

# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

---

---

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**RESIDENCIA PROFESIONAL**

**MONITOREO Y DIAGNOSTICO DE UNA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA VÍA INTERNET**

**ASESOR**

**DR. HÉCTOR RICARDO HERNANDEZ DE LEÓN**

**ROMEO WALBERTO GUTIERREZ NUÑEZ**

**10270498**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MEXICO A DICIEMBRE 2014**

## INDICE

### CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO.....	5
1.2.1 HISTORIA DEL ITTG.....	5
1.2.2 MISIÓN.....	5
1.2.3 VISIÓN.....	5
1.2.4 LOCALIZACIÓN.....	6
1.2.5 ÁREA ESPECÍFICA RELACIONADA DIRECTAMENTE CON EL PROYECTO .	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 OBJETIVOS GENERALES:.....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	9
2.1 ESTACIÓN METEOROLÓGICO.....	10
2.2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	10
2.3 VARIABLES MEDIDAS.....	11
<b>CAPÍTULO III</b> .....	21
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	21
3.1 CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA.....	22
3.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	23
3.2.1 MICROCONTROLADOR.....	23
3.2.2 SENSORES.....	27
3.2.2.1 MQ-7.....	27
3.2.2.2 BMP180.....	28
3.2.2.3 UVM30A.....	31
3.2.2.4 DTH11.....	32

3.2.3 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN .....	34
3.2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES MODULO INALÁMBRICO XBEE.....	34
3.2.3.2 APLICACIONES.....	35
3.2.3.3 CIRCUITO BÁSICO.....	36
3.2.3.4 TRANSMISIÓN DE DATOS INALÁMBRICO CON XBEE .....	37
3.2.3.5 MODULO ETHERNET SHIELD.....	38
3.2.4 AMPLIFICADOR.....	40
3.2.4.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL.....	41
3.2.4.2 CONVERSIÓN A/D DEL ARDUINO.....	42
3.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	44
3.3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE.....	44
3.3.2 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL DE CARGA.....	45
3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES .....	46
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>47</b>
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	47
4.1 PRUEBAS.....	48
4.2 RESULTADOS.....	59
CONCLUSIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	66
A. Código en la plataforma arduino estación meteorológica.....	66
B. ARDUINO - PÁGINA WEB CÓDIGO .....	69
C. PARTES FÍSICAS DE LA ESTACIÓN Y MÓDULO DE RECEPCIÓN DE DATOS....	72
D. RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS. ....	73

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene con finalidad describir el diseño de un sistema de adquisición de datos para el monitoreo y diagnóstico de una estación meteorológica mediante una página web, recopilando la mayor cantidad de datos posibles para así poder procesarlos, particularmente son la temperatura, humedad, presión barométrica, monóxido de carbono e intensidad UV.

Estos datos hacen posible tener una idea del comportamiento de los parámetros ambientales, sin embargo la naturaleza cambiante del planeta puede hacer que varíen de un momento a otro durante la medición.

La medición de estas variables se hace en estaciones meteorológicas, de las cuales la mayoría de ellas están automatizadas y nada más quieren un mantenimiento ocasional, es muy importante que los sensores que hacen la captura de los datos sean sensibles y duraderos.

## **1.2 INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO**

### **1.2.1 HISTORIA DEL ITTG**

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Imparte 8 licenciaturas y 2 programas de posgrado en las áreas de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Administrativas.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez fue fundado el 24 de octubre de 1972, se encuentra ubicado en el centro del estado de Chiapas, que por su gran variedad de climas y suelos es propio para el cultivo de muy diversas especies vegetales nativas y adaptadas, con lo que se puede desarrollar la agroindustria, así como muchos otros procesos industriales a partir del gran potencial que ofrece este estado, en el cual el Instituto debe constituirse en el sujeto de cambio, al presentar alternativas de desarrollo sustentable del estado en forma multidisciplinaria.

Los principales laboratorios con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez son:

- ✓ Microbiología
- ✓ Biotecnología
- ✓ Química
- ✓ Química pesada
- ✓ Mecánica
- ✓ Sistemas computacionales
- ✓ Ingeniería industrial
- ✓ Plantas piloto
- ✓ Polo Tecnológico Nacional

### **1.2.2 MISIÓN**

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

### **1.2.3 VISIÓN**

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

## 1.2.4 LOCALIZACIÓN

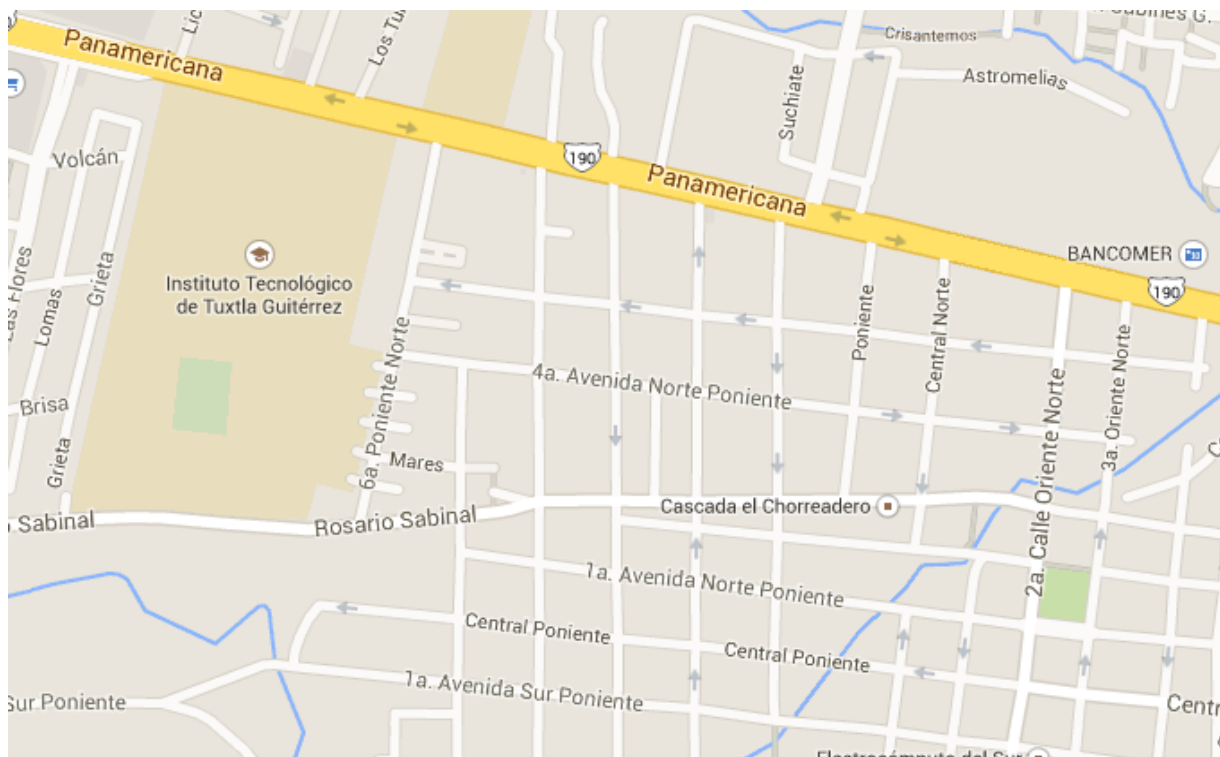


Figura 1.1: Carretera Panamericana Km 1080. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, C.P. 29050.

## 1.2.5 ÁREA ESPECÍFICA RELACIONADA DIRECTAMENTE CON EL PROYECTO

El laboratorio de Ingeniería Electrónica cuenta con 8 áreas destinadas a la investigación, desarrollo e implementación de proyectos escolares, 5 de las cuales son educativas, en las que los docentes imparten clases de: electrónica digital, PLC, electrónica de potencia, instrumentación, mediciones eléctricas, programación en c y electrónicas analógicas. Dos más son para investigación, una pertenece al grupo de IEEE y la otra es de desarrollo de circuitos electrónicos. La última área está destinada para que los alumnos desarrollen sus actividades en extra clase. Parte del área que se ocupó en la realización de éste proyecto fueron las de IEEE, las de Electrónicas Analógicas, desarrollo de circuitos electrónicos y el cubículo IEEE.

La carrera de Ingeniería Electrónica tiene como misión “formar profesionales de excelencia con competencias en el ámbito de la Ingeniería Electrónica, motivados para la promoción del desarrollo profesional y el conocimiento científico y tecnológico, con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores cívicos y éticos”.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La razón que nos motivó para diseñar este proyecto es que todas las personas en nuestro planeta están interesadas, de alguna manera en el medio ambiente y los factores que se encuentran en él, esta una razón importante para la construcción de una estación meteorológica que sea monitoreada vía remota desde una página web es de gran utilidad dado que por medio de este conoceremos los parámetros de temperatura, humedad relativa, presión barométrica, radiación UV y cantidades de dióxido de carbono que se encuentra en el aire.

Es necesario conocer todos estos parámetros ya que cada uno de ellos está presente sin que notemos su presencia hasta que ocasionan un daño.

El tener el conocimiento de estos parámetros brinde la ayuda a la ciudadanía en detectar estos factores ambientales y así puedan tomar precauciones necesarias para evitar daños para su salud.

Con el proyecto **MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DE UNA ESTACIÓN METEOROLOGICA VÍA INTERNET** que estará ubicada en el instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se harán mediciones de temperatura, humedad relativa, presión barométrica, radiación UV y cantidades de dióxido de carbono durante el día (24 horas) con los datos recabados se realizara una base de datos para la representación de su comportamiento durante la adquisición de datos.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 OBJETIVOS GENERALES:

Disponer de un sistema de adquisición de datos para una estación meteorológica en tiempo real que permita su monitoreo de los parámetros ambientales a través de una página web.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Diseñar y construir una estación meteorológica a base de un micro controlador.
2. Implementar y desarrollar algoritmo de comunicación Ethernet.
3. Monitorear a través de protocolo de comunicación Xbee.
4. Reconocer su función e importancia en la recopilación de datos meteorológicos.



## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 ALCANCES:**

En lo general este proyecto monitoreo y diagnóstico de una estación meteorológica vía internet permitió el monitoreo temperatura, humedad relativa, presión barométrica, radiación UV y CO<sub>2</sub>, esto permitió que se pudiera observar el comportamiento del medio ambiente mediante una página web. La transferencia de datos a la pc inalámbrica, esto nos da muchas ventajas, además la conexión del módulo de recepción Xbee – Ethernet - arduino es USB y RJ-45 esto hace que sea más versátil.

### **1.5.2 LIMITACIONES:**

Una de las principales limitaciones más marcadas es la distancia a la que podemos mandar los datos, la cual es de 1.5km a línea de vista debido a los Xbee, por cuestiones del valor económico de los sensores industriales no se pudo utilizar para este proyecto así se usaron de tipo comercial.

# **CAPÍTULO II**

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

## 2.1 ESTACIÓN METEOROLÓGICO

Una estación meteorológica es un lugar escogido adecuadamente para colocar los diferentes instrumentos que permiten medir las distintas variables que afectan al estado de la atmosfera. Es decir es un lugar que nos permite la observación de los fenómenos atmosféricos y donde hay aparatos que miden las variables atmosféricas. Muchos de estos han de estar al aire libre, pero otros, aunque también han de estar al aire libre, deben estar protegidos de las radiaciones solares para que estas no les alteren los datos, el aire debe circular por dicho interior. Los que han de estar protegidos de las inclemencias del tiempo, se encuentran dentro de una garita meteorológica.

Una garita meteorológica es una casilla donde se instalan los aparatos del observatorio meteorológico que se deben proteger. Ha de ser una especie de casilla elevada un metro y medio del suelo (como mínimo elevada 120 cm) y con paredes en forma de persiana; éstas han de estar colocadas de manera que priven la entrada de los rayos solares en el interior para que no se altere la temperatura y la humedad. La puerta de la garita ha de estar orientada al norte y la teja debe estar ligeramente inclinada. En su interior están los instrumentos que han de estar protegidos como he dicho antes por aparatos registradores.

¿Cómo funciona?

La mayor parte de la estación meteorológica están automatizadas (E.M.A) requiriendo un mantenimiento ocasional. Existen observatorios meteorológicos sinópticos, que cuentan con personal (observadores), de forma que además de los datos anteriormente señalados se pueden recoger aquellos relativos a nubes, visibilidad y tiempo presente y pasado. La recogida de estos datos se denomina observaciones sinópticas.

Para la medida de variables en mares y océanos se utilizan sistemas dispuestos en boyas meteorológicas.

Otras instalaciones meteorológicas menos comunes disponen de instrumental de sondeo remoto como radar meteorológico para medir la turbulencia atmosférica y la actividad de tormentas. Estas y otras variables pueden obtenerse mediante el uso de globos sonda. [1]

## 2.2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos comunes y variables que se miden en una estación meteorológica incluyen:

- Termómetro, instrumento que mide la temperatura en diversas horas del día.
- Termómetros de subsuelo (geotermómetro), para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad.
- Termómetro de mínima junto al suelo, mide la temperatura mínima a una distancia de 15 cm sobre el suelo.
- Termógrafo, registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura.
- Barómetro, medida de presión atmosférica en la superficie.
- Pluviómetro, medida de la cantidad de agua caída sobre el suelo en forma de lluvia, nieve o granizo.
- Psicrómetro o higrómetro, medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.
- Piranómetro, medida de la radiación solar global (directa + difusa).
- Heliógrafo, medida de las horas de luz solar.
- Anemómetro, medida de la velocidad del viento.
- Veleta, que indica la dirección del viento.
- Nefobasímetro, medida de la altura de las nubes, pero sólo en el punto donde éste se encuentre colocado.

La mayor parte de las estaciones meteorológicas están automatizadas (E.M.A.) requiriendo un mantenimiento ocasional. Además, existen observatorios meteorológicos sinópticos, que sí cuentan con personal (observadores de meteorología), de forma que además de los datos anteriormente señalados se pueden recoger aquellos relativos a nubes (cantidad, altura, tipo), visibilidad y tiempo presente y pasado. La recogida de estos datos se denomina observación sinóptica.

Para la medida de variables en mares y océanos se utilizan sistemas especiales dispuestos en boyas meteorológicas.

Otras instalaciones meteorológicas menos comunes disponen de instrumental de sondeo remoto como radar meteorológico para medir la turbulencia atmosférica y

## **2.3 VARIABLES MEDIDAS**

### **Temperatura**

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está

relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

En el caso de un sólido, los movimientos en cuestión resultan ser las vibraciones de las partículas en sus sitios dentro del sólido. En el caso de un gas ideal monoatómico se trata de los movimientos traslacionales de sus partículas (para los gases multiatómicos los movimientos rotacional y vibracional deben tomarse en cuenta también).

