actúan por medio de un voltaje de salida que viene regulado por unas resistencias de pull down y pull-up las cuales establecen un estado lógico en un pin o entrada de un circuito lógico y que sirven para evitar falsos estados lógicos generados por ruidos en señales que se originan en los mismos circuitos electrónicos; esta facilidad permite reducir considerablemente el circuito como tal, el cableado y el tamaño del código programado en el microcontrolador.

#### **5.2.4) Alimentación del sistema.**

El sistema debe alimentarse desde la fuente del Arduino por medio de un adaptador de pared de 120 VAC, una batería con conector para Arduino o una celda solar de 9 VDC y de 5W a 10 W de potencia; no existen fuentes por separado lo que minimiza considerablemente el diseño; sin embargo, debe estar en todo momento alimentado, por lo que según las pruebas realizadas se recomienda es poner un switch selector de 3 posiciones para escoger manualmente el tipo de alimentación que se quiera usar.



Figura 44: Fuentes de alimentación para la estación de monitoreo.

Fuente: Construcción propia.

### 5.2.5) Subida de datos al servidor de Thingspeak.

Como se mencionó en el Capítulo 2 el Internet de las Cosas (IoT) es un concepto relativamente reciente que se refiere a la interconexión de objetos y variables con el internet. Para poder entender un poco mejor este tema se debe tener claro que existe un identificador que es fundamental para el propósito y son las llaves de acceso o API Keys (Interface de Programación de Aplicaciones), las cuales asignan una identificación formada por letras y números y dan acceso a la subida de datos al servidor libre en Internet. En el código de este programa la línea que da acceso al servidor es: `String GET = "GET /update?key=EUJX9I47Z17B184T&field1=";` Donde: EUJX9I47Z17B184T es el API Key y fieldX es la variable del sensor que se va a monitorear.

The screenshot shows the ThingSpeak website interface for managing API keys. The top navigation bar includes 'Channels', 'Apps', 'Community', 'Support', 'How to Buy', 'Account', and 'Sign Out'. Below the navigation, there are tabs for 'Private View', 'Public View', 'Channel Settings', 'Sharing', 'API Keys', and 'Data Import / Export'. The 'API Keys' tab is active, displaying the 'Write API Key' section, which is highlighted with a red border. This section shows a key 'EUJX9I47Z17B184T' and a 'Generate New Write API Key' button. Below this is the 'Read API Keys' section, which shows a key 'QBTIGAULE9N9KJ8K' and a 'Note' field. To the right of the 'Write API Key' section is a 'Help' section explaining that API keys enable writing data to a channel or reading data from a private channel. Below the 'Help' section is the 'API Keys Settings' section, which includes instructions for Write and Read keys. At the bottom right, there is an 'API Requests' section with an example URL: 'GET https://api.thingspeak.com/update?api\_key=EUJ'.

Figura 45: API Key generado por el servidor IoT de ThingSpeak.

Fuente: Construcción propia.

La llave API que ThingSpeak genera puede producirse la cantidad de veces que se lo solicitemos y esa llave es la que usa el código y, al enlazarse al IP del servidor de ThingSpeak va a permitir que los datos se suban al web server que se usará. La asignación de canales para cada una de las variables, que son las señales de salida de cada de los sensores, quedan asignadas de la siguiente manera:

### Channel Settings

Percentage complete	70%
Channel ID	215841
Name	Proyecto Estacion
Description	Estación de monitoreo de Condiciones Ambientales.
Field 1	Temperatura <input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	Humedad <input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	Presion-Baromet <input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	Radiacion UV <input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	Indice lumínico <input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	Concentracion d <input checked="" type="checkbox"/>
Field 7	CO Concentratio <input checked="" type="checkbox"/>
Field 8	<input type="checkbox"/>

Figura 46: Asignación de canales para cada una de las variables.

Fuente: Construcción propia.

### 5.3) SOFTWARE.

El programa que se diseñó para la estación fue desarrollado en el entorno de programación de Arduino (Arduino IDE) por la facilidad de comunicación y estabilidad de la misma con la placa del Arduino, a continuación se detalla el código del programa que puede ser consultado en el Anexo # (Código\_ST.pdf).

#### 5.3.1) Código de programación.

```
//
//*****
// Universidad Hispanoamericana
// Ing. Electrónica
// Proyecto de Graduación.
// DIEGO CARRILLO S
// Estación de monitoreo de condiciones ambientales con interfaz de consulta web.
// 2017
//*****

#include <Wire.h> // Librería para habilitar el Sensor BMP180 (presión barométrica)
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Adafruit_BMP085_U.h>
#include <stdlib.h>
#include "DHT.h" // Librería para habilitar el Sensor DHT22

#define SSID "HITRON-A630" // Nombre de la red Wi-Fi
#define PASS "Apto0440" // password Red Wi-Fi
#define IP "184.106.153.149" // Dirección IP de thingspeak.com

#define DHTPIN 7 // Pin para el sensor DHT
#define DHTTYPE DHT22 // Puede ser DHT11
#define Baud_Rate 115200 // Velocidad de comunicación serial
#define GREEN_LED 3 // Señalización para la correcta actualización de datos
#define RED_LED 4 // Señalización en caso de error
#define DELAY_TIME 120000 // Tiempo de muestreo

Adafruit_BMP085_Unified bmp = Adafruit_BMP085_Unified(10085); // Activación de librería del sensor BMP180
int uvPin = A1; // Sensor de Incidencia UltraVioleta
int luminancePin = A0; // Sensor de intensidad luminosa

// Sensor de Polvo
int dustPin = 8;
unsigned long duration;
unsigned long starttime;
unsigned long sampletime_ms = 30000;
unsigned long lowpulseoccupancy = 0;
float ratio = 0;
float concentration = 0;

int GasPin = A2; // Sensor de CO

String GET = "GET /update?key=EUJX9I47Z17B184T&field1="; // Temperatura
String FIELD2 = "&field2="; // % Humedad Relativa
String FIELD3 = "&field3="; // Presión Barométrica
String FIELD4 = "&field4="; // Radiación Ultravioleta
```

```

String FIELD5 = "&field5="; // Índice luminoso
String FIELD6 = "&field6="; // Concentración de polvo en el ambiente.
String FIELD7 = "&field7="; // Concentración de Monóxido de carbono.

bool updated; // Función para actualización de datos

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Función de lectura del DHT

void setup()
{
  Serial.begin(Baud_Rate); //Velocidad de conexión
  Serial.println("...INICIANDO LA ESTACION, FAVOR ESPERAR..."); //Inicio
  delay(3000);
  //Serial.println("VERIFICANDO SISTEMA..."); //Inicio
  //delay(2000);
  Serial.println("AT");
  delay(1000);

  if(Serial.find("OK")){
    bool connected = connectWiFi();//Función para conectarse a Red Wi-Fi
    if(!connected){
      Error();
    }
  }else{
    Error();
  }
}

dht.begin();
pinMode(dustPin, INPUT); // Configuración del sensor de polvo.
starttime = millis(); // Cálculo de tiempo de inicio del sensor de polvo

//Sensor de Presión Barométrica

Serial.println("Detectando Sensor de Presión Barométrica...");
if(!bmp.begin())
{
  //En caso de error de lectura del sensor de presión barométrica
  Serial.print("El sensor de presión barométrica no ha sido detectado, revisar conexiones");
  while(1);
}
Serial.println("BMP085 detectado!");
}

void loop(){
//
float h = dht.readHumidity(); // float humedad relativa
float f = dht.readTemperature(); // float temperatura
//
sensors_event_t event;
bmp.getEvent(&event);
float pressure = 0; // float presión barométrica
if (event.pressure)
{
  pressure = event.pressure;
}
//
float uv = analogRead(uvPin); // float Radiación Ultravioleta
uv = uv * 0.0049; //Convertir valores a Valtaje
uv = uv * 307; //Convertir a mW/m²
uv = uv/200; //Calcular índice UV
//
float luminance = analogRead(luminancePin); // float Índice Luminoso
luminance = ((luminance - 1024) * -1); //Función de escala de cantidad luz
//
//Concentración de polvo en el ambiente

```

```

duration = pulseIn(dustPin, LOW);
lowpulseoccupancy = lowpulseoccupancy+duration;
if ((millis()-starttime) >= sampletime_ms)
{
  ratio = lowpulseoccupancy/(sampletime_ms*10.0); // Sacar porcentaje
  concentration = 1.1*pow(ratio,3)-3.8*pow(ratio,2)+520*ratio+0.62; //Sacado de la hoja de datos del sensor
  lowpulseoccupancy = 0;
  starttime = millis();
}
}

//
float Gas = analogRead(GasPin);
//
// Función de verificación del correcto funcionamiento de los sensores. En caso de error enciende led Rojo
if (isnan(h) || isnan(f) || isnan(pressure) || isnan(uv) || isnan(luminance) || isnan(concentration) || isnan(Gas)) {
  LightRed();
  return;
}

//
//Actualización de valores de los sensores
updated = updateSensors(String(f), String(h), String(pressure), String(uv), String(luminance), String(concentration),
String(Gas));

//Si se actualiza correctamente indicar por led verde.
if(updated){
  LightGreen();
}else{
  LightRed();
}

//Tiempo de espera para posteo de datos en thingspeak.com
delay(DELAY_TIME);
}
//
//FUNCION DE ACTUALIZACIÓN
//
//Inicio de comandos AT para cadena de datos.
bool updateSensors(String temp, String humid, String pressure, String uv, String luminance, String concentration, String
Gas){
  String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\",\"";

//
//Función para enviar datos por puerto serie 80
cmd += IP;
cmd += "\",80";

//connect
Serial.println(cmd);
delay(2000);
if(Serial.find("Error")){
  return false;
}

//Construcción de comandos GET para actualizaciones de datos hacia thingspeak.com
cmd = GET;
cmd += temp;
cmd += FIELD2;
cmd += humid;
cmd += FIELD3;
cmd += pressure;
cmd += FIELD4;
cmd += uv;
cmd += FIELD5;
cmd += luminance;
cmd += FIELD6;
cmd += concentration;
cmd += FIELD7;

```

```

cmd += Gas;

cmd += "\r\n";

//Uso de comandos AT para seteo del ESP8266
Serial.print("AT+CIPSEND=");
Serial.println(cmd.length());
if(Serial.find(">")){
  Serial.print(cmd);
}else{
  Serial.println("AT+CIPCLOSE");
}
//Retorno de datos exitoso
if(Serial.find("OK")){
  return true;
}else{
  return false;
}
}

boolean connectWiFi(){ //Seteo del ESP8266
  Serial.println("AT+CWMODE=1");
  delay(2000);
//Verificación de Red Wi-Fi
  String cmd="AT+CWJAP=""";
  cmd+=SSID;
  cmd+="\n,";
  cmd+=PASS;
  cmd+="\n";

  //Conecta al Wi-Fi y espera 5 segundos
  Serial.println(cmd);
  delay(5000);
  //Si conecta, retorna un "true"
  if(Serial.find("OK")){
    return true;
  }else{
    return false;
  }
}
//Funcion de senalizacion por medio de leds. Verde=OK ; Rojo=Wrong

void LightGreen(){
  digitalWrite(RED_LED, LOW);
  digitalWrite(GREEN_LED, HIGH);
}

void LightRed(){
  digitalWrite(GREEN_LED, LOW);
  digitalWrite(RED_LED, HIGH);
}

//En caso de error
void Error(){
  while(true){
    LightRed();
    delay(2000);
    LightGreen();
    delay(2000);
  }
}

//FIN

```

El programa está estructurado y ordenado en cuatro fases la cuales son: Iniciación, Setup, Loop y Habilitación del ESP8266, con el fin de que todas las funciones de activación de los sensores, así como la habilitación del módulo Wi-Fi y los comandos necesarios para que se puedan subir los paquetes que encapsula el módulo, puedan darse de manera precisa y correcta. En la siguiente tabla se explica cada una de las fases, las funciones que se habilitan y los eventos que suceden en cada una de esas fases. En términos generales es un resumen de lo que hace el programa y que se detalla a continuación:

Fase	Funciones	Eventos
1. Iniciación	Declaración de librerías y variables.	Se habilitan las librerías necesarias para los sensores
	Declaración de la Red de área local (LAN) que se va a utilizar	Definición de los parámetros de la red local.
	Declaración de la velocidad de comunicación serial con la que se va a trabajar.	Se <u>activa</u> la misma velocidad con la que se habilitó el ESP8266.
	Se reconocen las variables enteras de los sensores y así como algunas funciones básicas que se obtuvieron en la hoja de datos.	Activación de funciones básicas para que los sensores puedan trabajar.
	Declaración de la cadena de datos de los sensores.	Función "String GET
2. Setup	Inicio de comunicación Serial	Velocidad de transmisión de datos seriales.
	Se reconocen la interfaz física y las conexiones de los sensores	Prueba de conexión física
	Se habilita la conexión al Wi-Fi local	Conexión a la red por medio del módulo Wi-Fi
	Inicio de funcionamiento de los sensores.	Activación lógica

3. Loop	Habilitación de las funciones float para declaración de números con decimales.	Se realizan los algoritmos matemáticos para hacer la escala de las unidades que se van a trabajar.
	Verificación de la correcta lectura de los sensores	Se realiza un chequeo a nivel lógico para corroborar la lectura correcta de datos.
	Actualización de las cadenas de datos de los sensores.	Función de actualización de datos por muestreo de tiempo.
	Activación del puerto serie y declaración del IP del servidor web.	<u>Función cmd</u>
	Subida de cadenas de datos al web server.	Obtención de las lecturas por medio de la función GET (una variable por sensor)
4. Habilitación de las funciones del ESP8266	Activación de los comandos AT para subida de datos por medio del ESP8266	Corroboración del modo de funcionamiento del módulo Wi Fi, se confirma la cantidad de datos que se subieron al servidor en Bytes

Tabla 5: Explicación del programa según las fases lógicas.

Fuente: Construcción propia.

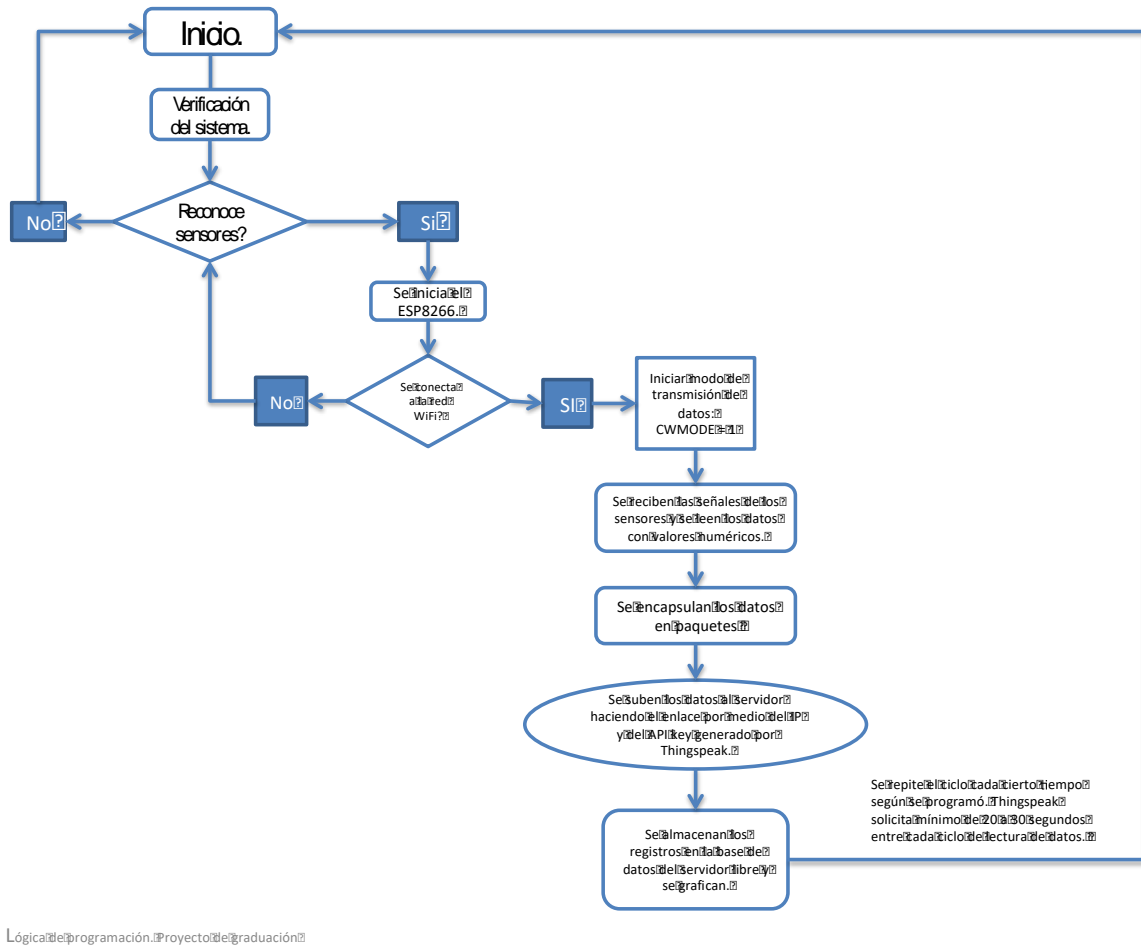


Figura 47: Diagrama de flujo del funcionamiento lógico del programa.

Fuente: Construcción propia.

La anterior figura puede ser consultada en el anexo Diagrama\_Flujo\_ST.pdf en el se muestra lo que se explicó anteriormente en relación con el funcionamiento y puesta en marcha de la plataforma de monitoreo; el código se hizo en función de la conectividad de los sensores al Arduino y éste a su vez con la red Wi Fi Local por medio del módulo ESP8266, el ciclo se compone de rutinas que establecen una verificación inicial del reconocimiento de todos los sensores; si se cumple esa condición inicia la verificación de conectividad del sistema a la red y luego hace las

funciones de empaquetado de datos para subirlos al servidor. Como se puede observar, el ciclo es repetitivo en el tiempo hasta que se decida hacer el muestreo de datos.

### 5.3.2) Iniciación del sistema.

Al darse el inicio de marcha de la estación, por el monitor serial podemos ver información importante que evidencia que los ciclos se están cumpliendo de manera correcta, la respuesta del sistema es la que vemos a continuación:

```

1. ...INICIANDO LA ESTACION, FAVOR ESPERAR...
2. AT
3. AT+CWMODE=1
4. AT+CWJAP="HITRON-A630","Apto0440"
5. Detectando Sensor de Presión Barométrica...
6. BMP085 detectado!
7. AT+CIPSTART="TCP","184.106.153.149",80
8. AT+CIPSEND=126
9. GET/update?key=EUJX9I47Z17B184T&field1=26.50&field2=72.50&field3=883.41&field4=0.86&field5=755.00&field6=0.00&field7=602.00
10. AT+CIPSTART="TCP","184.106.153.149",80
11. AT+CIPSEND=126
12. GET/update?key=EUJX9I47Z17B184T&field1=26.50&field2=71.60&field3=883.50&field4=0.80&field5=753.00&field6=0.62&field7=485.00
13. AT+CIPSTART="TCP","184.106.153.149",80
14. AT+CIPSEND=127

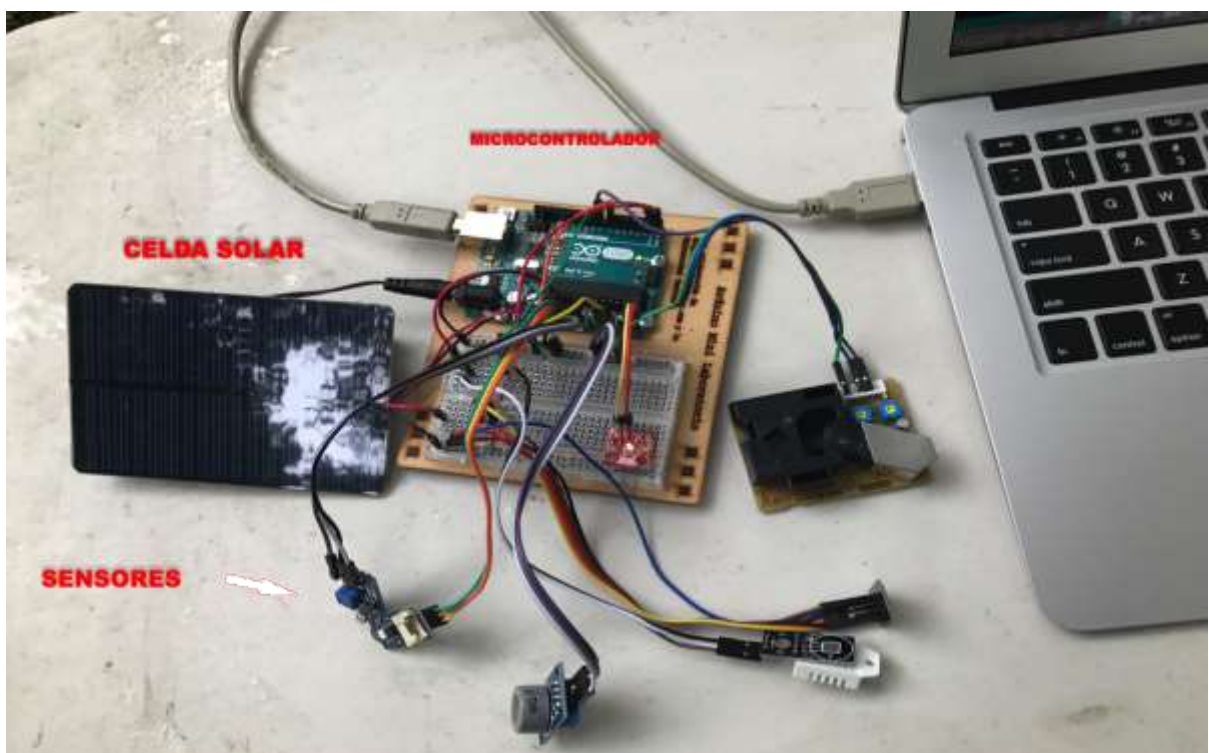
```

Las primeras 6 líneas demuestran que la estación se ha iniciado de forma correcta, lo que se hace en la línea 3 es activar el modo de operación del módulo Wi Fi; la línea 4 habilita el módulo para trabajar en la red local; las líneas 5 y 6 evidencian que el sensor de presión barométrica es detectado de forma apropiada ya que este sensor difiere del resto de sensores por el tipo de protocolo que emplea para su funcionamiento tal y como se mencionó en la sección 5.2.1. Una vez que la plataforma hizo este procedimiento está listo para iniciar la subida de datos.

La línea 7 prepara al módulo para hacer la subida de los datos de los sensores a la dirección IP del servidor de Thingspeak, seguidamente la línea 8 establece el tamaño del paquete de datos que se va a subir y por último en la línea 9 se da finalmente la subida de datos al de Thingspeak para que unos segundos después se vea reflejada en el servidor y el dato sea almacenado de manera correcta llenando cada uno de los campos con la información que registró el sensor. Este caso serían los campos marcados en verde: Field 1: temperatura, Field 2: humedad relativa, Field 3: presión barométrica, Field 4: intensidad de radiación ultravioleta, Field 5: intensidad lumínica, Field 6: concentración de polvo en el ambiente y Field 7: concentración de monóxido de carbono. En las siguientes líneas el ciclo se repite cada cierto tiempo que previamente se había definido en el programa, Thingspeak recomienda un tiempo mínimo de 20000 ms de retardo entre mediciones para que el servidor pueda interpretar los datos.

## 5.4) INSTALACIÓN Y ENSAYOS INICIALES

La instalación de la estación se llevó a cabo en dos sitios diferentes: Esparza de Puntarenas y San Pablo de Heredia; sin embargo, se hicieron pruebas experimentales en la zona de Sacramento de Barva de Heredia para realizar un ensayo de lo que vendría a ser la logística de instalación. A continuación se mostrarán imágenes de lo que fue la primera instalación e inicialización de la plataforma.



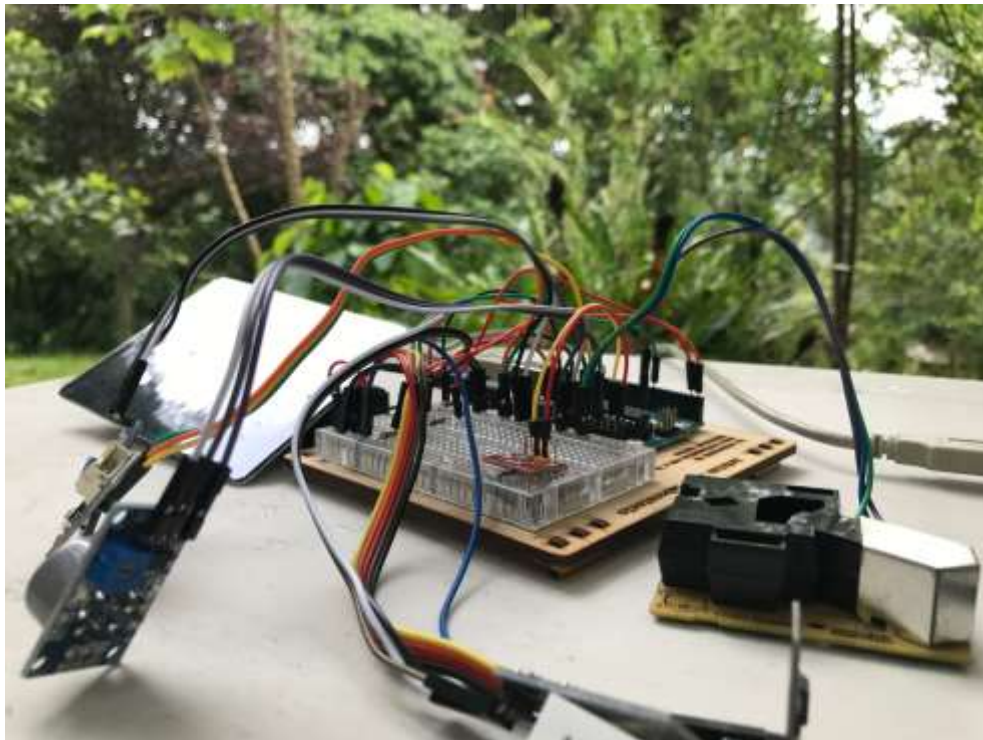


Figura 48: Montaje de la plataforma.

Fuente: Construcción propia.

## **5.5) RESULTADOS EXPERIMENTALES.**

A continuación se detallarán los resultados experimentales que se registraron producto de unas corridas de prueba en dos zonas diferentes del país que fueron; San Rafael de Heredia y Esparza de Puntarenas, con la finalidad de demostrar que la plataforma prototipo de la estación de monitoreo responde ante los cambios de condiciones climáticas y es capaz de soportar largos períodos de tiempo en perfecto estado de funcionalidad a nivel de hardware y software.

La primera toma de datos fue en la zona de Esparza, Puntarenas, el día 6 de Agosto del 2017, los resultados que vemos a continuación describen el comportamiento del clima en periodos cortos de muestreo porque lo que se quiere es demostrar que la estación funciona, y demanda un consumo muy bajo de potencia por lo que se confirma la correcta funcionalidad física y de programa.

### **5.5.1) Análisis gráfico.**

En esta sección se analizarán los resultados experimentales que se obtuvieron producto de las pruebas que se realizaron en dos zonas del país con características climáticas distintas. El análisis que se hará a continuación corresponde a una toma de datos individual por variable durante los días 6 y 7 de Agosto del 2017 en la localidad de San Juan de Esparza, Puntarenas, todas las pruebas se realizan en horas entre las 11 p.m. del 6 de agosto y las 14 p.m. del 7 de agosto.

### *Temperatura:*

- Se observa una temperatura inicial de 23°C en horas nocturnas y se nota claramente la subida repentina desde las primeras horas de la mañana, hasta llegar a su pico más alto al medio día donde llega a alcanzar hasta 34°C en un día parcialmente nublado; con esto se evidencia que es una zona altamente caliente aún en condiciones lluviosas típicas de la zona, los elevados índices de humedad relativa, la baja altitud y la poca influencia de vientos estimulan las altas temperaturas.

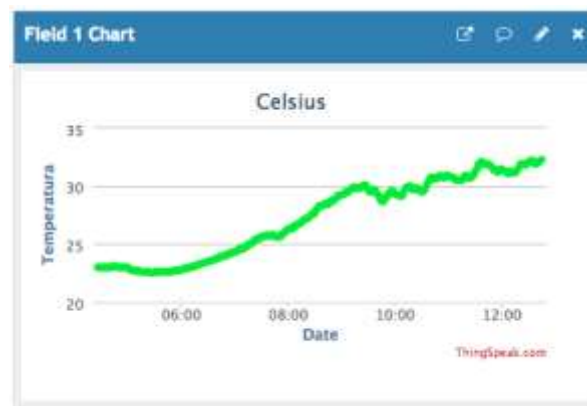


Figura 49: Análisis de Temperatura.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

### *Humedad Relativa:*

- En la figura se observa cómo en horas de la madrugada de 11:45 pm a 6 am se mantuvo una humedad sumamente alta, casi al 100% producto de las lluvias que se presentaron ese día; en el momento que salió el sol la temperatura empezó a aumentar y por ende a desplazar la humedad reduciéndola a casi un 60% al medio día, con esto confirmamos la relación que existe entre la humedad y la temperatura.