El desarrollo de técnicas para la medición de la temperatura ha pasado por un largo proceso histórico, ya que es necesario darle un valor numérico a una idea intuitiva como es lo frío o lo caliente.

Multitud de propiedades fisicoquímicas de los materiales o las sustancias varían en función de la temperatura a la que se encuentren, como por ejemplo su estado (sólido, líquido, gaseoso, plasma), su volumen, la solubilidad, la presión de vapor, su color o la conductividad eléctrica. Así mismo es uno de los factores que influyen en la velocidad a la que tienen lugar las reacciones químicas.

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin (K), y la escala correspondiente es la escala Kelvin o escala absoluta, que asocia el valor «cero kelvin» (0 K) al «cero absoluto», y se gradúa con un tamaño de grado igual al del grado Celsius. Sin embargo, fuera del ámbito científico el uso de otras escalas de temperatura es común. La escala más extendida es la escala Celsius, llamada «centígrada»; y, en mucha menor medida, y prácticamente sólo en los Estados Unidos, la escala Fahrenheit. También se usa a veces la escala Rankine (°R) que establece su punto de referencia en el mismo punto de la escala Kelvin, el cero absoluto, pero con un tamaño de grado igual al de la Fahrenheit, y es usada únicamente en Estados Unidos, y sólo en algunos campos de la ingeniería.

#### Temperatura ambiente

Temperatura ambiente es la temperatura que se puede medir con un termómetro y que se toma del ambiente actual, por lo que, si se toma de varios puntos en un área a un mismo tiempo puede variar.

Esto es debido a que una temperatura tomada en un ambiente tan frío como lo es el Polo Norte, donde la temperatura sería bajo cero (si se mide en grados Fahrenheit o en Centígrados), no será igual a una tomada en un lugar tan cálido como un desierto donde la temperatura estaría muy por encima del cero.

#### Uso científico

Para cálculos científicos, la temperatura ambiente es usualmente tomada como 20 ó 25 grados Celsius (293 ó 298 Kelvin, 68 ó 77 grados Fahrenheit). Por conveniencia numérica, 300.00 K (26.85 °C, 80.33 °F) es utilizado ocasionalmente, sin ser especificada como "temperatura ambiente". Sin embargo, la temperatura ambiente no es un término científico uniformemente definido, a diferencia de la Temperatura y Presión Estándar, o TPE, que tiene definiciones ligeramente diferentes.

#### Sensación térmica

La temperatura también se define como el grado de calor o frío que hay en un lugar, y podemos interpretar el frío como un sitio de baja temperatura y el calor, lo inverso.

#### **Humedad**

El aire de la atmósfera se considera normalmente como una mezcla de dos componentes: aire seco y agua. El agua es la única sustancia de la atmósfera que puede condensar (pasar de vapor a líquido) o evaporarse (pasar de líquido a vapor) en las condiciones ambientales que conocemos en la Tierra. Este hecho justifica la división del aire atmosférico en aire seco y agua, y además provocan una gran cantidad de fenómenos meteorológicos como la lluvia, el rocío, las nubes, etc. Además de todo esto, el estudio del agua en el aire atmosférico es esencial para la sensación de bienestar.

La capacidad atmosférica para recibir vapor de agua se relaciona con la humedad atmosférica, que corresponde a la cantidad de vapor de agua presente en el aire, originada por la evaporación del vital elemento desde los océanos, lagos y ríos. Se relaciona directamente con la temperatura, ya que las masas de aire cálido contienen mayor humedad que las de aire frío.

La humedad puede provocar diversas variaciones durante el día y entre un lugar a otro. Existe una cantidad límite de humedad que puede contener una masa de aire, denominada punto de saturación. Una vez traspasado ese umbral, el vapor de agua contenido cambia de estado, se condensa y se convierte en precipitaciones. Estas últimas pueden presentarse como lluvia, granizo o nieve.

¿Cuándo hay saturación? Cuando el aire húmedo tiene una composición tal que está en equilibrio con una superficie libre plana de agua pura que tenga la misma temperatura que el aire. La palabra equilibrio implica que no hay, en total, transferencia de moléculas de vapor del aire a la superficie del agua, ni de la superficie del agua al aire. Cabe aclarar que las condiciones son diferentes en el caso de una superficie no plana o agua no pura (como en el caso de las gotas de nube, cuya superficie es curva y el agua que la forma tiene sustancias disueltas).

La humedad atmosférica se puede expresar de forma absoluta o de forma relativa como humedad relativa o grado de humedad.

¿Cómo se Mide?

El índice de temperatura – humedad (índice T – H, también llamado índice de incomodidad) expresa con un valor numérico la relación entre la temperatura y la humedad como medida de la comodidad o de la incomodidad. Se calcula sumando 40 al 72% de la suma de las temperaturas en un termómetro seco y en otro húmedo. Por ejemplo, si la temperatura en el termómetro seco es de 30°C y en el húmedo es de 20°C, el índice T – H será de 76. Cuando el valor es 70, la mayoría de la gente está cómoda, si el índice es de 75 el ambiente se hace más incómodo.

Clasificación

**Humedad Absoluta:** es la masa total de agua existente en el aire por unidad de volumen, y se expresa en gramos por metro cúbico de aire. La humedad atmosférica terrestre presenta grandes fluctuaciones temporales y espaciales.

**Humedad Específica:** se mide la masa de agua que se encuentra en estado gaseoso en un kilogramo de aire húmedo, y se expresa en gramos por kilogramo de aire.

**Humedad Relativa:** es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que existe en la atmósfera y la máxima que podría contener a idéntica temperatura; es decir, es el cociente en la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tantos por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100%. Una humedad relativa del 100% significa un ambiente en el que no cabe más agua. El cuerpo humano no puede transpirar y la sensación de calor puede llegar a ser asfixiante. Corresponde a un ambiente húmedo. Una humedad del 0% corresponde a un ambiente seco. Se transpira con facilidad.

Cuando la humedad alcanza el valor del 100% se produce fenómenos de condensación que observamos en la vida diaria. El fenómeno del rocío en las

mañanas de invierno se debe a que la humedad relativa del aire ha alcanzado el 100% y el aire no admite ya más agua. Entonces el agua condensa en forma líquida en superficie metálicas, hojas, flores etc. También se alcanza el 100% de humedad cuando usamos agua muy caliente en un recinto cerrado como por ejemplo un cuarto de baño. El agua caliente se evapora fácilmente y el aire de la habitación alcanza con rapidez el 100% de humedad. El resultado es de todos conocidos... se empañan (se humedecen) los espejos del baño.

Estos dos fenómenos son diferentes pero ilustran las dos formas en que puede aumentar la humedad de un recinto:

- Por disminución de la temperatura ambiental.
- Por aumento de la cantidad de agua en el ambiente

El primero de los fenómenos se relaciona con el concepto de temperatura de rocío. Si se mantiene la cantidad de agua del ambiente constante y se disminuye la temperatura llega un momento en que se alcanza una humedad relativa del 100%. Ese momento es el punto de rocío y su temperatura la temperatura de rocío. Esto es justamente lo que ocurre en las madrugadas de invierno. La temperatura desciende tanto que llega al punto de rocío, en ese momento la humedad relativa del 100% hace que el agua se condense en las superficies.

Cualquier objeto de una habitación que tenga una temperatura menor que la temperatura de rocío presenta condensación en sus paredes por este fenómeno. Así ocurre por ejemplo cuando sacamos una lata de refresco de un frigorífico y la situamos en una mesa. Su temperatura es, seguramente, menor que la de rocío y observamos como la lata se empaña de humedad.

Los que usan gafas conocen perfectamente qué ocurre cuando, en una fría mañana de invierno, se introducen súbitamente en un recinto cerrado y caliente (por ejemplo en un autobús). La temperatura de los cristales de las gafas es muy baja y menor que la temperatura de rocío del recinto. Los cristales se empañan rápidamente hasta que se calientan y se sitúan a la temperatura del recinto.

## **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono.

En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden



incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias.

La concentración de dióxido de carbono en un ambiente exterior puede aportar información sobre distintos aspectos y circunstancias de un lugar tales como posibilidad de efectos sobre la salud de las personas cercanas al lugar, correlación con problemas y quejas por olor o como dato para estudiar el sitio en donde se encuentra algún rastro de concentración de dióxido de carbono.

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

La capa más baja de la Tierra llamada la tropósfera, existe un balance cíclico de gases que protegen y hacen posible la vida en el planeta. Entre los gases que contiene se encuentra el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), un gas que contribuye a moderar la pérdida de calor de la Tierra al espacio exterior. Tanto el CO<sub>2</sub>, como el Metano, el óxido nitroso y el ozono, son conocidos como “gases de efectos invernadero”, ya que su función es similar a las paredes de cristal de un invernadero; permiten que penetre la radiación solar en la atmósfera terrestre, pero evitan que escape, ya que tienen la propiedad de absorber parte de la radiación solar que recibe y refleja la superficie terrestre y conservarla como energía calorífica.

La mayoría de los gases de efecto Invernadero se generan naturalmente. En particular, el CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera por procesos de descomposición orgánica y su concentración en la atmósfera es moderado por el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, el ser humano comenzó a emitir grandes cantidades de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y la quema de biomasa, que se han acumulado en la atmósfera.

Al haber una mayor absorción de radiación infrarroja, el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, junto con otros gases invernadero, se ha traducido en un aumento en la temperatura terrestre; fenómeno conocido como Cambio Climático.

## FUENTES DE CO<sub>2</sub>

Entre las fuentes que emiten los gases y partículas contaminantes a la atmósfera, se tiene: industrias, fábricas, plantas de producción de energía, vehículo, hogares, entre otros.

Estas fuentes pueden ser puntuales como una chimenea o afectar a una región a través de una serie de fuentes pequeñas. Las fuentes de contaminación se pueden clasificar en: móviles y estacionarias.

## Rayos ultravioleta

### Definición de radiación UV

La radiación que recibe la tierra proviene del sol, esta radiación comprende una gama continua y muy extensa de longitudes de onda que van desde los rayos gama a las ondas de radio, pasando por los rayos X, ultravioleta (UV), visible infrarrojo (IR) y microondas.

La radiación ultravioleta (UV) cuya longitud de onda comprendida aproximadamente entre los 400nm y los 100nm tiene una longitud de onda más corta que la luz visible. (Figura 2.1).

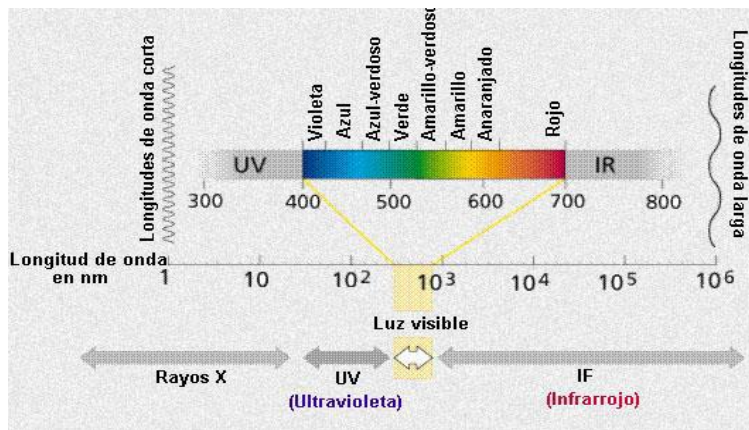


Figura 2.1: Espectro de radiación solar

La radiación de longitud de onda entre 100 y 300nm se le conoce como ultravioleta lejano o de vacío. Comúnmente proviene del sol o de lámparas de descarga gaseosa. El oxígeno y el nitrógeno de la atmosfera absorben la radiación ultravioleta lejana proveniente del sol, transformando su energía en reacciones fotoquímicas e impidiendo, en consecuencia, que llegue a la superficie terrestre, donde imposibilitara a la existencia de la vida. [4]

### Clasificación de radiación UV

Los rayos solares, conocidos como también como los ultravioleta (UV) son invisibles al ojo humano y se clasifica de acuerdo a su longitud de onda, que se medida en nanómetros (nm). Cabe destacar que entre más corta es la onda, más intensa es la energía de los rayos solares.

Este espectro se puede subdividir en tres zonas (figura 2.2):

La radiación tipo UV-A; que se comprende la radiación solar menos nociva. La longitud de onda se encuentra entre los 320 y 400 nm y la mayoría de estos rayos llegan a la superficie terrestre.

La radiación tipo UV-B; o los rayos de media onda; la longitud de esta onda se encuentra entre los 290 y 320 nm, esta energía en gran parte es absorbida por la capa de ozono antes de llegar a la superficie terrestre.

La radiación tipo UV-C cuya longitud de onda oscila entre los 200 y 290 nm. Estos rayos son absorbidos por la capa de ozono antes de llegar a la tierra y son potencialmente peligrosos para los seres humanos.

Dicho de una manera específica, cuando la luz solar atraviesa la atmosfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UV-C y aproximadamente el 70% de la radiación UV-B.

La atmosfera absorbe la radiación UV-A en menor medida, entonces, se puede decir que la radiación UV que alcanza la superficie terrestre se compone en su mayor parte de rayos UV-A con pequeña porción de rayos UV-B [5]

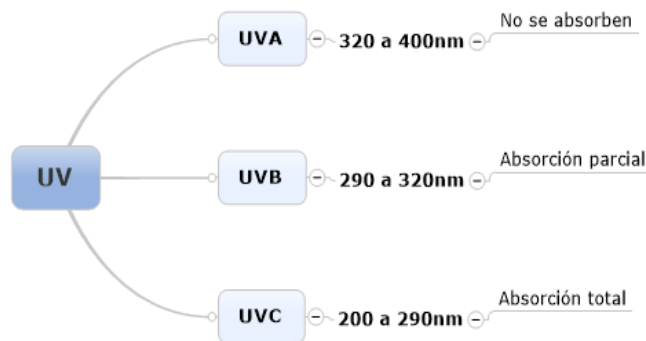


Figura 2.2: Clasificación de la radiación UV

### Efectos positivos y negativos

El sol es imprescindible para la vida y produce efectos benéficos para nuestro organismo, pero una exposición sin protección y de una forma desmedida le ocasionará efectos nocivos. En este caso, además, al tratarse de una exposición a radiación ultravioleta, es importante tener en cuenta algunos factores más, tales como la elevación solar, atenuación de la radiación, nubosidad y albedo, que son factores que influyen en cuanta radiación UV incide sobre la superficie terrestre.

## PRESIÓN BAROMETRICA

Un dato fundamental para el pronóstico meteorológico es ver los cambios de presión. Está claro que a distintas alturas la presión atmosférica va cambiando.