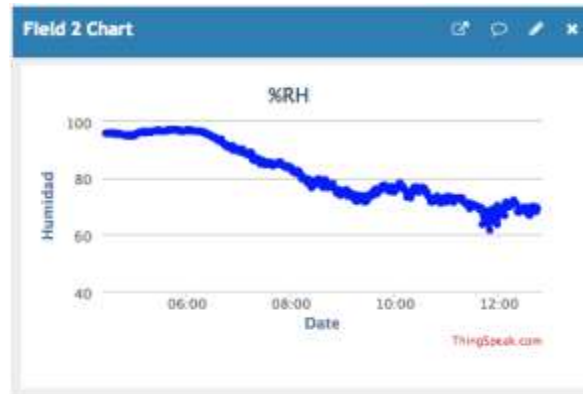


Figura 50: Análisis de Humedad Relativa.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

#### *Presión barométrica:*

- La presión barométrica, como se ha explicado con detalle en secciones anteriores, es directamente dependiente de la altura del sitio, en este caso las variaciones de presión oscilan entre 986 hPa y 988 hPa, es decir una variación casi despreciable para fines prácticos; Esparza como es un lugar que se encuentra cerca del nivel del mar, tiene una presión típica muy alta, por lo que no es lugar funcional para la siembra de café.

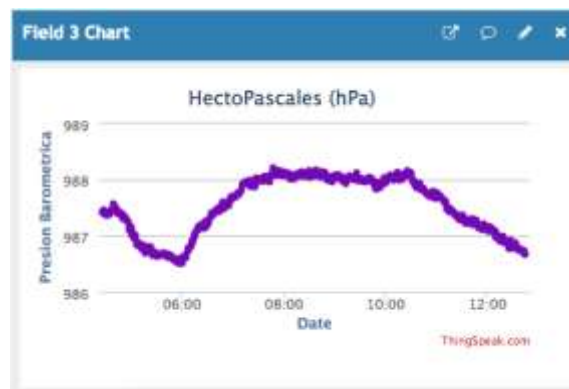


Figura 51: Análisis Presión Barométrica.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

### *Radiación Ultravioleta:*

- Se observan índices de radiación ultravioleta bajas en la madrugada, prácticamente  $0 \text{ mW/m}^2$ , y aumenta la radiación hasta  $2 \text{ mW/m}^2$  la cual es una radiación de bajo índice debido a que la estación se ubicó en un sitio con sombras proyectadas por los árboles que no permitían incidencia directa de los rayos del sol en el sensor, hecho que explica el bajo índice de radiación UV



Figura 52: Análisis de la Radiación Ultravioleta.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

### *Índice Luminoso:*

- El comportamiento de la luz muestra algunas situaciones de interés, por ejemplo, se puede ver la hora del día cuando empieza a salir y a ocultarse la luz del sol, cuánto dura estabilizando la intensidad lumínica, así como su relación con la temperatura a lo largo del día, de la misma manera que podemos analizar la cantidad de “horas luz” y “horas oscuridad”, que para efectos prácticos es lo que queremos monitorear y los datos que queremos analizar. La siguiente imagen muestra una corrida de prueba en horas

nocturnas hasta alcanzar el amanecer y el tiempo que dura en estabilizar el índice lumínico.



Figura 53: Análisis del índice lumínico.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

#### *Concentración de polvo en el ambiente:*

- Por medio de ésta prueba funcional que se hizo se logra comprobar la cantidad de partículas de polvo que se presentaron durante la prueba, éstas nos muestran concentraciones menores a las 500 ppm por pie cúbico en un espacio abierto en promedio, lo cual quiere decir que en ese aspecto es un lugar sin mucha concentración de partículas en el ambiente.

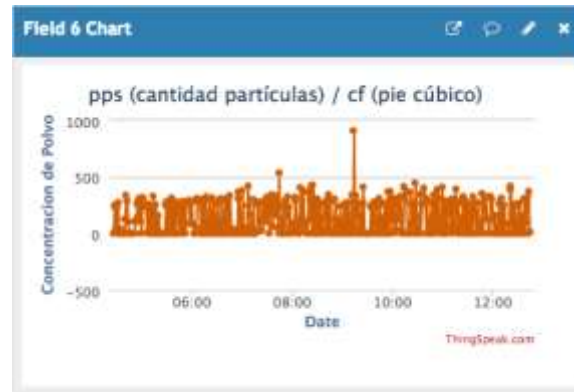


Figura 54: Análisis de la concentración de polvo.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

#### *Concentración de monóxido de carbono en el ambiente:*

- Esta prueba hace referencia a la concentración de CO que se dio durante el muestreo, podemos afirmar que se reflejaron datos que evidencian la baja concentración para esa zona geográfica y durante esas horas, los índices no superaron las 95 ppm y el promedio se mantuvo en 79 ppm aproximadamente, con esta prueba se confirma que el lugar presenta bajos niveles de CO en el ambiente.

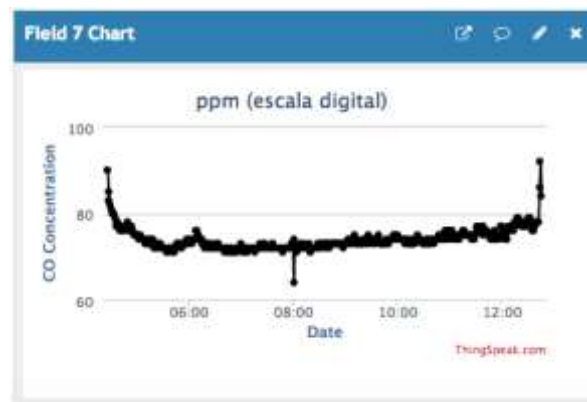


Figura 55: Análisis de la concentración de CO en el ambiente.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

Con el anterior análisis se logra corroborar la estabilidad de la estación durante un período de tiempo de más de 12 horas como primera prueba funcional, donde el software y el hardware no presenta inconvenientes de desempeño durante las horas de funcionamiento.

<b>Lugar</b>	San Juan de Esparza, Puntarenas
<b>Horas de trabajo</b>	13 hrs (23:00 a 14:00) / 6 y 7 Agosto
<b>Clima típico</b>	Tropical húmedo (época lluviosa)
<b>Consumo Max (mA)</b>	583 mA

Tabla 6: Información general de funcionamiento (Prueba #1).

Fuente: Construcción propia.

## 5.6) PRUEBAS FUNCIONALES Y ANÁLISIS DE DATOS.

Con el fin de poner a prueba las limitaciones de la plataforma se hizo una prueba funcional que expuso la estación a condiciones de uso más reales, durante periodos más extensos de tiempo y con exposición a las condiciones climáticas durante ciclos que describen mejor el comportamiento de las variables ambientales. Los resultados se analizaron no solo de forma de gráfica sino que se tabularon en una hoja de Excel que es el certificado real que se le entregará al cliente como muestra, en primer lugar observaremos el comportamiento desde una perspectiva gráfica para entender los fenómenos climáticos de la zona donde se realizaron las pruebas, la toma de datos se documentó cada 3 minutos.

A continuación estudiaremos los fenómenos:

Lugar	San Pablo, Heredia
Horas de trabajo	28 hrs (17:10 a 20:37) 21 y 22 de Agosto
Clima típico	Tropical húmedo (época lluviosa)
Consumo Max (mA)	602 mA

Tabla 7: Información general de funcionamiento (Prueba #2).

Fuente: Construcción propia.

Los datos que se documentaron pertenecen a una finca ubicada en la Meseta Central en el cantón de San Pablo de Heredia muy cercano a la localidad de la Suiza en San Rafael de Heredia que se verán tabulados en una tabla que puede ser consultada en el anexo # (Datos\_21\_22\_Agosto.xlsx) y en donde veremos la conducta climática así como algunos datos estadísticos de interés.

A continuación mostramos los datos recolectados separados por variables así como la hora a la que ocurrieron los eventos.

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/ct)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-21 23:10:29 UTC	1	23	86.7	885.05	1.05	704	0	177
2017-08-21 23:13:33 UTC	2	22.8	87.6	884.98	1.08	708	0.62	173
2017-08-21 23:16:37 UTC	3	22.8	87.2	884.94	0.89	717	110.38	149
2017-08-21 23:19:41 UTC	4	23	86.6	884.94	0.85	709	89.63	140
2017-08-21 23:22:45 UTC	5	22.5	83.4	884.95	0.85	701	0.62	144
2017-08-21 23:25:49 UTC	6	22.3	88.2	884.94	0.85	687	107.07	142
2017-08-21 23:28:53 UTC	7	22.3	86.1	885.06	0.83	657	51.73	138
2017-08-21 23:31:56 UTC	8	21.7	89.4	885.05	0.8	618	105.6	139
2017-08-21 23:35:00 UTC	9	21.5	90	885.04	0.79	596	100.41	140
2017-08-21 23:38:04 UTC	10	21.7	89.5	885.06	0.9	565	10.77	155
2017-08-21 23:41:08 UTC	11	22	86.1	885.18	0.84	526	103	148
2017-08-21 23:44:12 UTC	12	21.6	87.5	885.1	0.87	440	99.09	156
2017-08-21 23:47:17 UTC	13	21.5	87.1	885.08	0.83	375	0.62	154
2017-08-21 23:50:22 UTC	14	21.1	89.2	885.21	0.69	331	94.86	139
2017-08-21 23:53:26 UTC	15	21.6	89.4	885.3	0.74	288	0.62	141
2017-08-21 23:56:29 UTC	16	22.3	86.5	885.34	0.74	252	40.55	141
2017-08-21 23:59:33 UTC	17	22.4	86	885.39	0.67	220	102.34	131
2017-08-22 00:02:37 UTC	18	22.1	86.7	885.3	0.65	206	59.58	128
2017-08-22 00:05:41 UTC	19	21.7	89.3	885.35	0.63	191	46.66	127
2017-08-22 00:08:45 UTC	20	21.5	90.8	885.41	0.64	180	104.97	127
2017-08-22 00:11:49 UTC	21	21.6	91.5	885.4	0.64	179	0.62	127
2017-08-22 00:14:53 UTC	22	21.3	91.3	885.4	0.67	175	0.62	128
2017-08-22 00:17:57 UTC	23	21.3	89.8	885.32	0.65	111	81.79	125
2017-08-22 00:21:01 UTC	24	21.3	88.6	885.38	0.65	108	0.62	127
2017-08-22 00:24:05 UTC	25	21.3	88.8	885.41	0.66	107	387.17	124
2017-08-22 00:27:10 UTC	26	21.4	86.4	885.33	0.66	107	108.5	125
2017-08-22 00:30:13 UTC	27	21.1	88	885.42	0.65	107	64.55	124
2017-08-22 00:33:16 UTC	28	21.1	88.4	885.42	0.65	107	87.62	125
2017-08-22 00:36:20 UTC	29	21.1	88.9	885.5	0.66	74	72.37	122
2017-08-22 00:39:24 UTC	30	21.2	87	885.51	0.65	75	41.85	121
2017-08-22 00:42:28 UTC	31	21	86.6	885.52	0.64	75	116.9	118
2017-08-22 00:45:31 UTC	32	21	86.5	885.53	0.62	75	109.82	117
2017-08-22 00:48:35 UTC	33	20.9	87.7	885.56	0.63	74	0.62	116
2017-08-22 00:51:40 UTC	34	20.8	88.1	885.52	0.64	74	0.62	117
2017-08-22 00:54:43 UTC	35	20.7	88	885.71	0.65	74	97.6	118
2017-08-22 00:57:48 UTC	36	20.7	87.7	885.69	0.62	75	0.62	114
2017-08-22 01:00:52 UTC	37	20.8	87.6	885.77	0.62	75	0.62	115
2017-08-22 01:03:56 UTC	38	20.8	89.3	885.72	0.61	75	102.4	113
2017-08-22 01:07:00 UTC	39	20.8	87.5	885.81	0.61	75	104.49	112
2017-08-22 01:10:04 UTC	40	20.7	88.4	885.86	0.62	74	0.62	114
2017-08-22 01:13:09 UTC	41	20.8	88.8	885.86	0.62	74	0.62	114
2017-08-22 01:16:12 UTC	42	20.8	88.2	885.97	0.62	74	114.9	113
2017-08-22 01:19:16 UTC	43	20.8	88.6	885.98	0.62	74	102.81	114
2017-08-22 01:22:20 UTC	44	20.7	88.7	885.97	0.62	74	108.27	114
2017-08-22 01:25:24 UTC	45	20.7	88.9	885.95	0.62	73	0.62	113
2017-08-22 01:28:29 UTC	46	20.7	89.1	885.88	0.62	74	55.5	113
2017-08-22 01:31:33 UTC	47	20.8	89.2	885.96	0.62	74	109.13	113
2017-08-22 01:34:36 UTC	48	20.7	89.3	885.91	0.62	74	0.62	112
2017-08-22 01:37:41 UTC	49	20.6	89.6	885.9	0.62	74	0.62	111
2017-08-22 01:40:45 UTC	50	20.6	89.1	885.92	0.62	74	0.62	113
2017-08-22 01:43:49 UTC	51	20.6	89.3	885.91	0.62	73	112.41	113
2017-08-22 01:46:53 UTC	52	20.6	89.9	885.89	0.61	74	0.62	112
2017-08-22 01:49:57 UTC	53	20.7	89.4	885.93	0.61	73	76.71	112
2017-08-22 01:53:01 UTC	54	20.5	89.8	885.86	0.61	73	108.4	111
2017-08-22 01:56:05 UTC	55	20.4	90.3	885.83	0.61	73	52.58	111
2017-08-22 01:59:08 UTC	56	20.4	89.9	885.92	0.62	73	101.15	112
2017-08-22 02:02:13 UTC	57	20.3	90.5	886.02	0.62	73	0.62	114
2017-08-22 02:05:17 UTC	58	20.4	90	886.09	0.74	73	86.39	119
2017-08-22 02:08:21 UTC	59	20.5	92	886.05	0.74	72	0.62	121
2017-08-22 02:11:25 UTC	60	20.9	89.1	886.14	0.74	73	99.57	119
2017-08-22 02:14:29 UTC	61	20.5	89.9	886.15	0.77	72	0.62	123
2017-08-22 02:17:34 UTC	62	20.4	90.9	886.32	0.77	73	0.62	123
2017-08-22 02:20:38 UTC	63	20.5	90.3	886.22	0.97	71	0.62	152
2017-08-22 02:23:42 UTC	64	20.4	91.3	886.25	0.9	72	115.22	144
2017-08-22 02:26:46 UTC	65	20.5	90.5	886.17	1.04	70	16.34	162
2017-08-22 02:29:50 UTC	66	20.7	90.4	886.19	0.91	71	0.62	150
2017-08-22 02:32:54 UTC	67	20.7	91	886.13	0.74	73	138.86	125
2017-08-22 02:35:58 UTC	68	20.4	91.9	886.18	0.86	72	0.62	138
2017-08-22 02:39:03 UTC	69	20.7	88.7	886.02	0.83	70	0.62	133
2017-08-22 02:42:08 UTC	70	20.5	89	885.97	0.8	71	0.62	131
2017-08-22 02:45:11 UTC	71	20.4	89.6	886.01	0.83	69	104.04	133
2017-08-22 02:48:15 UTC	72	20.4	90.2	886.05	0.83	70	115.22	133
2017-08-22 02:51:20 UTC	73	20.5	88.8	886.14	0.9	69	0.62	141
2017-08-22 02:54:23 UTC	74	20.3	89.9	886.19	0.88	69	440.2	141
2017-08-22 02:57:27 UTC	75	20.3	89.8	886.18	0.87	69	115.29	139
2017-08-22 03:00:31 UTC	76	20.2	90.8	886.2	0.9	69	110.02	142
2017-08-22 03:03:34 UTC	77	20.1	90.8	886.24	0.98	68	17.89	150
2017-08-22 03:06:38 UTC	78	20.1	90.1	886.21	1.01	68	60.12	154
2017-08-22 03:09:43 UTC	79	20	90.4	886.25	0.86	70	0.62	138
2017-08-22 03:12:47 UTC	80	19.9	90.7	886.25	0.81	69	0.62	132
2017-08-22 03:15:51 UTC	81	20	90.1	886.24	0.95	69	0.62	174

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-22 03:18:56 UTC	82	19.9	89.8	886.22	0.8	71	99.67	131
2017-08-22 03:21:59 UTC	83	19.8	90.2	886.32	0.83	70	0.62	131
2017-08-22 03:25:04 UTC	84	19.8	90.1	886.39	0.72	71	0.62	118
2017-08-22 03:28:08 UTC	85	19.7	90.3	886.39	0.79	71	74.22	127
2017-08-22 03:31:12 UTC	86	19.7	89.6	886.29	0.8	71	0.62	127
2017-08-22 03:34:16 UTC	87	19.7	90.2	886.26	0.77	71	19.89	126
2017-08-22 03:37:20 UTC	88	19.7	90.4	886.39	0.79	71	113.18	127
2017-08-22 03:40:25 UTC	89	19.7	90.3	886.42	0.8	71	0.62	129
2017-08-22 03:43:29 UTC	90	19.7	90.6	886.44	0.89	70	82.29	139
2017-08-22 03:46:33 UTC	91	19.7	89.9	886.39	0.88	70	0.62	138
2017-08-22 03:49:37 UTC	92	19.7	90.4	886.45	0.9	70	40.99	142
2017-08-22 03:52:41 UTC	93	19.8	89.7	886.56	0.84	70	78.85	133
2017-08-22 03:55:45 UTC	94	19.4	91.3	886.51	0.75	71	107.89	122
2017-08-22 03:58:49 UTC	95	19.3	92.1	886.61	0.7	71	86.45	115
2017-08-22 04:01:54 UTC	96	19.3	92.3	886.54	0.71	72	0.62	115
2017-08-22 04:11:12 UTC	97	19.4	91.7	886.49	0.91	68	13.13	145
2017-08-22 04:14:14 UTC	98	19.5	91.3	886.45	1	68	76.72	155
2017-08-22 04:17:17 UTC	99	19.6	91	886.52	0.9	69	73.95	141
2017-08-22 04:20:21 UTC	100	19.3	92	886.54	1.02	68	0.62	155
2017-08-22 04:23:32 UTC	101	19.3	92.6	886.55	1.02	68	268.69	155
2017-08-22 04:26:29 UTC	102	19.2	92.1	886.54	0.67	72	101.61	111
2017-08-22 04:29:34 UTC	103	19.1	92.7	886.47	0.66	72	0.62	109
2017-08-22 04:32:38 UTC	104	19.1	92.5	886.46	0.65	73	0.62	107
2017-08-22 04:35:42 UTC	105	19.2	92	886.47	0.65	73	0.62	107
2017-08-22 04:38:46 UTC	106	19.2	92	886.49	0.64	73	0.62	106
2017-08-22 04:41:51 UTC	107	19.3	91.2	886.48	0.64	73	0.62	106
2017-08-22 04:44:55 UTC	108	19.3	91.4	886.47	0.65	74	0.62	108
2017-08-22 04:47:59 UTC	109	19.3	90.8	886.47	0.65	73	96.33	107
2017-08-22 04:51:03 UTC	110	19.2	92	886.36	0.66	73	9.22	108
2017-08-22 04:54:07 UTC	111	19.2	91.7	886.42	0.65	72	0.62	108
2017-08-22 04:57:11 UTC	112	19.2	90.9	886.39	0.65	73	0.62	107
2017-08-22 05:00:15 UTC	113	19.2	91	886.39	0.65	73	0.62	107
2017-08-22 05:03:19 UTC	114	19.2	90.7	886.44	0.65	73	98.7	108
2017-08-22 05:06:23 UTC	115	19.2	90.7	886.4	0.66	74	240.91	109
2017-08-22 05:09:27 UTC	116	19.2	90.7	886.45	0.66	73	6.83	108
2017-08-22 05:12:31 UTC	117	19.2	91.1	886.52	0.66	73	0.62	109
2017-08-22 05:15:35 UTC	118	19	91.8	886.48	0.65	73	0.62	110
2017-08-22 05:18:39 UTC	119	19	91.4	886.39	0.69	72	100.05	114
2017-08-22 05:21:43 UTC	120	19	91.5	886.31	0.68	73	0.62	111
2017-08-22 05:24:47 UTC	121	19	91.4	886.29	0.78	71	109.85	124
2017-08-22 05:27:51 UTC	122	19	91.4	886.23	0.96	69	216.43	149
2017-08-22 05:30:55 UTC	123	19	91.4	886.27	0.78	71	6.81	128
2017-08-22 05:33:58 UTC	124	19	91.6	886.19	0.81	71	81.63	132
2017-08-22 05:37:03 UTC	125	18.9	91.6	886.17	0.79	71	0.62	137
2017-08-22 05:40:06 UTC	126	18.8	92.8	886.16	0.89	73	137.73	142
2017-08-22 05:43:10 UTC	127	19	92.9	886.11	0.83	73	128.32	134
2017-08-22 05:46:14 UTC	128	19.7	89.3	886.07	0.72	75	0.62	120
2017-08-22 05:49:18 UTC	129	20	88	886.07	0.74	74	98.26	121
2017-08-22 05:52:22 UTC	130	19.8	88.3	886.06	0.76	74	107.1	124
2017-08-22 05:55:26 UTC	131	19.9	88	885.99	0.8	74	94.91	129
2017-08-22 05:58:30 UTC	132	20.1	87.5	886.09	0.88	71	0.62	142
2017-08-22 06:01:34 UTC	133	20.3	86.5	886.1	0.86	73	3.57	141
2017-08-22 06:04:38 UTC	134	20.1	87.1	886.07	0.71	74	0.62	125
2017-08-22 06:07:42 UTC	135	19.9	88	886.11	0.71	75	0.62	122
2017-08-22 06:10:46 UTC	136	19.9	87.6	886.06	0.7	75	0.62	119
2017-08-22 06:13:50 UTC	137	19.8	87.8	885.99	0.69	75	65.36	116
2017-08-22 06:16:54 UTC	138	19.4	89.2	885.97	0.65	76	106.54	112
2017-08-22 06:19:58 UTC	139	19.2	90.2	885.9	0.67	75	108.51	115
2017-08-22 06:23:02 UTC	140	19.1	90.5	885.9	0.66	76	0.62	113
2017-08-22 06:26:06 UTC	141	18.9	91.5	885.83	0.67	74	0.62	112
2017-08-22 06:29:10 UTC	142	18.8	92	885.83	0.68	74	95.08	113
2017-08-22 06:32:14 UTC	143	18.7	92.9	885.75	0.7	73	0.62	115
2017-08-22 06:35:18 UTC	144	18.6	93	885.78	0.72	73	119.47	116
2017-08-22 06:38:22 UTC	145	18.5	93.1	885.67	0.71	74	0.62	115
2017-08-22 06:41:27 UTC	146	18.5	93.3	885.62	0.72	74	0.62	115
2017-08-22 06:44:31 UTC	147	18.6	93.1	885.57	0.71	74	117.12	115
2017-08-22 06:47:35 UTC	148	18.6	93.7	885.48	0.71	76	0.62	115
2017-08-22 06:50:39 UTC	149	18.8	91.7	885.49	0.68	76	101.45	111
2017-08-22 06:53:43 UTC	150	18.8	91.4	885.54	0.68	76	57.6	111
2017-08-22 06:56:46 UTC	151	18.5	92.3	885.5	0.71	76	20.34	111
2017-08-22 06:59:50 UTC	152	18.5	92.2	885.48	0.67	76	149.54	107
2017-08-22 07:02:53 UTC	153	18.5	91.5	885.42	0.7	75	9.32	107
2017-08-22 07:05:57 UTC	154	18.2	93.1	885.33	0.78	76	39.18	107
2017-08-22 07:09:01 UTC	155	18.1	93.4	885.35	0.68	75	107.78	107
2017-08-22 07:12:04 UTC	156	18.3	91.9	885.44	0.69	74	86.92	108
2017-08-22 07:15:08 UTC	157	18.3	90.9	885.35	0.62	74	101.87	124
2017-08-22 07:18:12 UTC	158	18.1	91.6	885.29	0.63	73	0.62	124
2017-08-22 07:21:17 UTC	159	18	92.6	885.25	0.65	74	0.62	124
2017-08-22 07:24:20 UTC	160	18.1	92.4	885.31	0.68	74	75.87	123
2017-08-22 07:27:24 UTC	161	18	92.7	885.34	0.68	72	0.62	123
2017-08-22 07:30:29 UTC	162	17.9	93.1	885.27	0.68	72	0.62	122
2017-08-22 07:33:32 UTC	163	17.7	94.8	885.18	0.68	48	132.58	124
2017-08-22 07:36:36 UTC	164	17.7	95.4	885.23	0.67	72	100.38	123
2017-08-22 07:39:40 UTC	165	17.7	95.8	885.26	0.66	72	93.9	124
2017-08-22 07:42:44 UTC	166	17.9	95.6	885.27	0.66	72	167.01	124
2017-08-22 07:45:47 UTC	167	17.9	95.1	885.17	0.62	73	96.51	125
2017-08-22 07:48:51 UTC	168	18.1	94.9	885.11	0.65	74	0.62	127
2017-08-22 07:51:55 UTC	169	18	94.6	885.07	0.65	72	112.98	126
2017-08-22 07:54:59 UTC	170	17.9	94.5	885.13	0.64	73	0.62	126

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-22 07:58:03 UTC	171	17.8	94.6	885.13	0.64	74	96.69	126
2017-08-22 08:01:07 UTC	172	17.8	95.1	885.17	0.65	73	122.52	125
2017-08-22 08:04:11 UTC	173	17.8	95	885.13	0.65	73	114.37	127
2017-08-22 08:07:14 UTC	174	17.7	94.9	885.11	0.65	73	111.13	127
2017-08-22 08:10:18 UTC	175	17.6	94.8	885.11	0.64	74	65.32	126
2017-08-22 08:13:22 UTC	176	17.6	95	885.07	0.64	74	107.76	125
2017-08-22 08:16:25 UTC	177	17.5	95.1	885.07	0.65	72	15	126
2017-08-22 08:19:30 UTC	178	17.5	95.3	885.06	0.64	74	0.62	127
2017-08-22 08:22:34 UTC	179	17.4	95.3	885.09	0.65	74	107.68	125
2017-08-22 08:25:37 UTC	180	17.4	95.5	885.04	0.65	73	88.66	127
2017-08-22 08:28:42 UTC	181	17.3	95.2	885.05	0.65	73	0.62	127
2017-08-22 08:31:45 UTC	182	17.4	95.4	885.11	0.65	74	83.56	127
2017-08-22 08:34:49 UTC	183	17.4	95.6	885.11	0.63	76	103.83	128
2017-08-22 08:37:53 UTC	184	17.3	95.4	885.09	0.65	73	44.23	128
2017-08-22 08:40:57 UTC	185	17	96.3	885.06	0.65	75	0.62	129
2017-08-22 08:44:01 UTC	186	17.1	96.7	885.2	0.65	73	0.62	129
2017-08-22 08:47:05 UTC	187	17.2	95.9	885.2	0.64	72	261.98	127
2017-08-22 08:50:09 UTC	188	17	96.5	885.14	0.65	78	0.62	127
2017-08-22 08:53:12 UTC	189	17	95.1	885.23	0.65	73	6.2	127
2017-08-22 08:56:16 UTC	190	16.9	95.8	885.28	0.64	74	123.33	127
2017-08-22 08:59:20 UTC	191	16.7	96.4	885.25	0.65	78	106.26	128
2017-08-22 09:02:24 UTC	192	16.7	96.7	885.25	0.65	73	0.62	127
2017-08-22 09:05:29 UTC	193	16.8	96.5	885.25	0.65	73	95.12	128
2017-08-22 09:08:32 UTC	194	16.9	96.3	885.24	0.65	73	88.92	129
2017-08-22 09:11:36 UTC	195	16.8	96.5	885.15	0.65	73	0.62	128
2017-08-22 09:14:40 UTC	196	16.8	96.6	885.18	0.65	78	0.62	129
2017-08-22 09:17:45 UTC	197	16.8	96.5	885.19	0.65	79	0.62	129
2017-08-22 09:20:48 UTC	198	16.6	97	885.17	0.65	73	94.28	130
2017-08-22 09:23:52 UTC	199	16.6	96.9	885.15	0.65	79	0.62	129
2017-08-22 09:26:56 UTC	200	16.6	96.7	885.27	0.65	74	113.6	129
2017-08-22 09:30:00 UTC	201	16.8	96.2	885.18	0.65	72	0.62	128
2017-08-22 09:33:04 UTC	202	16.9	95	885.15	0.65	73	96.15	129
2017-08-22 09:36:08 UTC	203	16.9	95.1	885.18	0.65	73	107.43	128
2017-08-22 09:39:12 UTC	204	16.8	96.1	885.16	0.65	78	0.62	128
2017-08-22 09:42:16 UTC	205	16.7	97	885.19	0.65	74	110.86	129
2017-08-22 09:45:20 UTC	206	16.8	96.3	885.18	0.64	73	105.97	129
2017-08-22 09:48:24 UTC	207	16.9	95.7	885.18	0.63	117	98.41	128
2017-08-22 09:51:29 UTC	208	17	95.6	885.15	0.62	117	0.62	128
2017-08-22 09:54:33 UTC	209	16.9	95.7	885.2	0.63	117	110.03	128
2017-08-22 09:57:36 UTC	210	17	95.6	885.28	0.65	122	112.02	128
2017-08-22 10:00:41 UTC	211	16.9	95.7	885.17	0.63	120	106.36	128
2017-08-22 10:03:44 UTC	212	16.9	95.6	885.23	0.63	117	111.22	127
2017-08-22 10:06:48 UTC	213	16.8	95.9	885.1	0.63	117	8.53	127
2017-08-22 10:09:52 UTC	214	16.8	95.9	885.15	0.64	119	0.62	128
2017-08-22 10:12:56 UTC	215	16.8	96	885.12	0.63	117	103.69	129
2017-08-22 10:15:59 UTC	216	16.9	94.7	885.19	0.63	116	10.44	128
2017-08-22 10:19:03 UTC	217	17	94.8	885.19	0.63	114	85.08	130
2017-08-22 10:22:08 UTC	218	16.9	94.5	885.19	0.63	117	116.08	129
2017-08-22 10:25:12 UTC	219	16.8	94.3	885.18	0.65	116	0.62	130
2017-08-22 10:28:15 UTC	220	16.8	93.7	885.17	0.63	116	109.47	131
2017-08-22 10:31:19 UTC	221	16.7	94.8	885.13	0.64	117	0.62	131
2017-08-22 10:34:23 UTC	222	16.6	95.1	885.19	0.62	117	104.11	128
2017-08-22 10:37:26 UTC	223	16.4	94.9	885.2	0.62	118	0.62	127
2017-08-22 10:40:31 UTC	224	16.4	95.2	885.22	0.64	123	0.62	126
2017-08-22 10:43:35 UTC	225	16.4	95.9	885.24	0.6	118	0.62	126
2017-08-22 10:46:39 UTC	226	16.5	95.3	885.34	0.62	119	102.99	126
2017-08-22 10:49:42 UTC	227	16.6	94.7	885.34	0.62	119	109.34	125
2017-08-22 10:52:46 UTC	228	16.5	95.6	885.4	0.61	122	124.28	125
2017-08-22 10:55:51 UTC	229	16.6	94.8	885.39	0.61	125	99.51	125
2017-08-22 10:58:54 UTC	230	16.6	94.9	885.43	0.61	136	77.07	124
2017-08-22 11:01:57 UTC	231	16.7	95	885.44	0.6	148	91.73	125
2017-08-22 11:05:01 UTC	232	16.7	94.9	885.39	0.61	181	9.38	124
2017-08-22 11:08:05 UTC	233	16.7	95.8	885.31	0.63	251	0.62	123
2017-08-22 11:11:09 UTC	234	16.6	94.4	885.3	0.61	347	0.62	123
2017-08-22 11:14:13 UTC	235	16.7	94.4	885.32	0.61	460	42.84	124
2017-08-22 11:17:17 UTC	236	16.7	95	885.38	0.63	559	106.84	125
2017-08-22 11:20:21 UTC	237	16.7	95.2	885.29	0.66	638	110.53	125
2017-08-22 11:23:25 UTC	238	16.6	95.3	885.28	0.69	702	111.92	127
2017-08-22 11:26:28 UTC	239	16.7	95.7	885.3	0.73	739	117.5	125
2017-08-22 11:29:32 UTC	240	16.5	95.6	885.32	0.77	763	7.14	126
2017-08-22 11:32:36 UTC	241	16.5	95.7	885.23	0.83	779	0.62	125
2017-08-22 11:35:40 UTC	242	16.9	94.9	885.29	0.91	782	0.62	124
2017-08-22 11:38:44 UTC	243	16.7	93.9	885.38	0.99	778	0.62	126
2017-08-22 11:41:48 UTC	244	16.9	94.2	885.33	1.08	783	101.83	126
2017-08-22 11:44:52 UTC	245	16.8	93.2	885.28	1.2	822	102.15	125
2017-08-22 11:47:56 UTC	246	16.6	94.7	885.29	1.31	827	120.31	124
2017-08-22 11:51:00 UTC	247	16.7	94.8	885.31	1.46	842	0.62	125
2017-08-22 11:54:04 UTC	248	16.8	94.4	885.4	1.55	837	101.12	125
2017-08-22 11:57:08 UTC	249	16.9	94.2	885.47	1.88	862	141.41	126
2017-08-22 12:00:12 UTC	250	17.2	93.2	885.51	1.84	851	0.62	126
2017-08-22 12:03:16 UTC	251	17.4	92.5	885.38	4.88	887	75.15	127
2017-08-22 12:06:21 UTC	252	18.5	88.8	885.29	6.61	888	0.62	127
2017-08-22 12:09:25 UTC	253	20.9	79.8	885.31	7.27	890	0.62	126
2017-08-22 12:12:28 UTC	254	22.7	73.1	885.39	7.27	890	49.57	127
2017-08-22 12:15:33 UTC	255	24.1	69.2	885.38	7.27	889	100.87	127
2017-08-22 12:18:36 UTC	256	25.4	65	885.42	7.27	890	0.62	126
2017-08-22 12:21:40 UTC	257	26.4	62.2	885.44	7.27	889	65.07	126
2017-08-22 12:24:44 UTC	258	27.7	59.6	885.47	7.27	889	0.62	126
2017-08-22 12:27:49 UTC	259	29.2	56	885.57	7.26	889	0.62	128