En un país como México, que sumamente montañoso en donde las variaciones de la presión de un lugar a otro son distintas por el solo hecho de tener diferentes altitud, se vuelve muy complicado hacer comparaciones entre un lugar y otro, entonces, es muy importante para los meteorólogos conocer rápidamente la presión típica de cada lugar, para con base en sus datos, darse cuenta si la presión típica de cada lugar, para que con base de datos, darse cuenta si la presión varía y de qué manera. Pero no hay que confundir la presión atmosférica con la presión barométrica.

Presión atmosférica: presión que ejerce la atmosfera que rodea sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella. La presión atmosférica cambia con la altitud, a mayor altitud menor presión atmosférica, un aumento de altitud de 1000 m representa una disminución de presión atmosférica de aproximadamente de 100 hPa.

Como se muestra en la siguiente tabla:

Altura Z en m	Presión Ps en hPa
0	1013,25
1000	898,75
5000	540,21
10000	264,36
15000	120,45
20000	54,75
Altitud Vs presión atmosférica	
La incertidumbre es de $\pm 1$ a $\pm 2$ hPa para las mediciones entre 2 a 1050 hPa	

**Tabla 2.1: altitud vs presión**

Presión atmosférica normalizada: la presión ejercida por la atmosfera bajo condiciones normalizadas, igual a 1013hPa (760 mmHg). La cual idealmente se presenta a una altitud de 0 m s.n.m (sobre el nivel del mar), temperatura ambiente de 20 °C, humedad de 65%HR y densidad del aire de 1,2Kg/m<sup>3</sup>.

Presión barométrica: presión barométrica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (1013,25 hPa).

Altitud: es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmosfera y el nivel del mar.

### **Instrumentos**

Barómetro de Fortín: es más perfeccionado pero se basado en el Torricelli. Se emplea en las estaciones meteorológicas y lleva el nombre del físico que lo perfecciono.

Barómetros metálicos: son menos sensibles que los de mercurio pero más prácticos y transportable. El más utilizado en el holostérico, que hace vacío en una caja metálica.

El barómetro: es un barómetro holostérico formando por varias cajas, con mayor sensibilidad.

El barómetro anerode: es un barómetro preciso y practico; en este, la presión atmosférica de forma la pared elástica de un cilindro en el que se ha hecho un vacío parcial, lo que a su vez mueve un aguja, el barómetro anerode, también denominado metálico fue inventando por vidi y se fundamenta en deformación elástica que experimenta, bajo la acción de la presión atmosférica, una caja metálica plana y de paredes delgadas en la que se ha hecho el vacío; la deformación elástica se transmite a una aguja que se desplaza en una escala graduada.



**Figura. 2.3 Barómetro de Fortín**



**Figura. 2.4 Barómetro Anerode**



**Figura. 2.5 Barómetro Barógrafo**

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

### 3.1 CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA

El dispositivo debe ser compacto y apto para realizar las mediciones en el sitio que se requiera.

En la figura 2.1 se puede observar el diagrama a bloques del evaluador donde consta de un grupo de sensores estos van acoplados al micro controlador que se encarga de procesar la señal para enviar los datos al otro micro controlador para mostrar los datos al usuario.

- En la parte superior se encuentra el sistema electrónico de adquisición de datos.  
Es la parte medular del dispositivo es en donde se localiza toda la circuitería electrónica, se encarga de:
  - Recibir las señales de los sensores y procesarla a través de los convertidores análogos- digital, comunicación I2C, digitales del micro controlador.
  - Una vez recibe la señal analógica se convierte en una relación Volts/PPM. La comunicación I2C se procesa mediante librerías para el procesamiento de esta información.
  - El microcontrolador es el encargado de procesar la información y enviarlo mediante el puerto de comunicación inalámbrica (TX/RX).
  
- En la parte inferior se encuentra sistema electrónico de recepción de datos.

Es la parte en donde se procesa los datos para subirlo a la página web para su monitoreo.

- Recibe los datos que fueron transmitidos desde el sistema de adquisición de datos.
- El microcontrolador procesa la información recibida mediante la tarjeta de comunicación Xbee, y procede a codificar los datos para ser visualizadas desde la página web.

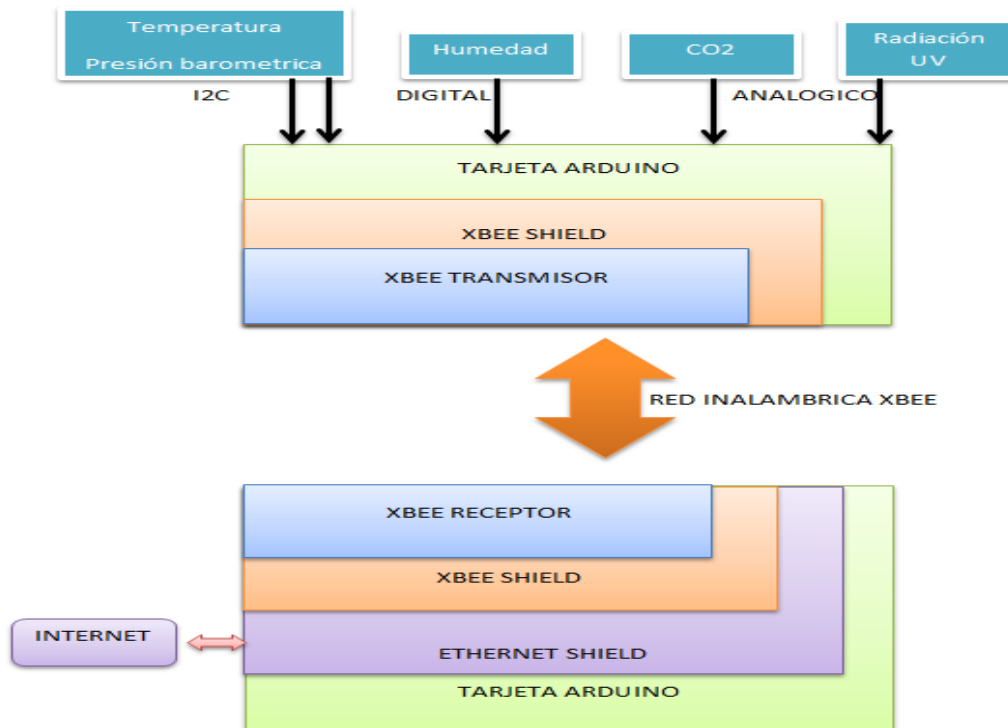


Figura. 3.1 diagrama a bloques de la estación meteorológica.

## 3.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

El sensor de temperatura, humedad, presión barométrica, radiación UV y dióxido de carbono para que cumplan su trabajo en forma eficiente necesita de varios elementos electrónicos que son de vital importancia para su funcionamiento se seleccionó el dispositivo arduino mega 2560 en la parte de adquisición y transmisión de datos. También se elaboró un dispositivo con un opamp para la adecuación de la señal de los sensores con salida analógicas.

### 3.2.1 MICROCONTROLADOR

Tomando en cuenta las características del diferente microcontroladores se seleccionó el que tiene más ventajas para su uso.

Este circuito integrado forma parte de las placas arduino mega, que pertenece a la categoría de los microcontroladores.

Presenta características muy versátiles que le permiten aplicaciones en un gran número de variedades, además de contar con módulos Ethernet con puerto RJ-45 para la conexión a internet y la posibilidad de enviar datos.



### Microcontrolador arduino

La plataforma Arduino es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.

El elemento principal el microcontrolador Atmegaxx8, un chip sencillo y de bajo coste que permite el desarrollo de múltiples diseños.

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertas seriales), un 16 MHz del oscilador de cristal, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar.

- 1.0 pinout: SDA añadido y pines SCL que están cerca al pin AREF y otros dos nuevos pasadores colocados cerca del pin RESET, la instrucción IOREF que permiten a los escudos para adaptarse a la tensión suministrado desde la pizarra. En el futuro, escudos serán compatibles tanto con la placa que utilizan el AVR, que operan con 5V y con el Arduino Debido que operan con 3.3V.

Resumen:

Microcontroladores	Atmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por Pin I / O	40 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad del reloj	16 MHz

Tabla 3.1: características arduino mega 2560

Los pines de alimentación son como sigue:

- VIN. El voltaje de entrada a la placa Arduino cuando se trata de utilizar una fuente de alimentación externa (en oposición a 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Usted puede suministrar tensión a través de este pin, o, si el suministro de tensión a través de la toma de alimentación, acceso a él a través de este pin.
- 5V. Este pin como salida una 5V regulada del regulador en el tablero. El tablero puede ser alimentado ya sea desde la toma de alimentación de CC (7 - 12 V), el conector USB (5V), o por el pin VIN del tablero (7-12V). El suministro de tensión a través de los pines de 5V o 3.3V no pasa por el regulador, y puede dañar su tablero. No aconsejamos ella.
- 3V3. Un suministro de 3,3 voltios generada por el regulador de a bordo. Sorteo de corriente máxima es de 50 mA.
- GND. pines de tierra.
- Instrucción IOREF. Este pin de la placa Arduino proporciona la referencia de tensión con la que opera el microcontrolador. Un escudo configurado puede leer el voltaje pin instrucción IOREF y seleccione la fuente de alimentación adecuada o habilitar traductores de voltaje en las salidas para trabajar con el 5V o 3.3V.

## Memoria

El Atmega2560 tiene 256 KB de memoria flash para el almacenamiento de código (de los cuales 8 KB se utiliza para el gestor de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM.

Cada uno de los 54 pines digitales en el Mega se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando `pinMode()`, `digitalWrite()`, y `digitalRead()` funciones. Funcionan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia de pull-up (desconectado por defecto) de 20 a 50 kOhm. Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

- Serial: 0 (RX) y 1 (TX); Serie 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) y 14 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL. Pines 0 y 1 están también conectados a los pines correspondientes del ATmega16U2 USB-to-TTL chip de serie.
- Interrupciones externas: 2 (interrumpir 0), 3 (alarma 1), 18 (interrumpe 5), 19 (interrupción 4), 20 (interrumpir 3), y 21 (2) de interrupción Estos pines pueden configurarse para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el valor. Ver el `attachInterrupt()` función para más detalles.

- PWM: 2 a 13 y 44 a 46 Proporcionar salida PWM de 8 bits con el analogWrite () función.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) Estos pines admite la comunicación SPI utilizando la librería SPI.
- LED: 13 Hay un LED incorporado conectado al pin digital 13. Cuando el pasador es de alto valor, el LED está encendido, cuando el pasador es bajo, es apagado.
- TWI: 20 (SDA) y 21 (SCL). Apoyar la comunicación TWI utilizando la librería Wire .

El Mega2560 tiene 16 entradas analógicas, cada uno de los cuales proporcionan 10 bits de resolución (es decir, 1.024 valores diferentes). Por defecto se miden desde el suelo a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango usando el pin AREF y función analogReference ().

- AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Se utiliza con analogReference ().
- Restablecer. Traiga esta línea BAJO para reajustar el microcontrolador.

## Comunicación

El Arduino Mega2560 tiene una serie de instalaciones para comunicarse con un ordenador, otro Arduino u otros microcontroladores.

Una biblioteca SoftwareSerial<sup>[1]</sup> permite la comunicación en serie en cualquiera de los pines digitales del Mega2560.

El Atmega2560 también soporta la comunicación TWI y SPI. El software de Arduino incluye una biblioteca de alambre para simplificar el uso del bus TWI. [2]

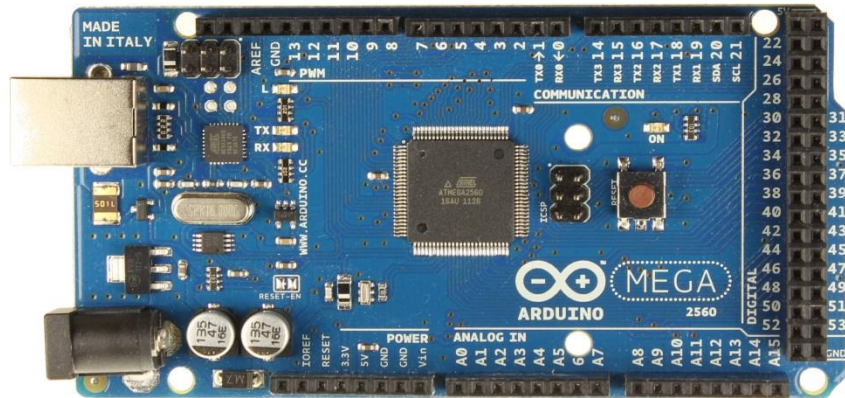


Figura 3.2: arduino mega 2560

## 3.2.2 SENSORES

### 3.2.2.1 MQ-7

Datos técnicos MQ-7 gas sensor

Características

- Alta sensibilidad al monóxido de carbono
- Vida estable y de largo

Aplicación

Se utilizan en equipos de detección de gas de monóxido de carbono (CO) en los edificios e industria o en coche.

Descripción: Este es un simple-a-uso de monóxido de carbono (CO) del sensor, apto para detectar concentraciones de CO en el aire. El MQ-7 puede detectar concentraciones de CO-gas entre 20 y 2000 ppm.

Este sensor tiene una alta sensibilidad y rápido tiempo de respuesta. La salida del sensor es una resistencia analógica. El circuito de excitación es muy simple; todo lo que tiene que hacer es el poder de la bobina del calentador con 5V, añadir una resistencia de carga y conectar la salida de un ADC.



Figura 3.3: Sensor CO2 MQ-7



Bajo nivel de ruido: 0.06hPa (0,5 m) en el modo de ultra bajo consumo de energía

0.02hPa (0,17 m) Modo de resolución avanzada

- Medición de temperatura incluida
- Interfaz I2C
- Totalmente calibrada
- Pb libre, obediente libre de halógenos y RoHS,
- MSL 1

Las aplicaciones típicas

Mejora de la navegación GPS (de estima, detección de pendiente, etc.)

Pronóstico del tiempo

#### Descripción general BMP180

El BMP180 es el sucesor compatible con la función de la BMP085, una nueva generación de sensores de presión digital de alta precisión para aplicaciones de consumo.

El ultra-bajo consumo de energía, la electrónica de baja tensión de la BMP180 está optimizado para su uso en teléfonos, PDAs, dispositivos de navegación GPS móviles y el equipo al aire libre. Con un ruido de baja altitud de sólo 0,25 m en el momento de la conversión rápida, la BMP180 ofrece un rendimiento superior. La interfaz I2C permite la fácil integración del sistema con un microcontrolador.

El BMP180 se basa en tecnología piezo-resistivo de robustez EMC, de alta precisión y linealidad, así como la estabilidad a largo plazo.