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-22 12:30:53 UTC	260	30.3	54	885.57	7.27	890	0.62	126
2017-08-22 12:33:57 UTC	261	31.5	51.4	886.18	7.26	890	66.66	126
2017-08-22 12:37:01 UTC	262	31.9	50.4	891.98	7.26	890	66.52	126
2017-08-22 12:40:05 UTC	263	32.3	49.7	886.57	7.26	891	70.97	126
2017-08-22 12:43:09 UTC	264	32.3	49.9	887.76	7.26	891	65.99	129
2017-08-22 12:46:13 UTC	265	32.2	49.9	889.42	7.26	891	77.85	128
2017-08-22 12:49:17 UTC	266	32.6	49.6	888.24	7.25	890	0.62	131
2017-08-22 12:52:21 UTC	267	33.5	48.5	887	7.26	891	64.86	127
2017-08-22 12:55:25 UTC	268	33.9	47.4	885.31	7.25	892	67.74	130
2017-08-22 12:58:29 UTC	269	34.3	46.3	884.3	7.24	891	0.62	131
2017-08-22 13:01:33 UTC	270	35.3	45.4	883.71	7.25	891	0.62	129
2017-08-22 13:04:37 UTC	271	35.4	45.4	882.87	7.26	893	197.46	128
2017-08-22 13:07:41 UTC	272	35.8	45.1	882.1	7.26	895	25.95	122
2017-08-22 13:10:44 UTC	273	36.8	43.4	881.51	7.27	896	81.47	122
2017-08-22 13:13:48 UTC	274	36.1	43.9	881.11	7.27	894	55.99	122
2017-08-22 13:16:52 UTC	275	36.4	43.1	880.74	7.28	896	0.62	119
2017-08-22 13:19:56 UTC	276	36.8	43.2	880.63	7.27	893	6.04	126
2017-08-22 13:22:59 UTC	277	38.2	41.3	880.51	7.27	893	27.41	122
2017-08-22 13:26:03 UTC	278	38.6	39.6	880.39	7.29	897	273.91	120
2017-08-22 13:29:07 UTC	279	38.3	39.7	880.5	7.28	895	88.71	118
2017-08-22 13:32:11 UTC	280	39.3	38.5	880.73	7.28	895	442.78	121
2017-08-22 13:35:15 UTC	281	39.9	38.3	880.98	7.28	894	96.32	122
2017-08-22 13:38:19 UTC	282	40.7	36.4	1782.16	7.33	905	0.62	109
2017-08-22 13:41:23 UTC	283	41.1	36.7	881.56	7.33	904	0.62	108
2017-08-22 13:44:27 UTC	284	40.9	37	882.12	7.3	891	87.95	121
2017-08-22 13:50:36 UTC	285	38.9	38.9	886.09	6.23	881	9.17	115
2017-08-22 13:53:40 UTC	286	33.9	45.9	886.16	6.16	884	0.62	111
2017-08-22 13:56:44 UTC	287	31.9	51.8	886.21	6.12	885	11.51	108
2017-08-22 13:59:47 UTC	288	30.9	52.6	886.17	6.19	875	12.99	119
2017-08-22 14:02:51 UTC	289	29.8	57.8	886.1	6.15	877	20.36	123
2017-08-22 14:05:55 UTC	290	29.7	55.5	886.11	6.15	876	229.87	122
2017-08-22 14:08:59 UTC	291	29.1	58.2	886.15	6	886	0.62	109
2017-08-22 14:12:03 UTC	292	28.8	59.5	886.16	5.96	886	0.62	107
2017-08-22 14:15:08 UTC	293	28.8	60.1	886.16	5.97	883	16.59	107
2017-08-22 14:18:11 UTC	294	28.5	60.3	886.21	5.98	878	232.92	125
2017-08-22 14:21:15 UTC	295	28.1	62	886.13	5.86	885	0.62	111
2017-08-22 14:24:20 UTC	296	27.5	64.4	886.15	5.81	885	0.62	109
2017-08-22 14:27:24 UTC	297	27.3	63.8	886.21	5.88	875	0.62	117
2017-08-22 14:30:28 UTC	298	26.8	64.5	886.16	5.9	875	194.31	122
2017-08-22 14:33:31 UTC	299	26.5	68.3	886.18	5.84	874	1.32	123
2017-08-22 14:36:35 UTC	300	26.6	66.2	886.07	5.72	883	0.62	109
2017-08-22 14:39:40 UTC	301	26.5	68.1	886.16	5.71	884	0.62	107
2017-08-22 14:42:44 UTC	302	26.4	67.7	886.17	5.69	883	0.62	106
2017-08-22 14:45:48 UTC	303	26.4	67.9	886.13	5.8	870	0.62	122
2017-08-22 14:48:52 UTC	304	26.6	67.7	886.15	5.63	882	0.62	108
2017-08-22 14:51:57 UTC	305	26.7	67.2	886.22	5.69	881	0.62	108
2017-08-22 14:55:01 UTC	306	26.9	66.9	886.21	5.67	881	0.62	106
2017-08-22 14:58:05 UTC	307	26.6	67.1	886.16	5.62	881	0.62	107
2017-08-22 15:01:10 UTC	308	26.4	67.3	886.16	5.6	881	0.62	104
2017-08-22 15:04:14 UTC	309	26.3	65.9	886.27	5.64	880	0.62	104
2017-08-22 15:07:19 UTC	310	26.1	65.8	886.2	5.59	880	0.62	105
2017-08-22 15:10:23 UTC	311	26.3	67.6	886.23	5.59	880	0.62	103
2017-08-22 15:13:27 UTC	312	26.1	65.8	886.31	5.59	879	0.62	103
2017-08-22 15:16:31 UTC	313	26.3	66.2	886.27	5.57	879	0.62	105
2017-08-22 15:19:36 UTC	314	26.6	65.3	886.33	5.57	879	0.62	107
2017-08-22 15:22:41 UTC	315	26.1	69.5	886.29	5.54	878	0.62	105
2017-08-22 15:25:44 UTC	316	25.9	69.1	886.28	5.52	879	0.62	105
2017-08-22 15:28:48 UTC	317	25.9	67.2	886.26	5.6	867	90.5	116
2017-08-22 15:31:52 UTC	318	25.7	68.4	886.23	5.48	877	0.62	105
2017-08-22 15:34:56 UTC	319	25.9	69.4	886.19	5.5	876	0.62	105
2017-08-22 15:38:00 UTC	320	25.6	68.6	886.11	5.45	876	0.62	105
2017-08-22 15:41:04 UTC	321	25.6	70.3	886.16	5.44	875	0.62	105
2017-08-22 15:44:09 UTC	322	25.6	71	886.1	5.48	876	0.62	105
2017-08-22 15:47:13 UTC	323	25.6	71.5	886.1	5.35	876	0.62	106
2017-08-22 15:50:18 UTC	324	25.5	71.1	886.08	5.34	875	0.62	109
2017-08-22 15:53:22 UTC	325	25.7	70.6	886.14	5.35	874	133.46	110
2017-08-22 15:56:25 UTC	326	25.9	71.7	886.05	5.34	875	327.22	110
2017-08-22 15:59:29 UTC	327	25.6	70	885.99	5.35	874	0.62	109
2017-08-22 16:02:34 UTC	328	25.8	70.8	886.03	5.33	875	0.62	109
2017-08-22 16:05:38 UTC	329	25.8	71.5	886.05	5.33	875	0.62	108
2017-08-22 16:08:42 UTC	330	25.5	70.2	885.99	5.48	874	0.62	107
2017-08-22 16:11:46 UTC	331	25.7	71.1	886.03	5.48	864	0.62	121
2017-08-22 16:14:51 UTC	332	25.7	70.1	886.06	5.37	875	0.62	109
2017-08-22 16:17:55 UTC	333	25.9	70.1	885.96	5.36	876	0.62	107
2017-08-22 16:20:59 UTC	334	26	68.9	885.92	5.36	875	0.62	103
2017-08-22 16:24:04 UTC	335	25.9	68.8	885.95	5.36	874	0.62	106
2017-08-22 16:27:08 UTC	336	26.1	68.9	885.91	5.36	875	0.62	107
2017-08-22 16:30:12 UTC	337	26	68.8	885.92	5.32	875	0.62	107
2017-08-22 16:33:16 UTC	338	25.7	68.9	885.83	5.39	876	0.62	104
2017-08-22 16:36:20 UTC	339	26	69.4	885.89	5.25	912	22.51	105
2017-08-22 16:39:24 UTC	340	25.9	69.9	885.97	5.23	911	171.89	106
2017-08-22 16:42:28 UTC	341	26.1	69.9	885.95	5.23	885	0.62	110
2017-08-22 16:45:32 UTC	342	25.7	69.8	885.97	5.2	895	40.23	107
2017-08-22 16:48:36 UTC	343	25.9	70.2	885.95	5.33	887	0.62	120
2017-08-22 16:51:40 UTC	344	26.3	69.1	885.85	5.38	886	286.05	120
2017-08-22 16:54:43 UTC	345	26.4	69	885.9	5.18	901	139.23	109
2017-08-22 16:57:47 UTC	346	26.3	68	885.92	5.17	903	48.21	113
2017-08-22 17:00:51 UTC	347	26.1	69.4	885.83	5.15	905	14.14	112
2017-08-22 17:03:54 UTC	348	26.2	68.8	885.84	5.15	903	18.5	110

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-22 17:06:58 UTC	349	26.2	67.3	885.78	5.16	904	0.62	111
2017-08-22 17:10:03 UTC	350	25.9	67.7	885.81	5.19	905	112.86	109
2017-08-22 17:13:07 UTC	351	26	69.3	885.74	5.4	909	96.1	111
2017-08-22 17:16:11 UTC	352	26.2	69.2	885.68	5.41	910	0.62	112
2017-08-22 17:19:15 UTC	353	26.4	69.2	885.7	5.51	912	0.62	112
2017-08-22 17:22:20 UTC	354	26.7	68.3	885.56	5.64	913	0.62	113
2017-08-22 17:25:25 UTC	355	26.6	66.3	885.61	5.72	912	582.8	111
2017-08-22 17:28:28 UTC	356	26.7	67.2	885.56	5.7	912	213.78	107
2017-08-22 17:31:33 UTC	357	26.9	66.6	885.56	5.55	910	0.62	112
2017-08-22 17:34:37 UTC	358	27.1	66.1	885.52	5.52	913	0.62	114
2017-08-22 17:37:40 UTC	359	27.2	67.3	885.45	5.59	909	105.08	129
2017-08-22 17:40:44 UTC	360	27.5	65.9	885.53	5.46	902	52.95	129
2017-08-22 17:43:48 UTC	361	26.9	66.8	885.53	5.49	901	918.46	129
2017-08-22 17:46:52 UTC	362	26.5	67.3	885.46	5.3	900	0.62	129
2017-08-22 17:49:57 UTC	363	26.5	68.7	885.46	5.4	900	0.62	129
2017-08-22 17:53:01 UTC	364	26.8	67.5	885.48	5.4	899	0.62	129
2017-08-22 17:56:05 UTC	365	26.5	68.6	885.38	5.39	898	95.75	128
2017-08-22 17:59:08 UTC	366	26.7	69.1	885.45	5.57	897	99.89	128
2017-08-22 18:02:14 UTC	367	26.5	68.7	885.4	5.74	897	102.76	127
2017-08-22 18:05:16 UTC	368	26.3	69	885.35	5.82	899	48.73	128
2017-08-22 18:08:20 UTC	369	26.5	68.8	885.29	5.72	901	336.86	131
2017-08-22 18:11:24 UTC	370	26.6	68.3	885.35	5.65	900	245.8	132
2017-08-22 18:14:28 UTC	371	26.9	68	885.26	5.81	901	108.92	128
2017-08-22 18:17:32 UTC	372	27.1	67	885.29	5.73	900	233.46	124
2017-08-22 18:20:35 UTC	373	27.3	66.2	885.29	5.74	901	47.79	124
2017-08-22 18:23:39 UTC	374	27.2	65.8	885.16	5.78	901	84.85	124
2017-08-22 18:26:43 UTC	375	27.8	65.5	885.18	5.72	901	94.25	124
2017-08-22 18:29:47 UTC	376	28.4	65.1	885.11	5.54	900	34.97	123
2017-08-22 18:32:51 UTC	377	28.1	63.8	885.07	5.42	897	128.15	124
2017-08-22 18:35:54 UTC	378	27.7	65.6	885.01	5.44	897	3.85	125
2017-08-22 18:38:58 UTC	379	27.5	65	884.93	5.53	898	114.79	124
2017-08-22 18:42:03 UTC	380	27.6	65.7	884.94	5.71	899	283.38	124
2017-08-22 18:45:07 UTC	381	27.4	65	884.9	5.49	898	0.62	125
2017-08-22 18:48:12 UTC	382	27.9	65.1	884.85	5.43	898	262.18	124
2017-08-22 18:51:14 UTC	383	27.6	64.9	884.91	5.54	900	89.95	124
2017-08-22 18:54:18 UTC	384	27.5	66.4	884.81	5.46	900	10.95	124
2017-08-22 18:57:21 UTC	385	27.5	67.2	884.9	5.28	899	42.73	125
2017-08-22 19:00:25 UTC	386	27.4	66.7	884.81	5.17	899	96.63	124
2017-08-22 19:03:29 UTC	387	27.5	66.7	884.79	5.09	899	101.73	124
2017-08-22 19:06:33 UTC	388	27.6	66.5	884.69	4.84	899	22.92	124
2017-08-22 19:09:37 UTC	389	27.2	66.5	884.67	4.76	899	0.62	123
2017-08-22 19:12:41 UTC	390	27.2	66.9	884.69	4.85	900	0.62	123
2017-08-22 19:15:45 UTC	391	27.4	66.6	884.59	5	902	131.3	123
2017-08-22 19:18:49 UTC	392	27.5	68	884.6	4.94	902	99.15	122
2017-08-22 19:21:53 UTC	393	27.3	67.1	884.56	4.98	901	226.98	123
2017-08-22 19:24:57 UTC	394	27	70	884.55	5.06	901	0.62	124
2017-08-22 19:28:00 UTC	395	26.9	68.7	884.49	5.2	901	22.87	124
2017-08-22 19:31:04 UTC	396	26.9	69.7	884.41	5.2	901	300.29	125
2017-08-22 19:34:08 UTC	397	26.6	70.4	884.43	5.13	902	23.54	124
2017-08-22 19:37:12 UTC	398	27	70.1	884.31	5.42	908	0.62	124
2017-08-22 19:40:17 UTC	399	27	68.7	884.28	5.39	907	320.6	123
2017-08-22 19:43:20 UTC	400	27.1	68.4	884.19	5.23	906	172.52	123
2017-08-22 19:46:24 UTC	401	27.2	67.9	884.23	5.22	905	0.62	124
2017-08-22 19:49:28 UTC	402	27.4	68.8	884.14	4.91	898	94.51	124
2017-08-22 19:52:32 UTC	403	27.1	68.3	884.25	4.83	897	109.46	125
2017-08-22 19:55:36 UTC	404	26.7	70.1	884.12	4.79	899	0.62	124
2017-08-22 19:58:40 UTC	405	26.7	68.4	884.27	4.84	902	256.64	126
2017-08-22 20:01:44 UTC	406	26.9	70.5	884.31	4.5	900	0.62	126
2017-08-22 20:04:47 UTC	407	26.8	71.4	884.35	4.38	900	70.52	127
2017-08-22 20:07:51 UTC	408	26.7	73	884.31	4.09	898	161.26	127
2017-08-22 20:10:55 UTC	409	26.7	73.2	884.38	2.95	895	70.27	128
2017-08-22 20:13:59 UTC	410	26.6	74.8	884.42	2.07	883	74.47	128
2017-08-22 20:17:03 UTC	411	26.2	77.2	884.45	2.77	891	0.62	127
2017-08-22 20:20:08 UTC	412	26.1	77.5	884.49	3.04	890	0.62	128
2017-08-22 20:23:11 UTC	413	25.9	78	884.51	2.23	882	76.09	129
2017-08-22 20:26:15 UTC	414	25.8	78	884.59	1.68	871	80.31	129
2017-08-22 20:29:19 UTC	415	25.7	78.4	884.56	1.75	869	0.62	129
2017-08-22 20:32:23 UTC	416	25.7	78.6	884.49	1.7	865	0.62	128
2017-08-22 20:35:28 UTC	417	25.7	78.7	884.44	1.6	863	0.62	128
2017-08-22 20:38:32 UTC	418	25.5	79.5	884.39	1.35	853	75.82	128
2017-08-22 20:41:36 UTC	419	25.4	80	884.4	1.29	844	92.33	127
2017-08-22 20:44:39 UTC	420	25.3	80.3	884.32	1.33	845	74	127
2017-08-22 20:47:43 UTC	421	25.3	80.2	884.34	1.48	848	118.8	127
2017-08-22 20:50:47 UTC	422	25.3	82.1	884.32	1.79	857	0.62	127
2017-08-22 20:53:51 UTC	423	25	81.9	884.27	1.87	855	109.75	127
2017-08-22 20:56:55 UTC	424	25.4	79.9	884.23	1.96	857	77.87	126
2017-08-22 20:59:59 UTC	425	25.5	79.4	884.24	2.35	867	146.79	127
2017-08-22 21:03:04 UTC	426	25.5	79.3	884.21	2.55	874	87.15	127
2017-08-22 21:06:07 UTC	427	25.4	78.2	884.22	2.64	880	105.54	127
2017-08-22 21:09:10 UTC	428	25.4	78.8	884.21	2.84	886	77.22	128
2017-08-22 21:12:14 UTC	429	25.3	78.1	884.13	3.02	890	85.59	127
2017-08-22 21:15:18 UTC	430	25.1	79	884.21	2.87	891	5.97	126
2017-08-22 21:18:22 UTC	431	25.1	78.6	884.28	2.84	892	101.66	125
2017-08-22 21:21:26 UTC	432	25.3	78	884.21	2.86	893	110.33	125
2017-08-22 21:24:30 UTC	433	25.4	77.4	884.29	2.78	893	121.62	126
2017-08-22 21:27:34 UTC	434	25.4	77.7	884.23	2.95	892	0.62	126
2017-08-22 21:30:38 UTC	435	25.3	78	884.19	3.22	893	99.94	128
2017-08-22 21:33:42 UTC	436	25.2	78.8	884.17	3.04	892	65.63	128
2017-08-22 21:36:45 UTC	437	25.1	79.7	884.18	2.41	883	14.71	127

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-22 21:39:49 UTC	438	25	80.1	884.21	2.25	876	100.47	128
2017-08-22 21:42:54 UTC	439	24.9	81.1	884.26	1.78	876	96.69	127
2017-08-22 21:45:57 UTC	440	24.8	81.5	884.22	1.93	876	29.09	125
2017-08-22 21:49:01 UTC	441	25	81	884.29	1.97	874	80.05	127
2017-08-22 21:52:04 UTC	442	25	81.2	884.23	1.96	868	105.82	127
2017-08-22 21:55:09 UTC	443	24.9	81.5	884.18	1.9	869	0.62	127
2017-08-22 21:58:13 UTC	444	24.8	81.8	884.17	1.62	862	95.97	127
2017-08-22 22:01:17 UTC	445	24.7	81.9	884.26	1.39	856	121.63	125
2017-08-22 22:04:20 UTC	446	24.8	81.7	884.19	1.09	839	112.4	127
2017-08-22 22:07:24 UTC	447	24.7	82	884.33	1.02	836	80.56	128
2017-08-22 22:10:28 UTC	448	24.6	82.8	884.27	0.75	793	98.39	129
2017-08-22 22:13:32 UTC	449	24.5	83.2	884.37	0.76	802	0.62	128
2017-08-22 22:16:36 UTC	450	24.4	83.6	884.34	0.77	806	0.62	128
2017-08-22 22:19:41 UTC	451	24.4	83.8	884.45	0.84	825	0.62	129
2017-08-22 22:22:45 UTC	452	24.5	83.6	884.45	0.8	807	103.43	128
2017-08-22 22:25:49 UTC	453	24.4	84	884.35	0.8	794	0.62	129
2017-08-22 22:28:53 UTC	454	24.4	83.9	884.45	0.77	790	96.7	126
2017-08-22 22:31:57 UTC	455	24.3	84.3	884.44	0.83	797	92.98	128
2017-08-22 22:35:01 UTC	456	24.1	85.1	884.34	0.87	804	109.28	128
2017-08-22 22:38:04 UTC	457	24.3	84.4	884.37	0.83	797	105.62	129
2017-08-22 22:41:08 UTC	458	24.3	84.2	884.43	0.81	788	136.5	129
2017-08-22 22:44:12 UTC	459	24.3	84.2	884.45	0.74	768	108.06	129
2017-08-22 22:47:16 UTC	460	24.3	84.8	884.43	0.74	772	0.62	129
2017-08-22 22:50:20 UTC	461	24.1	84.9	884.39	0.75	789	105.9	130
2017-08-22 22:53:24 UTC	462	23.9	85.7	884.39	0.79	795	77.85	130
2017-08-22 22:56:28 UTC	463	24.1	84.9	884.35	0.77	781	106.07	130
2017-08-22 22:59:32 UTC	464	24.3	84.3	884.37	0.71	759	0.62	130
2017-08-22 23:02:36 UTC	465	24.3	84.1	884.35	0.7	778	0.62	129
2017-08-22 23:05:40 UTC	466	23.9	85.7	884.41	0.7	780	28.78	129
2017-08-22 23:08:44 UTC	467	24.1	84.6	884.4	0.67	773	0.62	129
2017-08-22 23:11:49 UTC	468	24.2	84.1	884.39	0.68	763	94.48	129
2017-08-22 23:14:53 UTC	469	24.2	84	884.45	0.65	737	0.62	130
2017-08-22 23:17:57 UTC	470	24.3	83.7	884.52	0.63	690	47.04	128
2017-08-22 23:21:01 UTC	471	23.9	85	884.48	0.62	655	82.3	128
2017-08-22 23:24:05 UTC	472	24.1	84.4	884.49	0.6	640	103.6	128
2017-08-22 23:27:09 UTC	473	24.2	83.8	884.48	0.6	621	90.21	128
2017-08-22 23:30:12 UTC	474	24.3	83.6	884.5	0.59	601	76.8	128
2017-08-22 23:33:17 UTC	475	24.3	83.5	884.5	0.58	582	118.58	129
2017-08-22 23:36:21 UTC	476	24.3	83.5	884.54	0.58	554	0.62	130
2017-08-22 23:39:25 UTC	477	24.2	83.6	884.53	0.6	581	0.62	129
2017-08-22 23:42:29 UTC	478	24.1	84	884.51	0.61	602	0.62	129
2017-08-22 23:45:33 UTC	479	24.1	84	884.5	0.59	571	0.62	129
2017-08-22 23:48:37 UTC	480	24.1	83.9	884.43	0.59	540	103.71	128
2017-08-22 23:51:41 UTC	481	24.2	83.8	884.35	0.57	493	106.23	129
2017-08-22 23:54:45 UTC	482	24.2	83.7	884.42	0.54	399	70.12	128
2017-08-22 23:57:49 UTC	483	24.1	83.8	884.5	0.53	308	91.75	127
2017-08-23 00:00:53 UTC	484	24.2	83.5	884.48	0.53	237	0.62	129
2017-08-23 00:03:57 UTC	485	24.2	83.6	884.4	0.53	200	0.62	130
2017-08-23 00:07:01 UTC	486	24.1	83.6	884.55	0.53	164	49.56	128
2017-08-23 00:10:05 UTC	487	24.1	83.8	884.58	0.53	151	89.79	129
2017-08-23 00:13:09 UTC	488	24.1	83.7	884.65	0.53	117	49.05	129
2017-08-23 00:16:13 UTC	489	24.1	83.7	884.75	0.53	115	0.62	130
2017-08-23 00:19:17 UTC	490	24.1	83.6	884.83	0.53	113	73.9	128
2017-08-23 00:22:21 UTC	491	24.1	83.5	884.88	0.53	162	63.03	128
2017-08-23 00:25:25 UTC	492	24.2	83.4	884.77	0.53	116	83.88	129
2017-08-23 00:28:29 UTC	493	24.1	83.2	884.79	0.53	112	68.71	127
2017-08-23 00:31:33 UTC	494	24	83.6	884.82	0.53	110	114.11	127
2017-08-23 00:34:37 UTC	495	24	83.8	884.95	0.53	124	0.62	128
2017-08-23 00:37:41 UTC	496	24	85.1	884.95	0.53	120	0.62	128
2017-08-23 00:40:45 UTC	497	24	83.9	885.03	0.52	120	0.62	128
2017-08-23 00:43:49 UTC	498	23.9	83.8	885.03	0.53	117	85.46	128
2017-08-23 00:46:53 UTC	499	23.9	84.1	885.02	0.53	114	95.62	127
2017-08-23 00:49:57 UTC	500	23.9	84.2	884.96	0.52	115	104.57	127
2017-08-23 00:53:02 UTC	501	23.9	84.2	884.97	0.53	115	0.62	127
2017-08-23 00:56:06 UTC	502	23.9	84.2	885.15	0.53	115	0.62	129
2017-08-23 00:59:10 UTC	503	23.9	84.5	885.23	0.53	115	0.62	129
2017-08-23 01:02:14 UTC	504	23.8	84.7	885.19	0.52	115	131.91	129
2017-08-23 01:05:18 UTC	505	23.7	84.8	885.25	0.52	114	121.54	127
2017-08-23 01:08:22 UTC	506	23.7	85	885.15	0.52	115	0.62	128
2017-08-23 01:11:26 UTC	507	23.8	84.7	885.09	0.52	115	105.33	127
2017-08-23 01:14:29 UTC	508	23.7	84.7	885.11	0.52	114	96.06	127
2017-08-23 01:17:34 UTC	509	23.8	84.6	885.2	0.52	114	0.62	126
2017-08-23 01:20:38 UTC	510	23.8	84.5	885.13	0.52	113	0.62	125
2017-08-23 01:23:42 UTC	511	23.8	84.5	885.12	0.53	111	115.61	126
2017-08-23 01:26:46 UTC	512	23.6	85.3	885.14	0.52	110	0.62	128
2017-08-23 01:29:50 UTC	513	23.7	84.7	885.22	0.52	110	105.49	129
2017-08-23 01:32:54 UTC	514	23.7	84.6	885.27	0.52	109	69.17	127
2017-08-23 01:35:58 UTC	515	23.6	84.9	885.3	0.51	109	0.62	128
2017-08-23 01:39:01 UTC	516	23.5	85.1	885.42	0.51	109	42.07	130
2017-08-23 01:42:05 UTC	517	23.6	84.7	885.52	0.51	109	251.5	131
2017-08-23 01:45:10 UTC	518	23.7	84.7	885.46	0.52	108	0.62	132
2017-08-23 01:48:14 UTC	519	23.7	84.5	885.48	0.52	108	0.62	132
2017-08-23 01:51:18 UTC	520	23.7	84.5	885.5	0.52	108	89	132
2017-08-23 01:54:21 UTC	521	23.7	84.7	885.48	0.52	107	99.68	131
2017-08-23 01:57:25 UTC	522	23.7	84.8	885.53	0.52	107	122.38	129
2017-08-23 02:00:29 UTC	523	23.6	85.3	885.5	0.51	107	111.16	129
2017-08-23 02:03:33 UTC	524	23.2	87.4	885.5	0.52	104	110.05	136
2017-08-23 02:06:37 UTC	525	23.3	87.1	885.59	0.51	106	0.62	138
2017-08-23 02:09:41 UTC	526	23.5	85.9	885.55	0.51	108	0.62	136