Robert Bosch es el líder del mercado mundial de sensores de presión en aplicaciones de automoción. Basado en la experiencia de más de 400 millones de sensores de presión en el campo, el BMP180 sigue una nueva generación de sensores de presión micro-mecanizado.

1. Características eléctricas

Si no se indica lo contrario, los valores dados son valores  $\pm 3$  Sigma más rango de temperatura / voltaje en el modo de operación dada. Todos los valores representan la nueva especificación partes; deriva de soldadura adicional se muestra por separado.

Tabla: Condiciones de funcionamiento, la señal de salida y mecánicas características.

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature	T <sub>A</sub>	operational	-40		+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Supply voltage	V <sub>DD</sub>	ripple max. 50mVpp	1.8	2.5	3.6	V
			1.62	2.5	3.6	
Supply current @ 1 sample / sec. 25°C	I <sub>DDL</sub>	ultra low power mode		3		µA
	I <sub>DDST</sub>	standard mode		5		µA
	I <sub>DDHR</sub>	high resolution mode		7		µA
	I <sub>DDUHR</sub>	Ultra high res. mode		12		µA
	I <sub>DDAR</sub>	Advanced res. mode		32		µA
Peak current	I <sub>peak</sub>	during conversion		650	1000	µA
Standby current	I <sub>DDSBM</sub>	@ 25°C		0.1	4 <sup>1</sup>	µA
Relative accuracy pressure V <sub>DD</sub> = 3.3V		950 ... 1050 hPa @ 25 °C		±0.12		hPa
		700 ... 900hPa 25 ... 40 °C		±1.0		m
Absolute accuracy pressure V <sub>DD</sub> = 3.3V		300 ... 1100 hPa 0 ... +65 °C	-4.0	-1.0*	+2.0	hPa
		300 ... 1100 hPa -20 ... 0 °C	-6.0	-1.0*	+4.5	hPa
Resolution of output data		pressure		0.01		hPa
		temperature		0.1		°C
Noise in pressure		see table on page 12-13				
Absolute accuracy temperature V <sub>DD</sub> = 3.3V		@ 25 °C	-1.5	±0.5	+1.5	°C
		0 ... +65 °C	-2.0	±1.0	+2.0	°C

Tabla 3.3: características eléctrica sensor bmp180



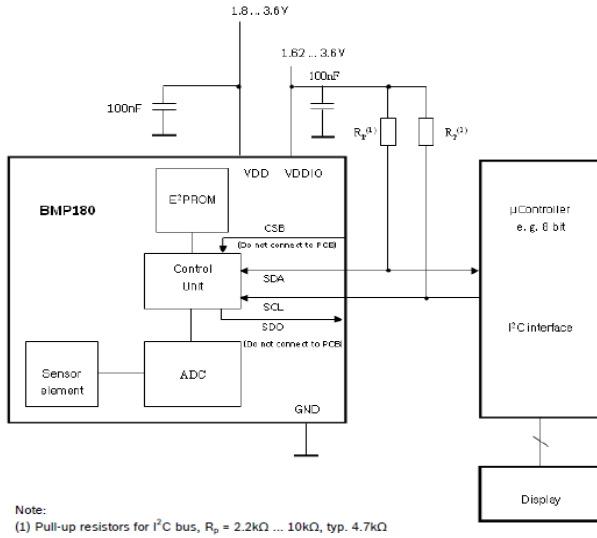


Figura 3.6: Diagrama a bloques equivalente



Figura 3.7: Aspecto físico

### 3.2.2.3 UVM30A

El sensor UV se utiliza para la detección de la intensidad de la (UV) ultravioleta incidente. Esta forma de radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible. Este módulo se basa en el sensor de UVM-30A, que tiene una amplia gama espectral de 200 nm-370 nm. El módulo de salidas de señal eléctrica que varía con la intensidad de los rayos UV.

#### Especificaciones

- Voltaje de funcionamiento: DC 3 ~ 5V
- Curen: 0.06mA (estándar) / 0,1 mA (máx.)
- Longitud de onda de respuesta: 200 ~ 370nm
- Temperatura de trabajo: -20 ~ 85'C

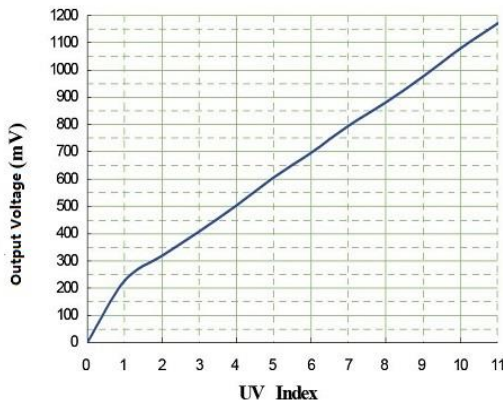


Figura 3.8: grafica de voltaje de salida con respecto a la intensidad UV

紫外线指数 UV Index	0	UV INDEX 1	UV INDEX 2	UV INDEX 3	UV INDEX 4	UV INDEX 5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
紫外线指数 UV Index	UV INDEX 6	UV INDEX 7	UV INDEX 8	UV INDEX 9	UV INDEX 10	UV INDEX 11+
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+

Figura 3.9: índice UV vs voltaje de salida



### 3.2.2.4 DHT11

DHT11 ofrece un complejo sensor de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrado. Mediante el uso de la señal digital de adquisición exclusiva técnica y la tecnología de detección de temperatura y humedad, que garantiza una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye un componente de medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC, y se conecta a un alto rendimiento de 8 bits microcontrolador, que ofrece una excelente calidad, respuesta rápida, capacidad anti-interferencia y la rentabilidad.

Especificaciones técnicas: Información general:

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 C	+ 5% RH	±2C	1	4 Pin Single Row

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
<b>Humidity</b>				
<b>Resolution</b>		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
<b>Repeatability</b>			± 1%RH	
<b>Accuracy</b>	25 C		± 4%RH	
	0-50 °C			± 5%RH
<b>Interchangeability</b>	Fully Interchangeable			
<b>Measurement Range</b>	0C	30%RH		90%RH
	25 C	20%RH		90%RH
	50 C	20%RH		80%RH
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)25C , 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
<b>Hysteresis</b>			± 1%RH	
<b>Long-Term Stability</b>	Typical		± 1%RH/year	
<b>Temperature</b>				
<b>Resolution</b>		1C	1C	1C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
<b>Repeatability</b>			± 1C	
<b>Accuracy</b>		± 1C		± 2C
<b>Measurement Range</b>		0C		50 C
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)	6 S		30 S

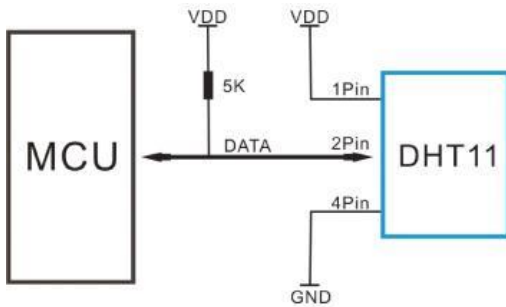


Figura 3.10: Diagrama esquemático

Proceso de Comunicación general

Cuando MCU envía una señal de arranque, DHT11 cambia del modo de bajo consumo de energía para el modo de funcionamiento, a la espera de MCU completar la señal de inicio. Una vez que se ha completado, DHT11 envía una señal de respuesta de los datos de 40 bits que incluyen la humedad relativa y la información de la temperatura a la MCU. Los usuarios pueden optar por cobrar (leer) algunos datos. Sin la señal de arranque del MCU, DHT11 no dará la señal de respuesta a la MCU. Una vez recolectados los datos, DHT11 cambiará al modo de consumo de energía de baja hasta que reciba una señal de arranque de MCU de nuevo.

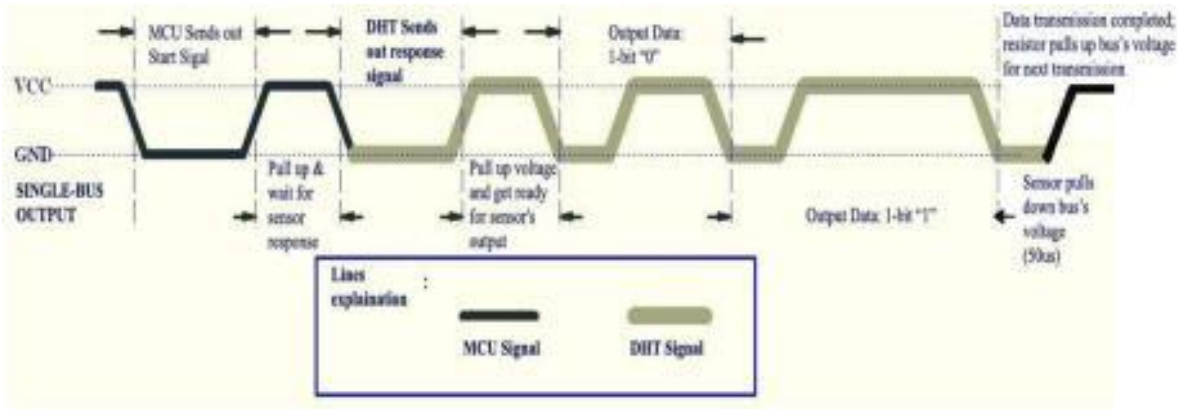


Figura 3.11: Proceso de Comunicación general

MCU Emite señal de inicio a DHT

Los datos de estado libre solo bus están en alto nivel de tensión. Cuando empieza la comunicación entre MCU y DHT11, el programa de MCU fijará el nivel de tensión de un solo bus de datos de alta a baja y este proceso debe tener al menos 18 ms para asegurar la detección de DHT de la señal de MCU, entonces MCU se tire hacia arriba de tensión y esperar 20 -40us para la respuesta de DHT.

### 3.2.3 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN

#### 3.2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES MODULO INALÁMBRICO XBEE

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE\_802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (destacan Mitsubishi, Honeywell, Philips, \_ ODEM\_ do, Invensys, entre otras), muchas de ellas fabricantes de semiconductores. Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de bluetooth, este protocolo no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo así como también del tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, etc) El alcance normal con antena dipolo en línea vista es de aproximadamente (tomando como ejemplo el caso de MaxStream, en la versión de 1mW de potencia) de 100m y en interiores de unos 30m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256kbps. Una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta 65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos (ver figuras 3.12 y 3.13). [3]



Figura 3.12: Modulo Xbee con antena incluida



Figura 3.13: Modulo Xbee sin antena

Entre las necesidades que satisface el módulo se encuentran:

- Bajo costo.

- Ultra-bajo consumo de potencia.
- Uso de bandas de radio libres y sin necesidad de licencias.
- Instalación barata y simple.
- Redes flexibles y extensibles.

El uso del protocolo Zigbee va desde reemplazar un cable por una comunicación serial inalámbrico, hasta el desarrollo de configuraciones punto a punto, multipunto, peer-to-peer (todos los nodos conectados entre sí) o redes complejas de sensores. Una conexión típica se muestra en la figura 3.14, donde se observa que cada módulo Xbee posee algún tipo de sensor, el cual entrega los datos para ser enviados a través de la red a un Centro que administre la información.

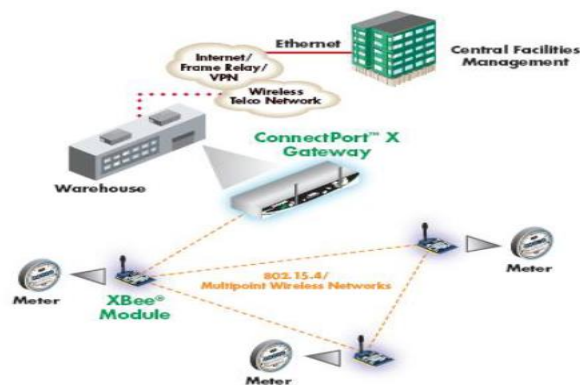


Figura 3.14: Infraestructura creada con módulos\_Xbee

### 3.2.3.2 APLICACIONES

Cada módulo Zigbee, al igual que ocurre con las direcciones MAC de los dispositivos Ethernet, tiene una dirección única. En el caso de los módulos Zigbee cada uno de ellos tiene una dirección única de 64bits que viene grabada de fábrica. Por otro lado, la red Zigbee, utiliza para sus algoritmos de ruteo direcciones de 16 bits. Cada vez que un dispositivo se asocia a una red Zigbee, el Coordinador al cual se asocia le asigna una dirección única en toda la red de 16bits.

Por eso el número máximo teórico de elementos que puede haber en una red Zigbee es de  $2^{16} = 65535$ , que es el n° máximo de direcciones de red que se pueden asignar.

Estos módulos Xbee, pueden ser ajustados para usarse en redes de configuración punto-a-punto, punto-a-multipunto o peer-to-peer. Un ejemplo se muestra en la

Figura 3.15, donde se muestra una conexión multipunto, con un coordinador, conectado a varios nodos.

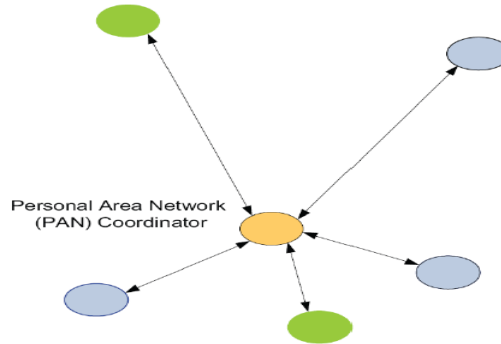


Figura 3.15: Ejemplo conexión multipunto

También existen los llamados módulos Xbee PRO de la Serie 1 que se diferencian en la capacidad de alcance, permitiendo en algunos casos doblar la distancia de transmisión, ya que poseen una mayor potencia en la señal. Con los módulos Xbee PRO de la Serie 2, es posible crear redes más complejas, como las llamadas MESH. Estas permiten acceder a un punto remoto, utilizando módulos intermedios para llegar como routers. Además los módulos automáticamente generaran la red entre ellos, sin intervención humana alguna, permitiendo la reparación de la red en caso de que algún nodo falle. Al mismo tiempo la red por sí sola resuelve la mejor ruta para un determinado paquete.

### 3.2.3.3 CIRCUITO BÁSICO

Muestra las conexiones mínimas (ver figura 3.14) que necesita el módulo Xbee para poder ser utilizado. Luego de esto, se debe configurar según el modo de operación que se desea para la aplicación requerida por el usuario, tal y como se muestra en la siguiente figura.