Fecha / Hora (UTC)	Entrada	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m²)	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
2017-08-23 02:12:46 UTC	527	23.6	85.6	885.62	0.51	107	0.62	137
2017-08-23 02:15:49 UTC	528	23.6	85.8	885.69	0.52	117	257.39	137
2017-08-23 02:18:54 UTC	529	23.7	85.2	885.75	0.51	114	0.62	133
2017-08-23 02:21:57 UTC	530	23.6	86.3	885.67	0.51	114	81.21	161
2017-08-23 02:25:02 UTC	531	23.3	86.8	885.74	0.52	113	0.62	152
2017-08-23 02:28:06 UTC	532	23.1	88.3	885.74	0.51	117	0.62	158
2017-08-23 02:31:09 UTC	533	23.3	87.4	885.79	0.53	115	82.2	155
2017-08-23 02:34:14 UTC	534	23.5	86.4	885.82	0.51	107	0.62	150
2017-08-23 02:37:18 UTC	535	23.6	86.5	885.85	0.52	107	0.62	149

Tabla 8: Datos obtenidos durante la prueba del 21 y 22 de Agosto.

La tabulación de datos generan interesantes referencias, las cuales se detallan a continuación:

Análisis	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%RH)	Presión Barométrica (hPa)	Radiación Ultravioleta (mW/m <sup>2</sup> )	Intensidad Luminosa (Lux)	Concentración de partículas de polvo en el ambiente (ppm/cf)	Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
Cantidad de datos	535	535	535	535	535	535	535
Promedio	22.99	81.42	885.32	2.32	459.13	63.02	124.46
Valor Máximo Registrado	41.10	97.00	891.98	7.33	913.00	918.46	177.00
Fecha y Hora del evento	2017-08-22 13:41:23 UTC	2017-08-22 09:20:48 UTC	2017-08-22 12:37:01 UTC	2017-08-22 13:38:19 UTC	2017-08-22 17:22:20 UTC	2017-08-22 17:43:48 UTC	2017-08-21 23:10:29 UTC
Valor Mínimo Registrado	16.40	36.40	880.39	0.51	48.00	0.00	103.00
Fecha y Hora del evento	2017-08-22 10:37:26 UTC	2017-08-22 13:38:19 UTC	2017-08-22 13:26:03 UTC	2017-08-23 01:35:58 UTC	2017-08-22 07:33:32 UTC	2017-08-21 23:10:29 UTC	2017-08-22 15:10:23 UTC
Mediana	23.6	85.1	885.34	0.79	237	49.56	126

Tabla 9: Análisis de datos del muestreo realizado los días 21 y 22 de agosto.

Fuente: Construcción propia.

La anterior tabla refleja los datos que interesan a los empresarios de E.R. Servicios de Heredia, no hay que olvidar que esta plataforma es un prototipo y lo que buscamos demostrar es la funcionalidad de la herramienta como tal, ya que en la práctica no es suficiente un solo muestreo en una época del año, sino que se deben tomar otras muestras a lo largo del año con características típicas distintas de lluvias, vientos, sol y temperaturas que ocurren en las diferentes periodos del año.



Figura 56: Análisis gráfico completo del muestreo realizado el 21 y 22 de agosto.

Fuente: Construcción propia extraída de Thingspeak (Canal 215841).

### 5.6.1) Verificación y demostración de calidad en las pruebas.

Con el objetivo de comprobar que existe concordancia en los datos que arroja la estación se harán unas comparaciones que evidencian la confiabilidad y sostenibilidad a lo largo del tiempo; esto es de suma importancia puesto que es uno de los objetivos planteados en esta investigación y es de los aspectos que se identificaron como importantes en el Capítulo 4 de diagnóstico, donde los expertos en la materia aseguraron que es una circunstancia de interés para un desarrollador, inversionista o investigador. Seguidamente se analizarán algunas relaciones que existen y se observará algunas coincidencias que nos permiten ver la funcionalidad de la estación y la concordancia de los datos que reflejen, para esta tarea se usarán los datos que se obtuvieron durante la prueba ejecutada el 21 y 22 de agosto del 2017.

#### 5.6.1.1) Concordancia de interacciones entre variables.

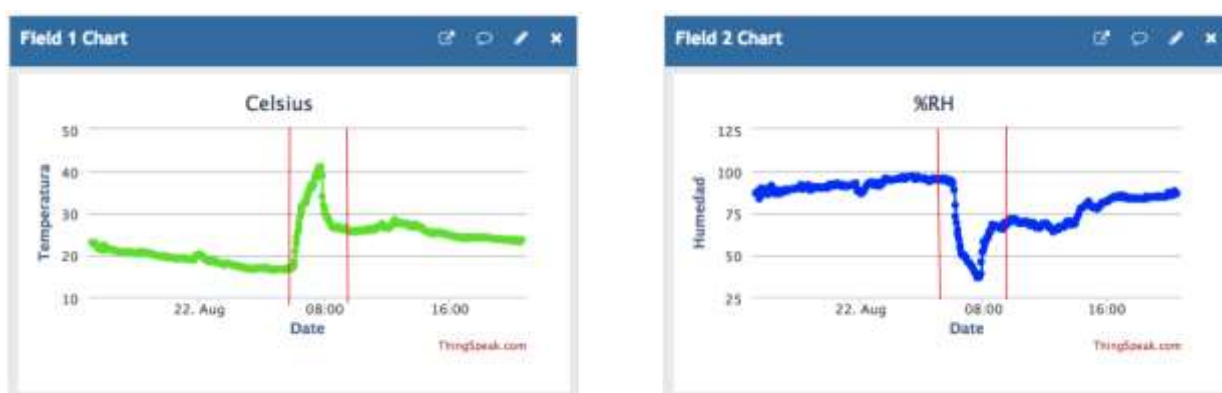


Figura 57: Análisis del comportamiento entre la temperatura y la humedad relativa.

Fuente: Construcción propia.

Se observa en la figura la conducta entre las variables climáticas de temperatura y humedad relativa; los cursores en rojo demuestran un comportamiento particular al amanecer, en el momento que sale el sol comienza a aumentar la temperatura y con ello a disminuir la humedad, el fenómeno se observa con facilidad en la gráfica, conforme empiezan a aparecer las primeras lluvias del día la temperatura decrece paulatinamente mientras que la humedad aumenta.

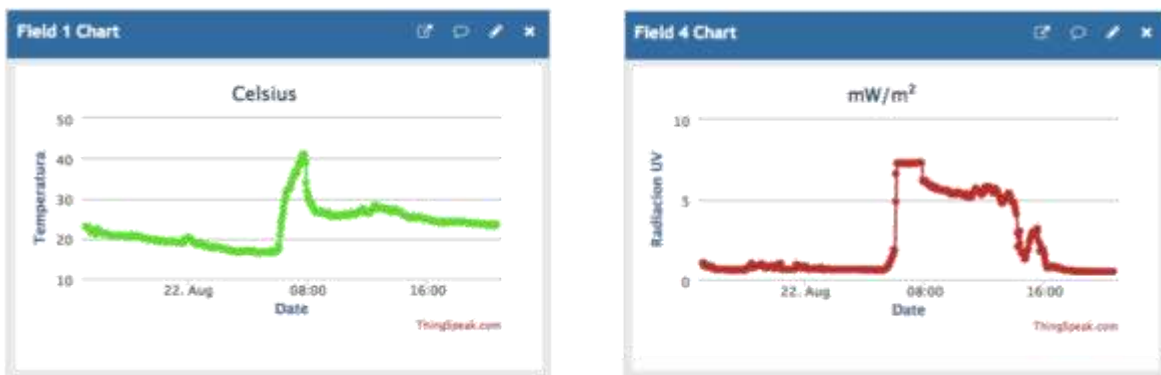


Figura 58: Análisis del comportamiento entre la temperatura y radiación UV.

Fuente: Construcción propia.

Existe mucha relación entre estas dos variables por el hecho de que la radiación de los rayos UV tiene que ver directamente con la incidencia de los rayos del sol y su presencia en forma de energía lumínica y energía calórica. El sensor de temperatura se colocó en dirección al oriente donde nace el sol, por eso cuando sale el sol en las primeras horas de la mañana hay un pico en la temperatura y la incidencia de rayos ultravioleta y conforme avanzan las horas del día empieza a descender los valores, corroborando así la confiabilidad de los datos.



Figura 59: Análisis del comportamiento de la intensidad luminosa.

Fuente: Construcción propia.

El gráfico anterior muestra el comportamiento de la influencia del sol en la intensidad luminosa que proporcionan “horas luz” y en su contraparte “horas oscuridad”, se observa una cantidad de tiempo prácticamente igual entre el día y la noche típica de las regiones tropicales y demuestra la rápida transición entre una fase y otra, ésta variable es importante para efectos de investigación, ya que podemos monitorear la cantidad de horas luz a la que se exponen los cultivos.

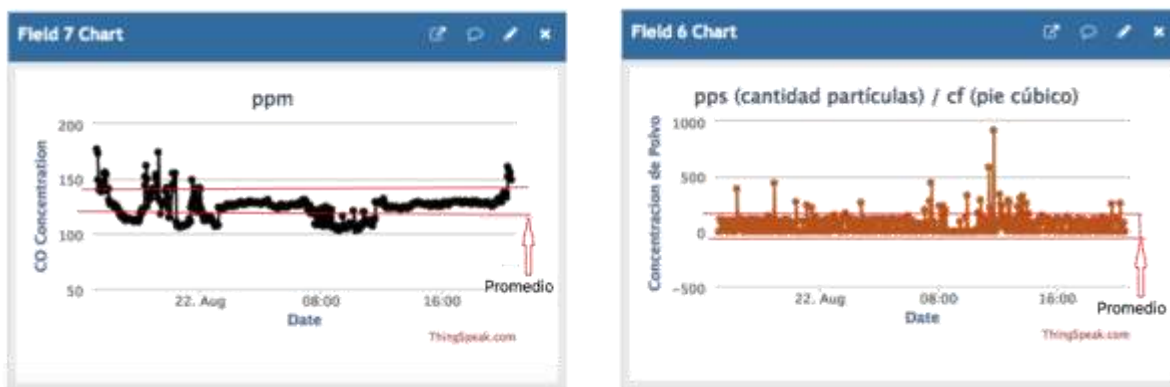


Figura 60: Análisis del comportamiento de la concentración de polvo y de CO.

Fuente: Construcción propia.

Con respecto a las variables ambientales relacionadas con la polución podemos asegurar que tanto en la concentración de partículas de polvo en el ambiente como de monóxido de carbono se mantienen muy estables tomando en cuenta que el muestreo se hizo en un terreno donde hay poca manifestación de polución debido a la lejanía con zonas de riesgo como carreteras, ciudades, construcciones o cualquier elemento que pueda generar aumento de partículas, lo cual es consecuente con la realidad.

### 5.6.2) Aplicación móvil.

Una de las grandes ventajas de Thingspeak es que tiene una interfaz de consulta por medio de una aplicación móvil para Smartphones, Tables y iPad, tanto para el sistema operativo iOS como para Android, lo cual supone ser una inmensa ventaja ya que son dispositivos de uso cotidiano y de fácil acceso. A continuación se muestra la interfaz de consulta por medio de la app de iOS.



Figura 61: Pantalla de configuración general.

Fuente: Aplicación móvil de Thingspeak (iOS).

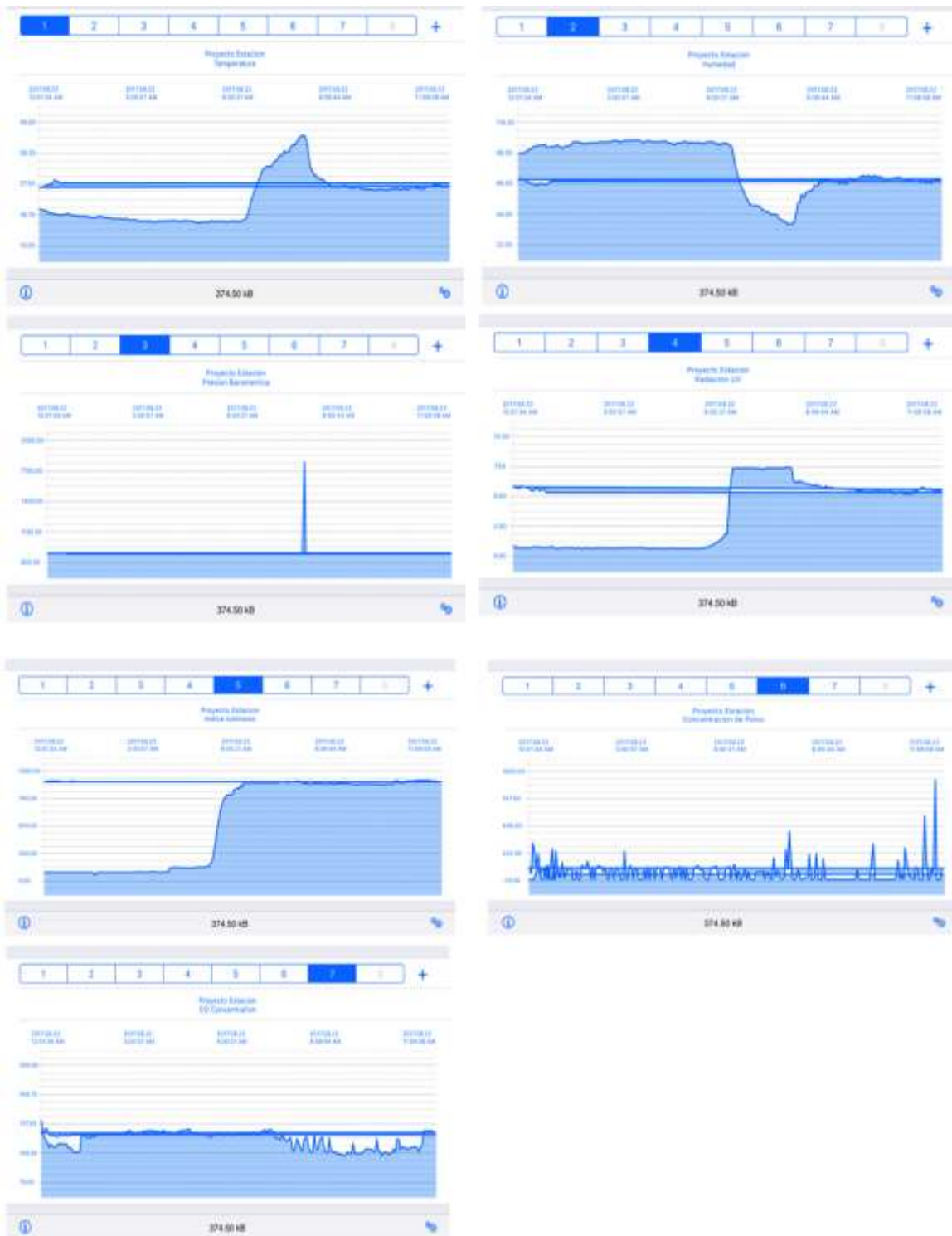


Figura 62: Visualización de la estación de monitoreo.