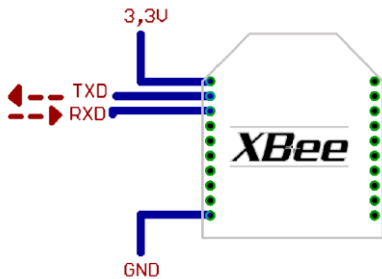


Figura 3.16: Conexiones mínimas Xbee

El módulo requiere una alimentación desde 2.8 a 3.4 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (TXD y RXD) para comunicarse con un microcontrolador, o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor adecuado para los niveles de voltaje.

### **3.2.3.4 TRANSMISIÓN DE DATOS INALÁMBRICO CON XBEE**

La comunicación del Arduino junto Xbee se hace de unos dispositivos que están hechos para la plataforma Arduino y tienen el nombre de Wireless proto shield en este caso, son unos dispositivos que comunican al microprocesador de Arduino y al Xbee a través del puerto serial, es decir comunican al TX del microprocesador con el RX del Xbee y TX del Xbee con el RX del microprocesador. [6]

Cuando en la posición de Micro, el pin DOUT del módulo inalámbrico está conectado a la patilla RX del microcontrolador; DIN y está conectado a TX. El módulo inalámbrico entonces se comunicará con el microcontrolador. Tenga en cuenta que las RX y TX pins del microcontrolador están todavía conectados a los pines TX y RX (respectivamente) del convertidor de USB a serie. Los datos enviados desde el microcontrolador se transmiten al ordenador a través de USB, así como de ser enviado de forma inalámbrica por el módulo inalámbrico. El microcontrolador no ser programable a través de USB en este modo.

Con el interruptor en la posición USB, el pin DOUT el módulo inalámbrico está conectado al pin RX del convertidor de USB a serie y DIN del módulo inalámbrico está conectado al pin TX del convertidor de USB a serie. Esto significa que el módulo puede comunicarse directamente con el equipo. El microcontrolador de la placa será anulado. Para utilizar el escudo en este modo, debe programar el microcontrolador con un esquema vacío. [7]

Se encuentra en estos modos cuando al módulo le llega algún paquete RF a través de la antena(modos Receive) o cuando se manda información serial al buffer del pin 3 (UART Data in) que luego será transmitida (modo Transmit).

La información transmitida puede ser Directa o Indirecta. En el modo directo la información se envía inmediatamente a la dirección de destino. En el modo Indirecto la información es retenida durante un período de tiempo y es enviada sólo cuando la dirección de destino la solicita.

Además es posible enviar información por dos modos. Unicast y Broadcast. Por el primero, la comunicación es desde un punto a otro, y es el único modo que permite respuesta de quien recibe el paquete RF, es decir, quien recibe debe enviar un ACK (paquete llamado así, y que indica que recibió el paquete, el

usuario no puede verlo, es interno de los módulos) a la dirección de origen. Quien envió el paquete, espera recibir un ACK, en caso de que no le llegue, reenviará el paquete hasta 3 veces o hasta que reciba el ACK. En el modo Broadcast la comunicación es entre un nodo y a todos los nodos de la red. En este modo, no hay confirmación por ACK.[8]

### **3.2.3.5 MODULO ETHERNET SHIELD**

La Arduino Ethernet Shield permite a una placa Arduino para conectarse a internet. Se basa en la Wiznet W5100 chip de Ethernet ( hoja de datos ). El Wiznet W5100 proporciona una red (IP) apilar capaz de TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de socket simultáneas. Utilice la biblioteca de Ethernet para escribir bocetos que se conectan a Internet a través de la pantalla. El escudo de Ethernet se conecta a una placa Arduino usando largas encabezados por arrollamiento de hilo que se extienden a través del escudo. Esto mantiene la disposición de pines intacta y permite que otro escudo para ser apilados en la parte superior.

El escudo tiene una conexión Ethernet RJ-45 estándar, con un transformador de línea integrada y alimentación a través de Ethernet habilitado.

Hay una ranura de tarjeta micro-SD a bordo, que se puede utilizar para almacenar archivos para servir a través de la red. Es compatible con el Arduino Uno y Mega (utilizando la librería Ethernet). El lector de tarjetas microSD a bordo es accesible a través de la Biblioteca SD. Cuando se trabaja con esta biblioteca, SS es el Pin 4.

El escudo también incluye un controlador de reajuste, para asegurar que el módulo Ethernet W5100 se restablece correctamente en el encendido.

El escudo actual tiene una alimentación a través de Ethernet (PoE módulo) diseñado para extraer energía de un cable Ethernet de par trenzado de categoría

5 convencional:

- IEEE802 .3af compatible
- Ondulación baja producción y el ruido (100mVpp)
- Entrada rango de voltaje de 36V a 57V
- Sobrecarga y cortocircuito protección
- 9V de salida
- Alta eficiencia convertidor DC / DC: tip 75% @ 50% de carga
- Aislamiento 1500 V (entrada a la salida)

Arduino se comunica tanto con el W5100 y tarjeta SD con el bus SPI (a través de la cabecera ICSP). Esto es en los pines digitales 10, 11, 12, y 13 en el Uno y los pines 50, 51, y 52 en la Mega. En ambas tablas, el pin 10 se utiliza para seleccionar el W5100 y el pin 4 de la tarjeta SD. Estos pines no se pueden utilizar para general I / O. En los Mega, el pin SS hardware, no se utiliza para seleccionar el W5100 o la tarjeta SD, pero se debe tener como la interfaz SPI no funcionará salida.

El protector provee un estándar RJ45 conector Ethernet.

El botón de reinicio en el escudo restablece tanto el W5100 y la placa Arduino.

El escudo contiene una serie de informativos LEDs:

- PWR: indica que la placa y el escudo son powered.
- LINK: indica la presencia de un enlace de red y parpadea cuando el escudo transmite o recibe datos.
- FULLD: indica que la conexión de red es full dúplex.
- 100M: indica la presencia de un Mb / s 100 conexión de red (en contraposición a 10 Mb / s).
- RX: Parpadea cuando el escudo recibe datos.
- TX: parpadea cuando el escudo envía datos.
- COLL: parpadea cuando se detectan colisiones de red.



El puente de soldadura marcada "INT" puede conectarse a permitir que la placa Arduino para recibir una notificación por interrupciones de eventos desde el W5100, pero esto no es apoyado por la librería Ethernet. El puente conecta el pin INT del W5100 para pin digital 2 de la Arduino.

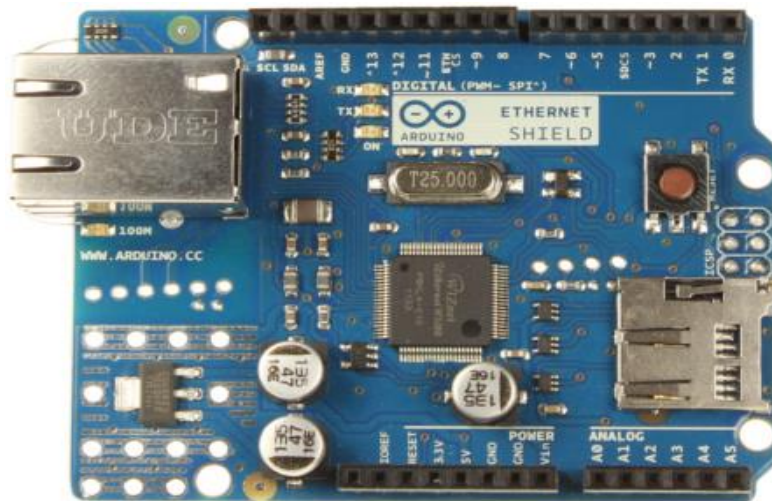


Figura 3.17: Ethernet Shield

### 3.2.4 AMPLIFICADOR

Los amplificadores operacionales son dispositivos compactos activos y lineal es de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada.

Un amplificador operacional (A.O) está compuesta por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida.

La señal proveniente de los sensores necesita se amplificada por lo cual se utiliza los siguientes circuitos integrados.

#### AMPLIFICADOR OPERACIONAL

La señal proveniente del sensor necesita ser amplificada, se utiliza el amplificador TL081, este es un circuito compuesto de un amplificador operacional independiente, diseñado para funcionar con alimentación simple o dual.

La ganancia se la configura por medio de resistores externos, siendo una ganancia proporcionada a la diferencia de resistencias.

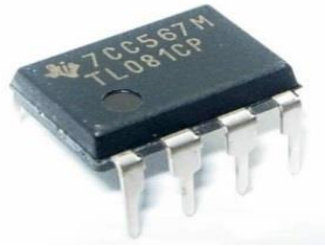


Figura 3.18: Amplificador operacional TL081

### 3.2.4.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL.

El sensor UVM30A debe ser alimentado mediante una señal de DC 3 ~ 5V. Para este fin se utilizara un regulador de 5V, TI081.

Según las especificaciones del fabricante se debe usar un amplificador operacional de manera que se tenga una impedancia de entrada lo suficientemente grande para que la medición del sensor sea la correcta.

La señal de salida varía de 0 a 1170mv por lo que es necesario un proceso de tratamiento de señal para utilizar toda la resolución de conversor AD

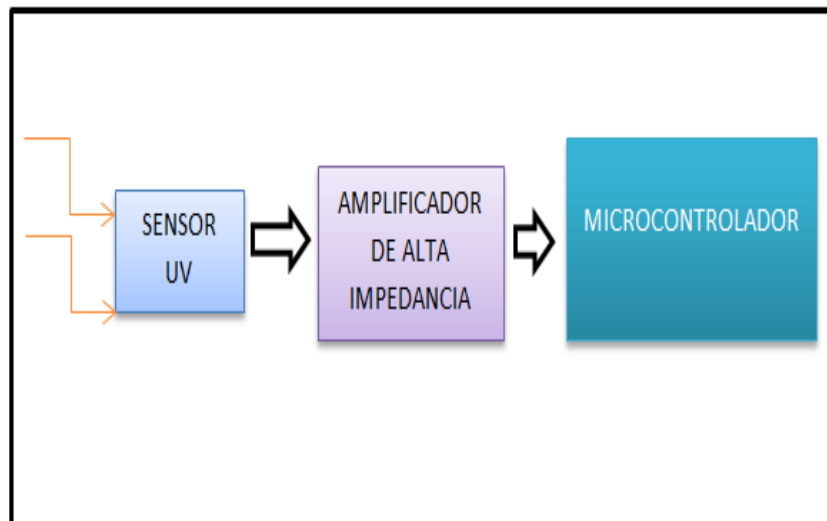


Figura 3.19: Diagrama bloques de acondicionamiento sensor UV

Para tener una impedancia alta se debe utilizar amplificadores operacionales en modo seguidor emisor como se especifica en la documentación del fabricante.

De esta forma cualquier instrumento o dispositivo que se agregue no influirá en la medición. Debido a que la señal del sensor varía de 0 a 1170mv es necesaria una etapa posterior de amplificación y adecuación para obtener una respuesta que varía desde 0 a 5V.

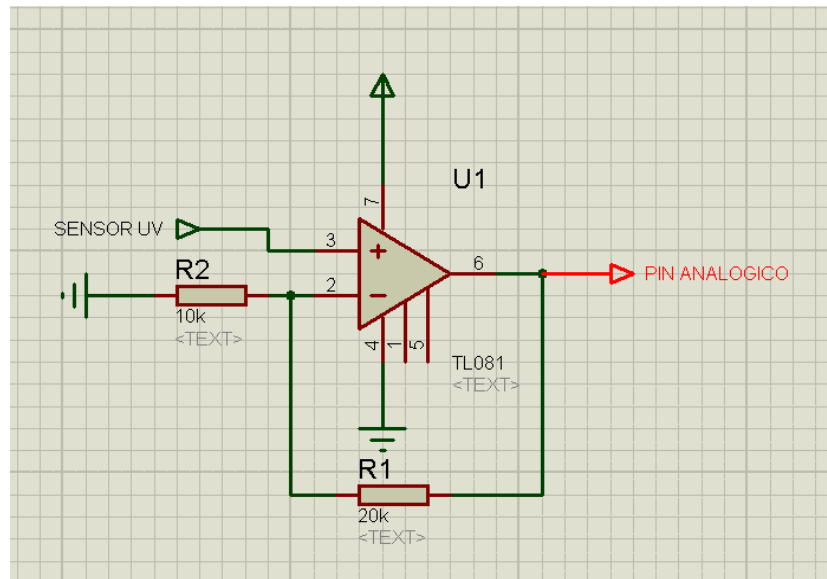


Figura 3.20: Simulación de acondicionamiento del sensor UV

### 3.2.4.2 CONVERSIÓN A/D DEL ARDUINO

El controlador Atmega que usa Arduino lleva incluido un conversor analógico-digital (A/D) de 6 canales. Tiene una resolución de 10 bits, retornando enteros desde 0 a 1023. Mientras que el uso principal de estos pines por los usuarios de Arduino es para la lectura de sensores analógicos, estos pines tienen también toda la funcionalidad de los pines de entrada-salida de propósito general (GPIO) (al igual que los pines 0 - 13).

Consecuentemente, si un usuario necesita más pines de propósito general de entrada-salida, y no se está usando ningún pin analógico, estos pines pueden usarse como GPIO.

Los pines de Arduino correspondientes a los pines analógicos son desde el 14 al 19. Observa que esto son pines de Arduino y no corresponden con los números de los pines físicos del chip Atmega. Los pines analógicos, pueden usarse de manera idéntica que los digitales, así que por ejemplo, podrás ver un código como este para configurar un pin analógico, y establecerlo a HIGH:

```
pinMode (14, OUTPUT);
```

```
DigitalWrite (14, HIGH);
```

Los pines analógicos también tienen resistencias pullup, las cuales funcionan igual que en los pines digitales. Se activan cuando usamos instrucciones como la siguiente

```
digitalWrite (14, HIGH); // activa la resistencia pullup en el pin analogico 0
```

Mientras el pin es una *entrada (input)*.

Ten en cuenta que si, por descuido, activamos una resistencia pullup, mientras usamos algunos sensores, los valores obtenidos por `analogRead ()` se verán afectados. La mayoría de los usuarios usaran las resistencias pullup cuando usen un pin analógico como digital. [9]

### 3.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

#### 3.3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

Construcción del circuito de adquisición de datos mediante los sensores para la construcción de la placa, se ha diseñado tomando en cuenta sus diferentes componentes. En la figura 3.22 se representa los circuitos esquemáticos a través del cual se procederá a la elaboración de la placa.

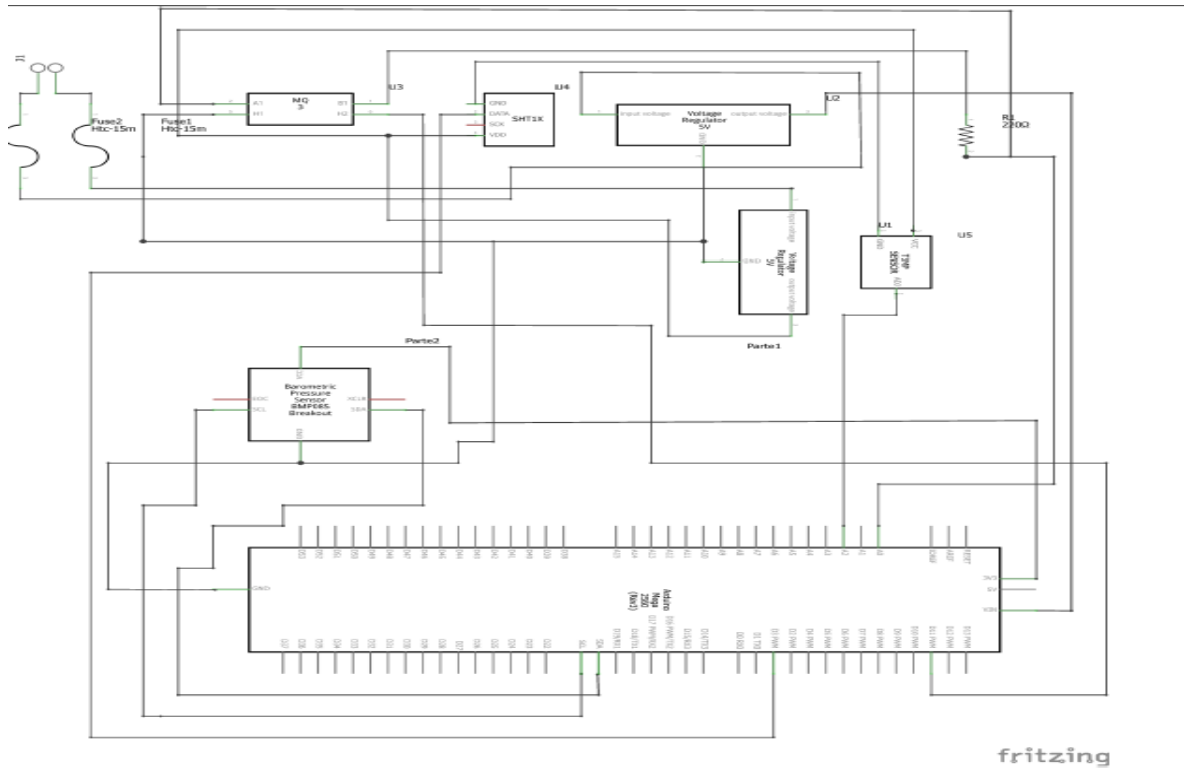


Figura 3.22: Circuito esquemático para la placa de los sensores

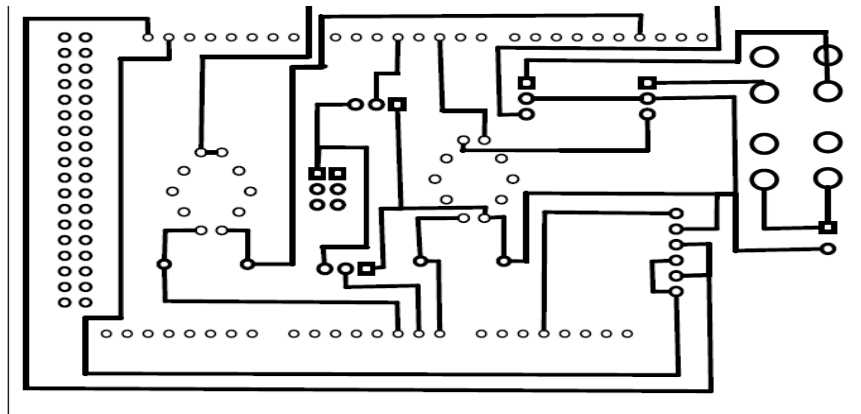


Figura 3.23 PCB del circuito de los sensores

### 3.3.2 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL DE CARGA

Para alimentar el circuito de la estación se utilizará una batería que contará con un control de carga para que la estación sea totalmente sustentable contando con unos paneles solares que se utilizaran para cargar la batería cuando tenga un nivel bajo de carga y para optimizar el consumo del circuito.

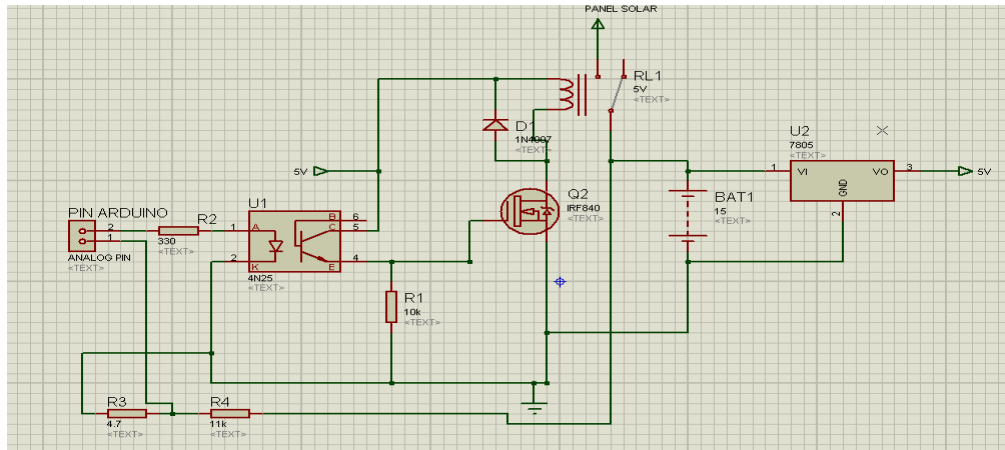


Figura 3.24: Circuito y simulación del control de carga

Se fabricó una adaptación para estos circuitos, la cual se realizó con el uso de una placa fenólica tal como se muestra en las siguientes figuras:

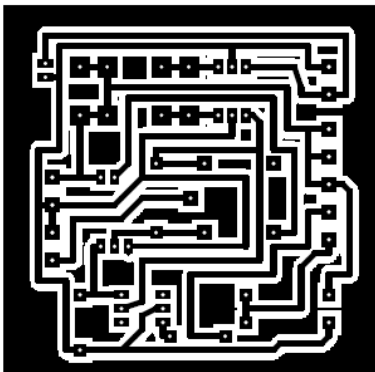


Figura 3.25: PCB control de carga

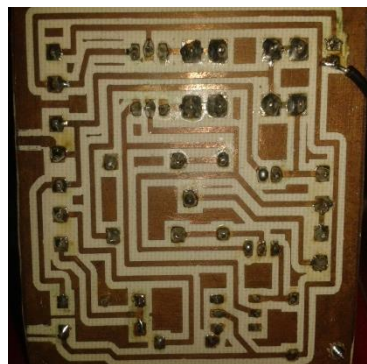


Figura 3.26: placa fenólica

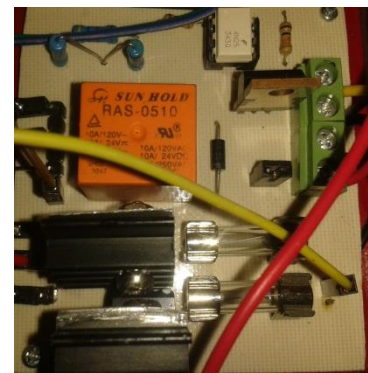


Figura 3.27: parte superior de la placa fenólica

### **3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

1. Recopilación de información e investigación
  
1. Diseño del algoritmo de adquisición de parámetros meteorológicos.
  
2. Desarrollo del algoritmo de comunicación Ethernet.
  
3. Diseño de la página web para la visualización de datos ambientales.
  
4. Pruebas y corrección de errores
  
5. Entregas del prototipo.

# **CAPÍTULO IV**

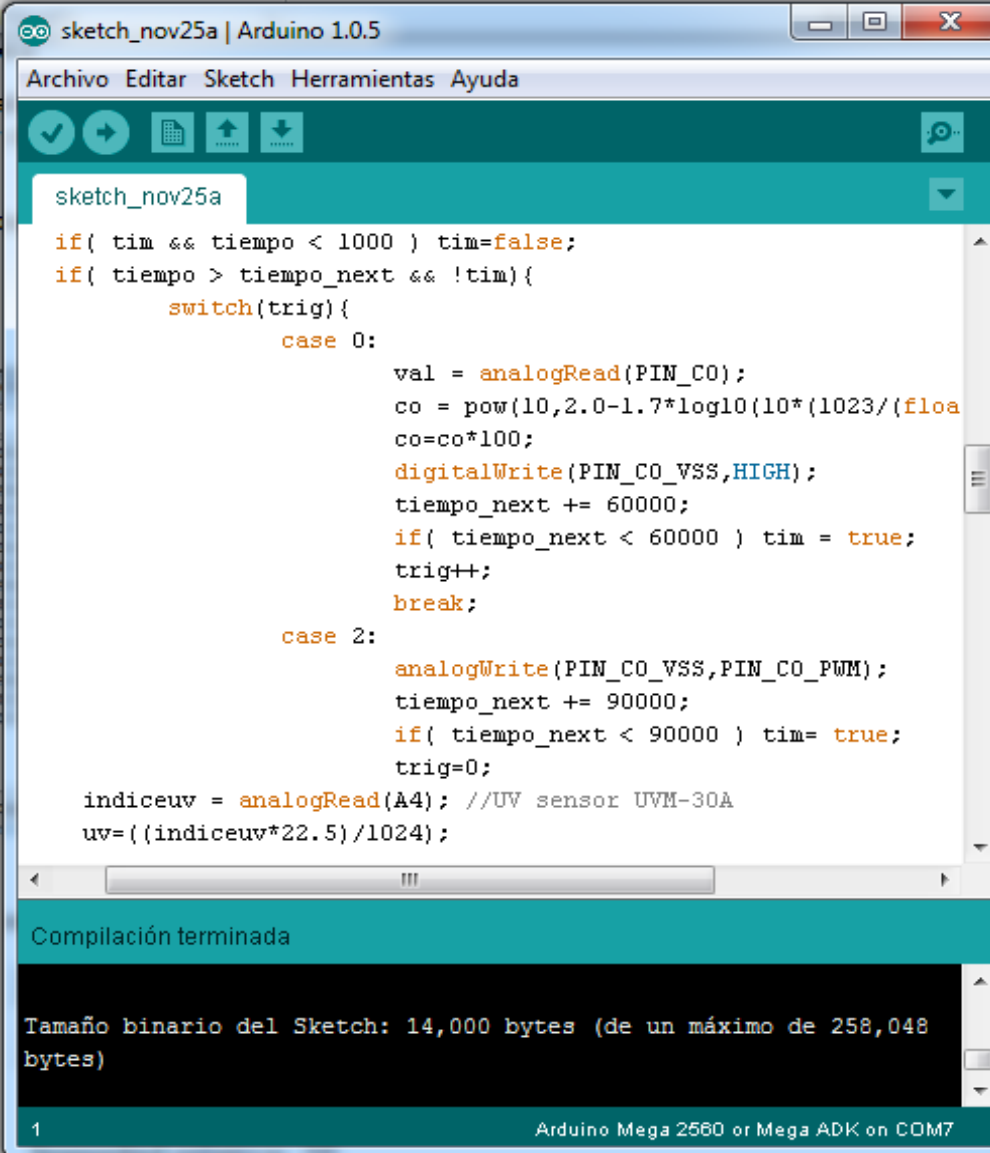
## **PRUEBAS Y RESULTADOS**



## 4.1 PRUEBAS

Con la finalidad de determinar el funcionamiento adecuado del sistema de monitoreo y diagnóstico, es necesario realizar pruebas del funcionamiento de los sensores.

Se realizó el algoritmo de adquisición y envió de datos en la plataforma de arduino.1.0.5 que cumpliera con los requerimientos de procesamiento de valores analógicos, digitales y entregue mediciones confiables, por tal motivo de realizo su caracterización en un día despejado.

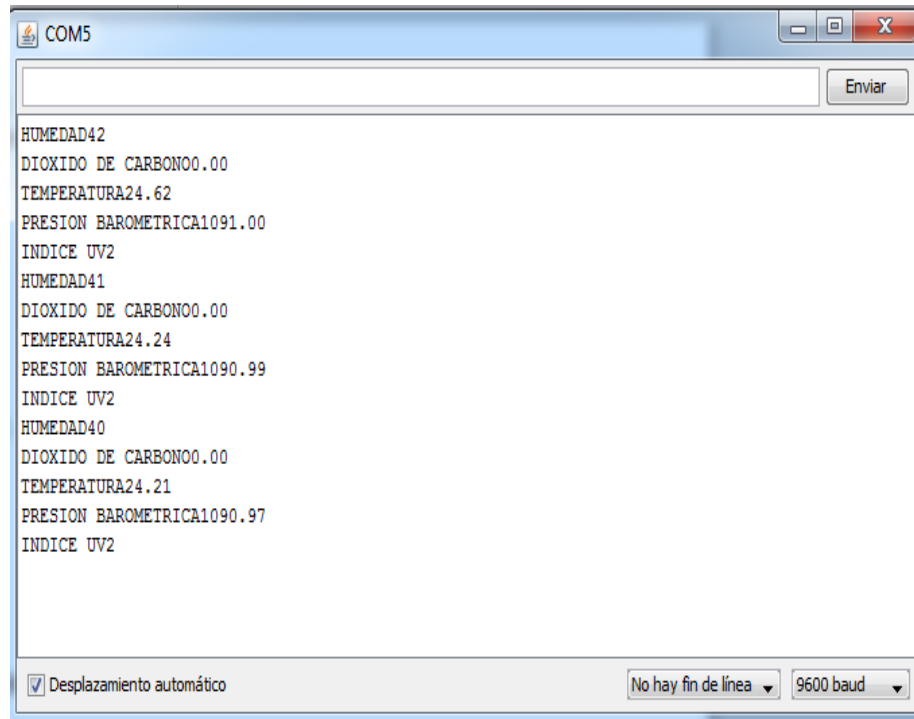


```
sketch_nov25a | Arduino 1.0.5
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_nov25a
if( tim && tiempo < 1000 ) tim=false;
if( tiempo > tiempo_next && !tim){
    switch(trig){
        case 0:
            val = analogRead(PIN_CO);
            co = pow(10,2.0-1.7*log10(10*(1023/(float)val)));
            co=co*100;
            digitalWrite(PIN_CO_VSS,HIGH);
            tiempo_next += 60000;
            if( tiempo_next < 60000 ) tim = true;
            trig++;
            break;
        case 2:
            analogWrite(PIN_CO_VSS,PIN_CO_PWM);
            tiempo_next += 90000;
            if( tiempo_next < 90000 ) tim= true;
            trig=0;
    }
    indiceuv = analogRead(A4); //UV sensor UVM-30A
    uv=((indiceuv*22.5)/1024);
}

Compilación terminada
Tamaño binario del Sketch: 14,000 bytes (de un máximo de 258,048 bytes)
1 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM7
```

Figura 4.1: Código de prueba de sensores

A continuación se muestra los valores de las pruebas realizadas del dispositivo obteniendo las siguientes mediciones realizadas en la Figura 4.2.