Fuente: Aplicación móvil de Thingspeak (iOS).

## 5.7) COSTOS.

Componente	arca	Modelo	Cantidad	Precio final	Tienda
Arduino	Arduino	UNO	1	\$28.20	CR Cibernética
ESP8266	Empressif	(ESP-01)	1	\$8.98	CR Cibernética
Sensor Temperatura y Humedad Relativa	AOSONG	AM2302	1	\$13.50	CR Cibernética
Sensor de luz	ITEAD	SEN-CB0061	1	\$3.40	CR Cibernética
Sensor UV	ITEAD	IM150521004	1	\$10.11	Amazon
Sensor de partículas de polvo	SEEED	PPD42NS	1	\$28.25	Seeed Sensors
Sensor de presión Barométrica	SparkFun	BMP180	1	\$28.99	Sparkfun
Sensor de Monóxido de Carbono	HANWEI ELECTRONICS	FC-22	1	\$10.16	Amazon
Resistencia 1.2 KΩ	-	-	3	\$5.00	CR Cibernética
Cables Jumper (male to female)	SparkFun	CAB-F2F40	1	\$5.00	CR Cibernética
Diodos LED	-	-	3	\$4.00	CR Cibernética
Cable USB A to B	-	CAB-00512	1	\$7.00	CR Cibernética
<b>Subtotal</b>				<b>\$152.59</b>	

Mano de obra	Horas	Precio final
Diseño	12	\$120
Montaje	8	\$80
Instalación	20	\$200
Pruebas	72	\$720
Subtotal	112	\$1120
<b>Gran Total</b>		<b>\$1272.59*</b>

Tabla 7: Costos de componentes y mano de obra.

Se cotiza en dólares americanos debido a que es la moneda de uso más globalizado.

### **5.7.1) Análisis de costos y beneficios (Índice neto de rentabilidad).**

En esta sección se determinará la rentabilidad del proyecto en términos financieros ya que como se explicó en secciones anteriores, se busca generar un modelo que pueda gestar un beneficio económico debido a la inversión de tiempo y dinero que se realizó durante el desarrollo del proyecto. En primer lugar tenemos los costos tangibles del proyecto que fueron detallados en la *Tabla 7* y que corresponden a los costos de los dispositivos y materiales utilizados en el proceso así como los costos de diseño, montaje, instalación y pruebas funcionales que representan los costos no tangibles; en total se calculó un monto total por costos de producción de una sola estación por \$1272.59.

Los beneficios se calculan desde dos perspectivas, la primera es por venta total de la plataforma la se calculó en 2 veces el costo de producción, tomando en cuenta aspectos como: costos en el mercado de otras plataformas similares, capacidad en la cantidad de variables que puede monitorear, confiabilidad de los datos y estabilidad operativa, en total la plataforma puede venderse por \$2545.18.

La otra modalidad sería la venta de datos que se calcula tomando en cuenta aspectos técnicos como la conexión a la red Wi Fi, la estabilidad funcional, la confiabilidad de los datos, y el mantenimiento del servicio de almacenamiento de datos para los cuales, para efectos de la investigación, se utilizó un servidor de acceso libre; pero se tendría que incluir para efectos comerciales el valor del alquiler de un dominio o de un servidor exclusivo. Dadas las circunstancias se

calcula que se podría cobrar \$100 por cada 24 horas de servicio continuo por variable climática, es decir para nuestros efectos se debería de cobrar \$700 por el monitoreo de las 7 variables que el sistema proporciona. En esta modalidad de servicio se retornaría la inversión a corto plazo.

### 5.7.2) Criterio de costos según beneficios.

Beneficio	Finalidad	Alcance
Económico	Tiempo	La plataforma está en capacidad de generar datos en tiempo real, el procesamiento es inmediato
	Costo de adquisición	La estación tiene un bajo costo de compra, lo que lo hace una plataforma sugestiva para los clientes potenciales
	Operación	Según las pruebas realizadas se logró determinar que la plataforma trabaja con una gran estabilidad operativa a nivel de software y hardware lo que representa un beneficio a nivel económico porque no genera gastos constantes de mantenimiento correctivo.
Conveniencia	Inversión	La empresa E.R. se verá beneficiada con la adquisición de la estación con el fin de tener una herramienta eficiente y confiable para sus procesos de inversión.
	Datos	Una de las principales características de la plataforma es que monitorea una gran cantidad de variables ambientales, lo que consecuentemente genera un alto trafico de datos en ciclos de tiempo prolongados de funcionamiento. Ésta característica representa una de las grandes ventajas del sistema por su gran estabilidad.
Social	Acceso	El sistema se diseñó con el objetivo de apoyar al pequeño productor y empresario, así como a instituciones que no disponen de mucho presupuesto.
Tecnológico	Adaptación	Con éstos modelos se buscan poner a disposición de la ciencia en el campo agrícola soluciones que hagan uso de tecnologías modernas y económicas, que a su vez sean eficientes en cuanto al consumo energético con el objetivo de que sean modelos amigables con el medio ambiente.

Tabla 8: Análisis de beneficio. (Criterio para valoración de costos).

Fuente: Construcción propia.

### **5.7.3) Comparación con otros modelos.**

Según una referencia que se cotizó en la empresa colombiana Meteoagro SAS, la cual tiene renombre en ese país porque ofrece soluciones para el desarrollo del agro y temas relacionados con el ambiente, se manifiesta que ellos venden una estación versión PRO con características similares a la que se propone en la investigación valorada en \$2142, dicha cotización puede ser consultada en el anexo (COT\_EST\_27092017\_281.pdf) en la que se plantea una estación de consulta de las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, radiación solar y UV y cuyos datos son se puede monitorear por un software.

Algunas de las desventajas que podría tener el modelo de Meteoagro SAS con respecto a la propuesta que se expone en esta investigación es que esa plataforma no posee un sistema de consulta de datos abierto y libre por internet; tampoco tiene capacidad de realizar gráficas en tiempo real y por último y mas importante, no tiene la capacidad de gestión de tantas variables lo que hace la propuesta mas rentable, accesible, eficaz y con empleo de tecnología más ágil.

**6.       CAPÍTULO       VI:       CONCLUSIONES       Y  
RECOMENDACIONES.**

## 6.1) CONCLUSIONES.

- Con el desarrollo del proyecto se consigue el objetivo principal tal y como se planteó debido a que se logra la creación del prototipo de monitoreo cumpliendo con los estándares sugeridos en cuanto a la plataforma de control utilizada y los protocolos de comunicación inalámbrica, de igual manera se logra que la estación registre de forma exitosa todos los datos recopilados en un servidor de libre acceso desde internet los cuales son graficados desde la aplicación de thingspeak.com
- El sistema diseñado cumple con el objetivo de establecer una comunicación punto a punto mediante la combinación de funciones del Arduino y el ESP8266 de acuerdo con los estándares del protocolo IEEE 802.11.
- Se consigue demostrar la capacidad de interacción del Arduino con las aplicaciones de otros dispositivos como sensores y módulos de red a través de un monitor serial gracias a la programación IDE nativa del Arduino de acuerdo al diseño que se planteó.
- Se logra habilitar las funciones de comunicación inalámbrica del dispositivo de red ESP8266 por medio de la configuración de comandos AT según las especificaciones del fabricante.

- El sistema genera rutinas de lectura periódica de los diferentes sensores utilizados desempeñando ciclos de trabajo mayores a 24 horas presentando la mínima cantidad fallos y errores a la hora de ejecutar dichos ciclos a nivel de software y hardware según se plantearon los objetivos
- Se aplican los conceptos del protocolo Internet of Things (IoT) en cuanto al procesamiento y almacenamiento de datos encapsulados hacia un servidor de libre acceso en la Web llamado thingspeak.com, según los conceptos de interacción de objetos con el internet del protocolo.
- Según el diseño propuesto, se elaboran rutinas de conversión de datos analógicos a digitales utilizando algoritmos de programación para ser leídos desde un monitor serial para posteriormente subir paquetes de datos por medio de llaves API's hasta un servidor web.
- La empresa E.R. Servicios de Heredia se verá beneficiada con la implementación de ésta plataforma ya que es una herramienta útil y confiable para la recolección de datos que requiere la empresa para poder invertir en compra de terrenos ya que cuentan con referencias que les permitirá poder tomar decisiones que minimicen el riesgo de inversión. De la misma manera existe un impacto positivo para las comunidades donde vaya a instalarse la plataforma ya que traerá empleo y eso significa desarrollo social.

- Con implementación de la plataforma se incentivando el uso de tecnologías al área agrícola para desarrollo de la actividad cafetalera que es bastante común en el país, principalmente en la GAM lo cual se podría considerar como una oportunidad de negocio y emprendimiento proponiendo una herramienta que ayuda a mejorar técnicas en cultivos y generando modelos predictivos que aporten soluciones a los problemas más comunes en el campo.
- Se logra generar una propuesta económica y de gran alcance por la cantidad de variables que está en capacidad de monitorear y el eficiente desempeño que es capaz de efectuar.
- Se determina que la plataforma es un dispositivo rentable para los intereses de los productores, investigadores y de cualquier institución o persona involucrada con el desarrollo de la actividad cafetalera, con una gran capacidad de funciones y con una gran disposición a realizarle cambios para agregarle o cambiarle sensores para monitoreo de otras variables lo que lo hace una plataforma muy adaptable a las necesidades del cliente.
- Se consigue que la estación automatizada es una plataforma que puede negociarse y lucrar con ella al ser una opción bastante fácil de instalar, y con una enorme confiabilidad de los datos que recopila en el tiempo.

- Se puntualiza en la versatilidad que tiene la plataforma de ser modificada con el fin de agregar más variables o cambiar algunas de las entradas que recibe el sistema. una placa controladora mas grande como por ejemplo el Arduino MEGA con tan solo modificando la plataforma de automatización (modelo de Arduino).

## **6.2) RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda usar una batería adicional en la alimentación como respaldo en caso de que la celda solar sufra daños o no funcione de manera adecuada para evitar que la estación sufra interrupciones cuando está trabajando.
- El sistema está en capacidad de que se agreguen funciones como alertas sonoras, visuales o bien generar acciones como envío de correos electrónicos, tweets o alguna otra notificación a plataformas que pueden ser tener acceso en la web o alguna plataforma de mensajería.
- El sistema que se diseñó funciona con el protocolo Wi-Fi; sin embargo, puede también ser modificado para que funcione con la tecnología de

telefonía celular, GSM, 3G o 4G y así poder escoger con cual tecnología poner a trabajar la estación.

- En caso de que exista una falta de comunicación con el Wi-Fi el sistema es capaz de volver a graficar con la fecha y hora en que vuelve a existir conexión con la red LAN; es decir, no hay pérdida de datos ya que se almacenan en el servidor y la gráfica retoma el curso con las lecturas actuales del medio.
- La plataforma se diseñó para soportar las distintas condiciones climáticas del medio; sin embargo, es necesario hacer hincapié en que los sensores que nos pueden tener contacto directo con el agua, debido a que podría dañarlos, por lo que se recomienda usar la estación en exteriores pero evitando que el agua incida directamente en los sensores o en el microcontrolador.
- La plataforma diseñada es tan solo un modelo prototipo; sin embargo, una vez que sea implementada con fines prácticos y para que pueda ser comercializada debe tener una carcasa que cumpla con los requisitos de protección que se mencionaron en el punto anterior para que el desempeño sea el óptimo.

## 7.) BIBLIOGRAFIA.

- Allan A. (2016) *Learning ESP8266: Build the Internet of Things with the Arduino IDE and Raspberry Pi*. Shanghai: Ed. O'Reilly
- Barrett Steven F. (2012) *Arduino Microcontroller: Processing For Everyone*. New York. Ed. Morgan & Claypool. USA.
- Carrasco, S. (2009) *Metodología de investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: Ed. San Marcos.
- Cea d'Ancona Ángeles (1997) *Métodos y Técnicas de Investigación cuantitativa*. Madrid: Ed. Síntesis Madrid.
- Corona Ramírez L., Abarca Jiménez G., Mares Careño J. (2014) *Sensores y Actuadores: Aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco: Ed. Grupo Editorial Patria, México D.F.
- H. David Thurston (1989) *Enfermedades de Cultivos en el Trópico*. Turrialba: Ed. Catie. CR
- Langlais C., Rycke P. (1993) *Guía de los Cultivos Protegidos de Hortalizas en Zona Tropical Húmeda*. Martinica: Ed. La Librairie du Cirad, Cirad-Flhor.
- Schwartz M. (2016) *Internet of Things with ESP8266*. Birmingham: Ed. PacktLib. UK

## Web.

- Barquero Miranda B., Villegas Ugalde W. (2014) *Revista Informativa del Instituto del Café en Costa Rica*. Recuperado de: <http://www.icafe.cr/cicafe/publicaciones/revista-informativa-icafe/>
- Narváez Mendoza M., González González M. *Monitoreo del Clima del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias* (2012). Recuperado de <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/monitoreo.aspx>
- Ramírez Rojas J. (2011) *Guía Técnica para el Cultivo del Café*. Recuperado de: <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- Yujra Richard (2014) *Estaciones Meteorológicas Automáticas para el Monitoreo del Clima*. Recuperado de: <http://www.proinpa.org/VallesNorte/index.php/87-regvallesnort2/novedades/349-estaciones-meteorologicas-automaticas-para-el-monitoreo-del-clima>