**Figura 4.2: Monitor serial de datos enviados en la plataforma arduino**

Para él envió de datos se busca enviar los datos de la siguiente manera HxxxCxxxTxxxPxxxUxxx para su concatenación y envió a través del módulo Xbee.

La cual se comprobó utilizando el siguiente algoritmo. Obteniendo como ejemplo H42C000T2462S1901U2

```
Serial.print(h);
Serial.print('H');
Serial.print(co);
Serial.print('C');
Serial.print(T);
Serial.print('T');
Serial.print(p0);
Serial.print('S');
Serial.print(uv);
Serial.print('U');
Serial.flush();
```

Para su posterior desconcatenación se utilizó el siguiente algoritmo para reconocer y separa la cadena de datos que fue enviado desde la estación meteorológica para ser visualizada desde la interfaz web.

```

if (LerSerial == 1){

    char *chpt = strtok(valorlido, "H");
    if (chpt > 0) {
        humidity= atof(chpt);
    }
    chpt = strtok(NULL, "C");
    if (chpt > 0){
        monoxi= atoi(chpt);
        monoxi=monoxi/100;
    }
    chpt = strtok(NULL, "T");
    if (chpt > 0){
        temperatureOut = atoi(chpt);
        temperatureOut=temperatureOut/100;
    }
    chpt = strtok(NULL, "S");
    if (chpt > 0){
        pressure = atoi(chpt);
    }
    chpt = strtok(NULL, "U");
    if (chpt > 0){
        uv = atoi(chpt);
    }
}

```

Se realizó un algoritmo en el cual se hace la comunicación de arduino con la tarjeta Ethernet Shield obteniendo como resultado los valores que se presentan en la figura 4.3.

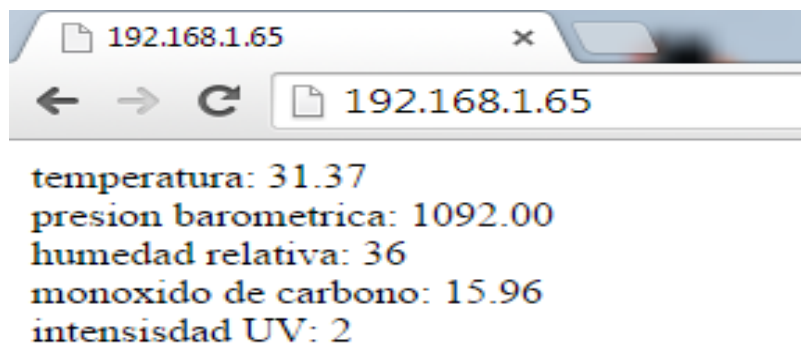


Figura 4.3: Monitor desde la página web

## Almacenamiento de datos en Excel

Teniendo la necesidad de poder tener disponible los valores para una futura consulta se propone realizar este almacenamiento a través de Excel, incorporando para cada medición la hora.

Esta tarea se re realiza guardando en primer lugar los valores de los sensores en un archivo de texto, para poder realizar esta captura se utiliza el software libre NetBeans IDE 8.0.2 que es capaz de capturar los datos que son mandados a través del puerto serie.

Posteriormente se importan los datos del archivo de texto a Excel donde es necesario utilizar un marco para poder insertar la hora de las mediciones.

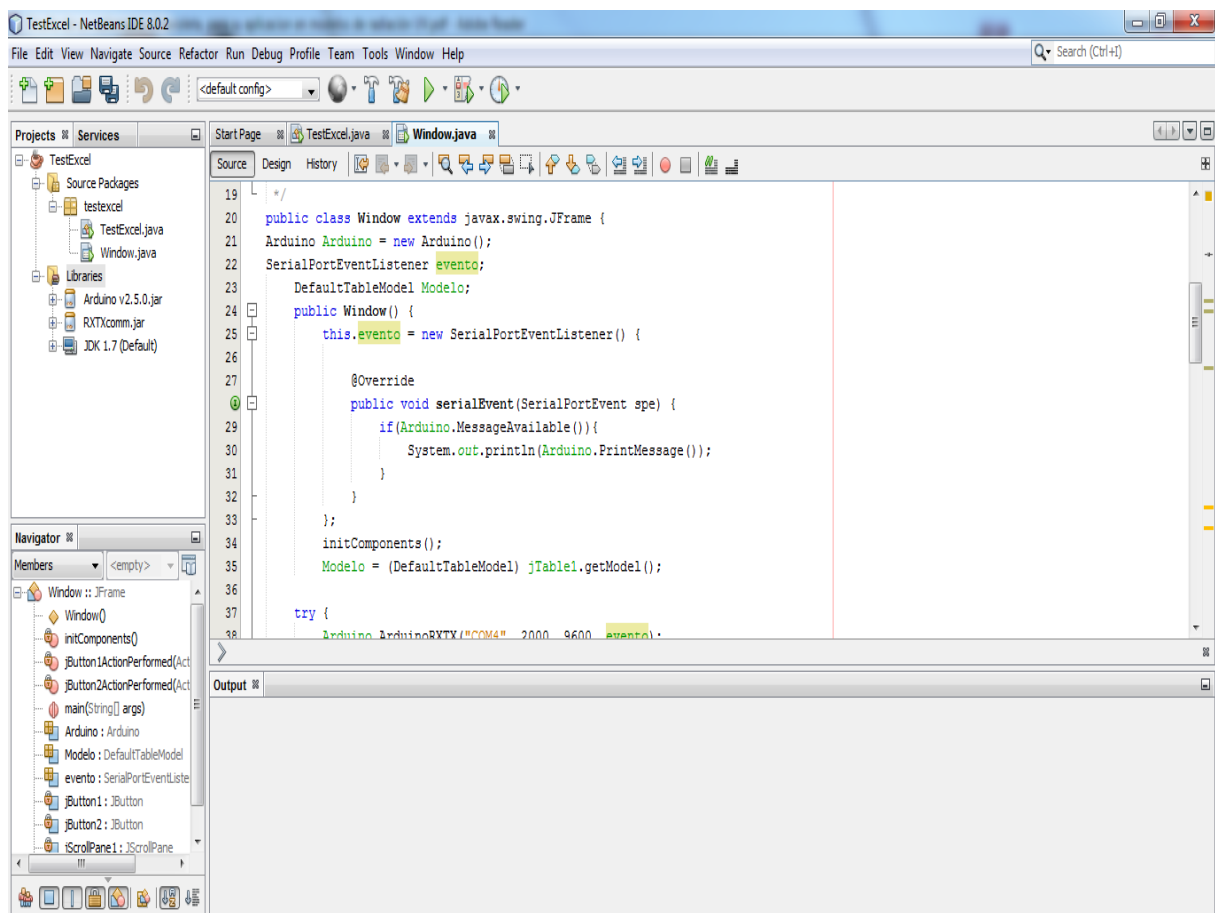


Figura 4.4: software NetBeans

Codigo en software Netbeans:

```

package testexcel;
import Arduino.Arduino;
import gnu.io.SerialPortEvent;
import gnu.io.SerialPortEventListener;
import java.io.FileOutputStream;
import java.lang.Thread.State;
import java.util.Calendar;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.swing.table.DefaultTableModel;
import org.apache.poi.hssf.usermodel.HSSFCell;
import org.apache.poi.hssf.usermodel.HSSFRow;
import org.apache.poi.hssf.usermodel.HSSFSheet;
import org.apache.poi.hssf.usermodel.HSSFWorkbook;
public class Window extends javax.swing.JFrame {
    Arduino Arduino = new Arduino();
    int slot=1;
    double humedad=0;
    double temperatura=0;
    double presion=0;
    double monoxido=0;
    double intensidaduv=0;
    int lecturas=0;
    Calendar Calendario = Calendar.getInstance();
    SerialPortEventListener evento = new SerialPortEventListener() {

        @Override
        public void serialEvent(SerialPortEvent spe) {
            if(Arduino.MessageAvailable()){
                if(slot==1){
                    if(lecturas>1){
                        TableUpdate();
                    }
                    slot=2;
                    lecturas++;
                    temperatura=Double.parseDouble(Arduino.PrintMessage());
                }
                else if(slot==2){ slot=3;
                    humedad=Double.parseDouble(Arduino.PrintMessage());
                }
                else if(slot==3){ slot=4;
                    presion=Double.parseDouble(Arduino.PrintMessage());
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        else if(slot==4){ slot=5;
monoxido=Double.parseDouble(Arduino.PrintMessage());
        }
        else if(slot==5){ slot=1;
intensidaduv=Double.parseDouble(Arduino.PrintMessage());
        }
    }}
};
DefaultTableModel Modelo;
boolean State = false;

public void TableUpdate(){
    String Output = "";
    String hora = Calendario.get(Calendar.HOUR_OF_DAY) + "";
    String minuto = Calendario.get(Calendar.MINUTE) + "";
    String segundos = Calendario.get(Calendar.SECOND) + "";
    if (Integer.parseInt(hora) < 10) {
        hora = "0" + hora;
    }
    if (Integer.parseInt(minuto) < 10) {
        minuto = "0" + minuto;
    }
    if (Integer.parseInt(segundos) < 10) {
        segundos = "0" + segundos;
    }

    Output = hora + ":" + minuto + ":" + segundos;
    Calendario = Calendar.getInstance();

Modelo.addRow(new
Object[] {Output+"" ,temperatura,humedad,presion,monoxido,intensidaduv});
}

public Window() {
    initComponents();
    Modelo = (DefaultTableModel) jTable1.getModel();

    try {
        Arduino.ArduinoRXTX("COM7", 2000, 9600, evento);
    } catch (Exception ex) {
        Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
    }
}

@SuppressWarnings("unchecked")
private void initComponents() {

```



```

        .addComponent(jScrollPane1,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 654, Short.MAX_VALUE)
        .addContainerGap()
    );
    layout.setVerticalGroup(
        layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
            .addContainerGap()
            .addComponent(jScrollPane1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 253,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)

        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.UNRELATED)

        .addGroup(layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASEL
INE)
            .addComponent(jButton2)
            .addComponent(jButton1))
            .addContainerGap(18, Short.MAX_VALUE))
    );

    pack();
}
private void jButton1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
if (State == true) {
    State = false;
    try {
        Arduino.SendData("0");
    } catch (Exception ex) {
        Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
ex);
    }
} else {
    State = true;
    try {
        Arduino.SendData("1");
    } catch (Exception ex) {
        Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
ex);
    }
}
}
}
public void FicheroExcel(String input) {
    HSSFWorkbook libro = new HSSFWorkbook();
    HSSFSheet hoja = libro.createSheet();
    HSSFRow fila = hoja.createRow(0);
    HSSFCell celda = fila.createCell(0);

```



```

celda.setCellValue("base de datos"); //tÃ-tulo
fila = hoja.createRow(1);
celda = fila.createCell(0);
celda.setCellValue("HORA");
celda = fila.createCell(1);
celda.setCellValue("TEMPERATURA");
celda = fila.createCell(2);
celda.setCellValue("HUMEDAD");
celda = fila.createCell(3);
celda.setCellValue("PRESION BAROMETRICA");
celda = fila.createCell(4);
celda.setCellValue("CO2");
celda = fila.createCell(5);
celda.setCellValue("INDICE UV");

for (int i = 0; i <= Modelo.getRowCount() - 1; i++) {
    fila = hoja.createRow(i + 2); //se crea la fila
    for (int j = 0; j <= 5; j++) {
        celda = fila.createCell(j); //se crea la celda
        celda.setCellValue(jTable1.getValueAt(i, j).toString()); //se le asigna el
valor
    }
}
try {
    FileOutputStream Fichero = new FileOutputStream(input);
    libro.write(Fichero);
    Fichero.close();
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
}
}
private void jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    javax.swing.JFileChooser Ventana = new javax.swing.JFileChooser();
    String ruta = "";
    try {
        if (Ventana.showSaveDialog(null) == Ventana.APPROVE_OPTION) {
            ruta = Ventana.getSelectedFile().getAbsolutePath() + ".xls";
            FicheroExcel(ruta);
        }
    } catch (Exception ex) {
        ex.printStackTrace();
    }
}
public static void main(String args[]) {
    try {
        for (javax.swing.UIManager.LookAndFeelInfo info :
javax.swing.UIManager.getInstalledLookAndFeels()) {

```

```

        if ("Nimbus".equals(info.getName())) {
            javax.swing.UIManager.setLookAndFeel(info.getClassName());
            break;
        }
    }
} catch (ClassNotFoundException ex) {

java.util.logging.Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(java.util.logging.L
evel.SEVERE, null, ex);
    } catch (InstantiationException ex) {

java.util.logging.Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(java.util.logging.L
evel.SEVERE, null, ex);
    } catch (IllegalAccessException ex) {

java.util.logging.Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(java.util.logging.L
evel.SEVERE, null, ex);
    } catch (javax.swing.UnsupportedLookAndFeelException ex) {

java.util.logging.Logger.getLogger(Window.class.getName()).log(java.util.logging.L
evel.SEVERE, null, ex);
    }
    java.awt.EventQueue.invokeLater(new Runnable() {
        public void run() {
            new Window().setVisible(true);
        }
    });
}
private javax.swing.JButton jButton1;
private javax.swing.JButton jButton2;
private javax.swing.JScrollPane jScrollPane1;
private javax.swing.JTable jTable1;
// End of variables declaration
}

```

En el código tiene como finalidad guardar la hora a la que se introduce un valor en cada celda, la hora en la columna A automáticamente el valor del cada sensor en la siguientes columnas (B, C, D, E, F).

En la figura (Figura 4.5) se muestra la interfaz para el almacenamiento de datos en Excel, así también se observan los datos obtenidos por cada sensor.

	A	B	C	D	E	F	G
1	base de datos						
2	HORA	TEMPERA	HUMEDAD	PRESION	CO2	INDICE UV	
3	19:44:52	26.57	38.0	1091.0	12.93	0	
4	19:48:14	26.57	38.0	1091.0	12.93	0	
5	19:49:08	27.54	38.0	1091.0	12.4	0	
6	19:49:58	27.54	38.0	1091.0	12.4	0	
7	19:50:49	27.54	38.0	1091.0	12.4	0	
8	19:51:42	28.19	37.0	1091.0	12.07	0	
9	19:52:33	28.19	37.0	1091.0	12.07	0	
10	19:53:23	28.19	37.0	1091.0	12.07	0	
11	19:54:05	28.67	38.0	1091.0	11.74	0	
12	19:54:55	28.67	38.0	1091.0	11.74	0	
13	19:55:45	28.67	38.0	1091.0	11.74	0	
14	19:56:39	28.98	38.0	1091.0	11.5	0	
15	19:57:30	28.98	38.0	1091.0	11.5	0	
16	19:58:20	28.98	38.0	1091.0	11.5	0	
17	19:59:14	29.33	39.0	1091.0	11.19	0	
18	20:00:05	29.33	39.0	1091.0	11.19	0	
19	20:00:55	29.33	39.0	1091.0	11.19	0	
20	20:01:36	29.61	37.0	1091.0	11.04	0	
21	20:02:27	29.61	37.0	1091.0	11.04	0	
22	20:03:17	29.61	37.0	1091.0	11.04	0	
23	20:04:11	29.72	38.0	1091.0	11.9	0	
24	20:05:01	29.72	38.0	1091.0	11.9	0	
25	20:05:52	29.72	38.0	1091.0	11.9	0	
26	20:06:33	29.76	38.0	1091.0	11.98	0	
27	20:07:24	29.76	38.0	1091.0	11.98	0	
28	20:08:14	29.76	38.0	1091.0	11.98	0	
29	20:09:08	29.5	37.0	1091.0	12.93	0	
30	20:09:58	29.5	37.0	1091.0	12.93	0	
31	20:10:49	29.5	37.0	1091.0	12.93	0	
32	20:11:42	29.01	37.0	1091.0	14.56	0	

Figura 4.5: Base de datos en Excel

## 4.2 RESULTADOS

Tabla de mediciones de los parámetros ambientales.

Cabe mencionar que estas mediciones se realizaron en la intemperie dentro de su contenedor.

base de datos						
HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD	PRESION BAROMETRICA	CO2	INDICE UV	
12:21:25	20.8	38		1089	4.24	3
12:23:31	20.8	38		1089	4.24	3
12:24:11	20.8	38		1089	4.24	3
12:24:44	21.84	40		1089	18.3	3
12:25:24	21.84	40		1089	18.3	3
12:26:04	21.84	40		1089	18.3	3
12:27:07	23.55	39		1089	18.3	3
12:27:47	23.55	39		1089	18.3	3
12:28:27	23.55	39		1089	18.3	4
12:29:07	23.55	39		1089	18.3	4
12:29:47	23.55	39		1089	18.3	4
12:30:31	24.97	38		1089	12.15	4
12:31:11	24.97	38		1089	12.15	3
12:31:51	24.97	38		1089	12.15	3
12:32:31	24.97	38		1089	12.15	5
12:33:04	25.76	38		1089	17.15	5
12:33:44	25.76	38		1089	17.15	5
12:34:27	26.18	37		1089	11.74	4
12:35:07	26.18	37		1089	11.74	3
12:35:47	26.18	37		1089	11.74	3
12:36:41	26.75	37		1089	13.57	4
12:37:21	26.75	37		1089	13.57	4
12:38:01	26.75	37		1089	13.57	4
12:38:41	26.75	37		1089	13.57	3
12:39:14	27.19	37		1089	16.19	3
12:41:39	27.53	37		1089	15.73	3
12:42:19	27.53	37		1089	15.73	3

Tabla 4.1: parámetros ambientales de 12:21PM a 12:42PM

base de datos					
HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD	PRESION BAROMETRICA	CO2	INDICE UV
16:15:34	23.22	37.0	1088.0	4.44	3
16:18:10	23.22	37.0	1088.0	4.44	3
16:18:50	23.22	37.0	1088.0	4.44	3
16:19:23	24.12	37.0	1088.0	17.02	3
16:20:03	24.12	37.0	1088.0	17.02	3
16:20:43	24.12	37.0	1088.0	17.02	3
16:21:47	25.75	37.0	1088.0	16.78	3
16:22:27	25.75	37.0	1088.0	16.78	3
16:23:07	25.75	37.0	1088.0	16.78	3
16:23:47	25.75	37.0	1088.0	16.78	3
16:24:20	27.21	37.0	1088.0	16.42	4
16:25:00	27.21	37.0	1088.0	16.42	4
16:25:40	27.21	37.0	1088.0	16.42	4
16:26:20	27.21	37.0	1088.0	16.42	4
16:26:53	27.43	37.0	1088.0	15.73	3
16:27:33	27.43	37.0	1088.0	15.73	3
16:28:13	27.43	37.0	1088.0	15.73	3
16:29:17	27.54	37.0	1088.0	15.29	3
16:29:57	27.54	37.0	1088.0	15.29	3
16:30:37	27.54	37.0	1088.0	15.29	3
16:31:17	27.54	37.0	1088.0	15.29	3
16:31:50	27.85	37.0	1088.0	15.08	3
16:32:30	27.85	37.0	1088.0	15.08	3
16:33:10	27.85	37.0	1088.0	15.08	3
16:33:50	27.85	37.0	1088.0	15.08	3
16:34:23	28.32	37.0	1088.0	14.87	3
16:35:04	28.32	37.0	1088.0	14.87	3
16:35:44	28.32	37.0	1088.0	14.87	3
16:36:47	28.44	37.0	1088.0	14.66	3
16:37:27	28.44	37.0	1088.0	14.66	3
16:38:07	28.44	37.0	1088.0	14.66	3
16:38:47	28.44	37.0	1088.0	14.66	3
16:39:20	28.3	37.0	1088.0	14.45	3
16:40:00	28.3	37.0	1088.0	14.45	3
16:40:40	28.3	37.0	1088.0	14.45	3
16:41:20	28.3	37.0	1088.0	14.45	3
16:41:54	28.33	40.0	1088.0	14.05	3

Tabla 4.2: parámetros ambientales de 16:15PM a 16:41PM

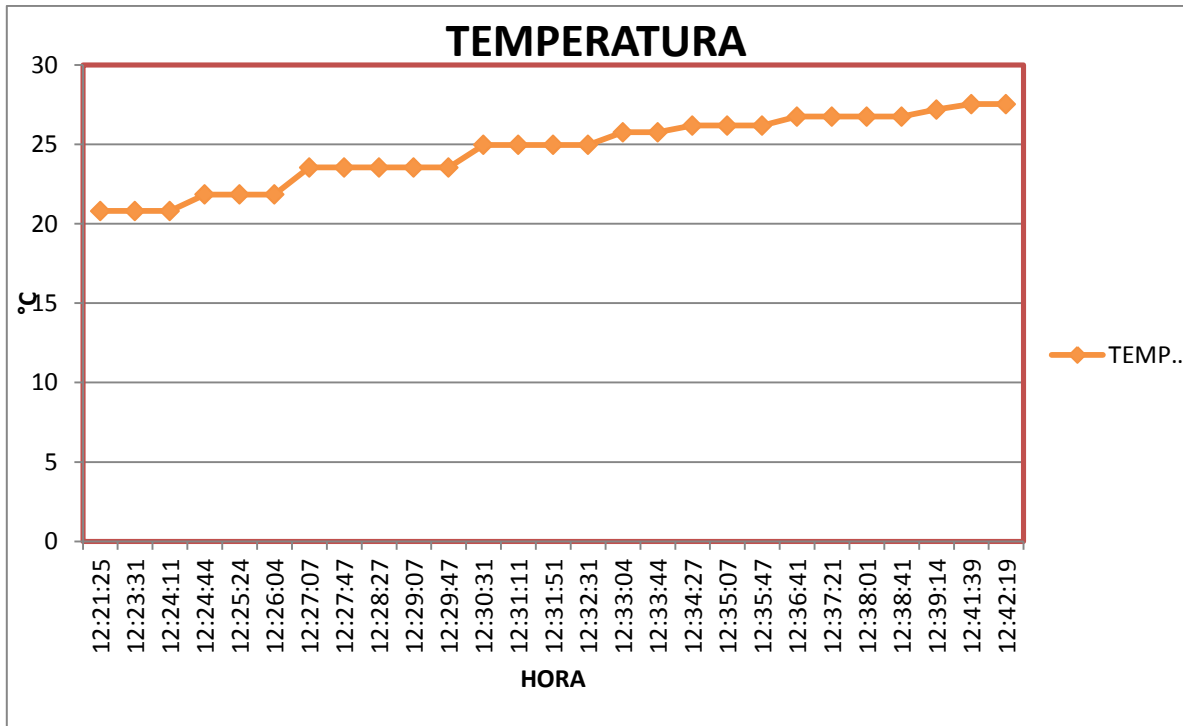


Figura 4.6: Grafica de temperatura [°C] cada 2:30 minutos

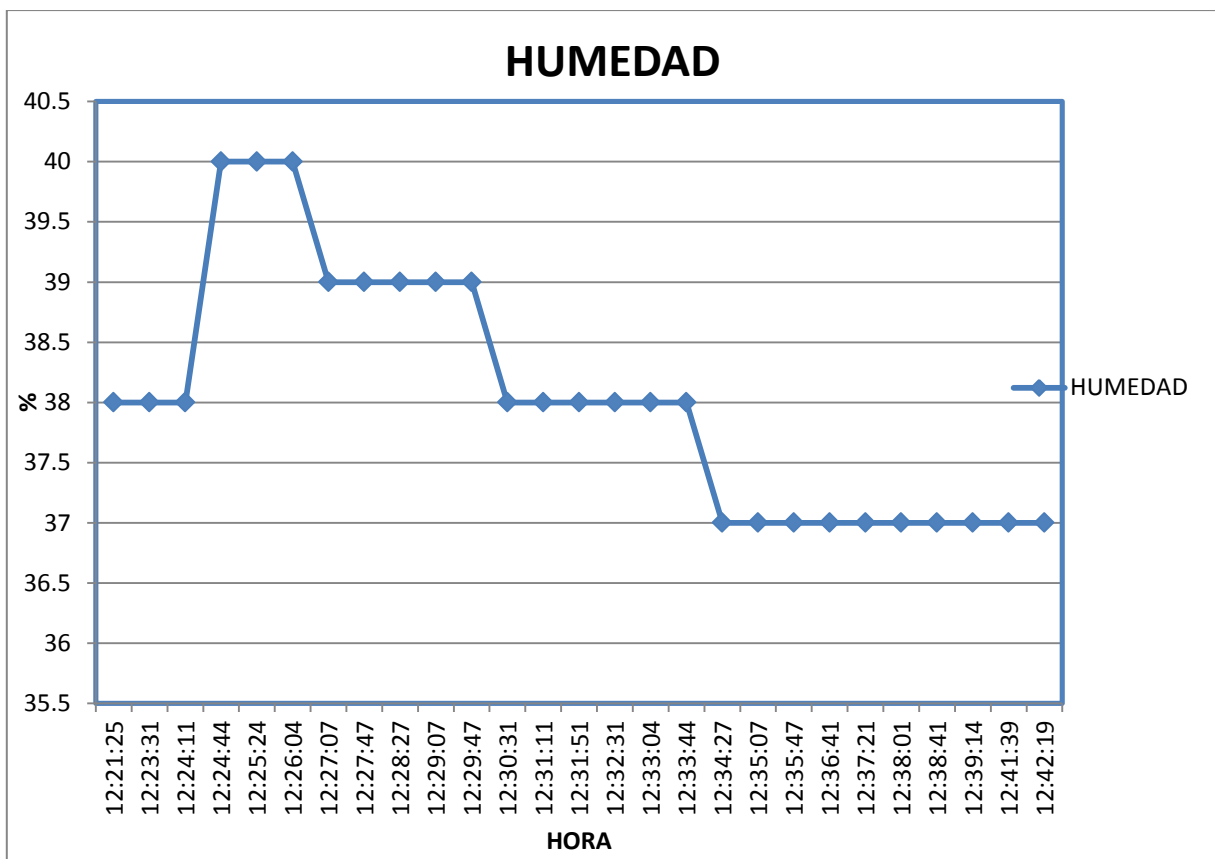


Figura 4.7: Grafica de Humedad relativa [%] cada 2:30 minutos

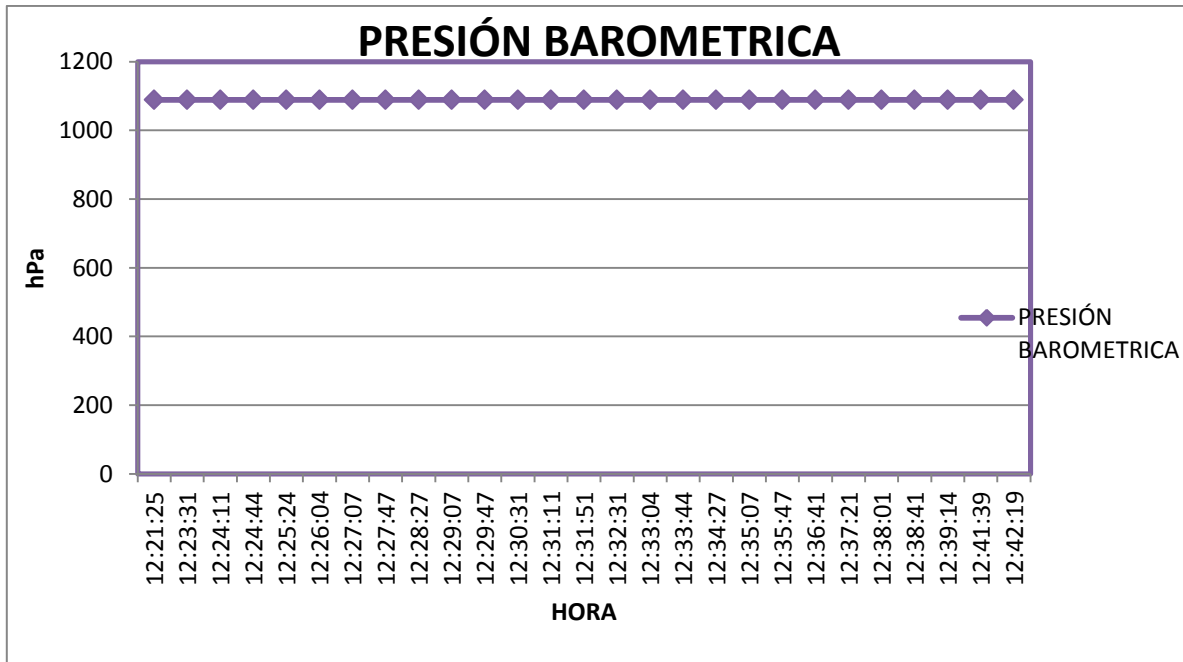


Figura 4.8: Grafica de Presión barométrica [hPa] cada 2:30 minutos

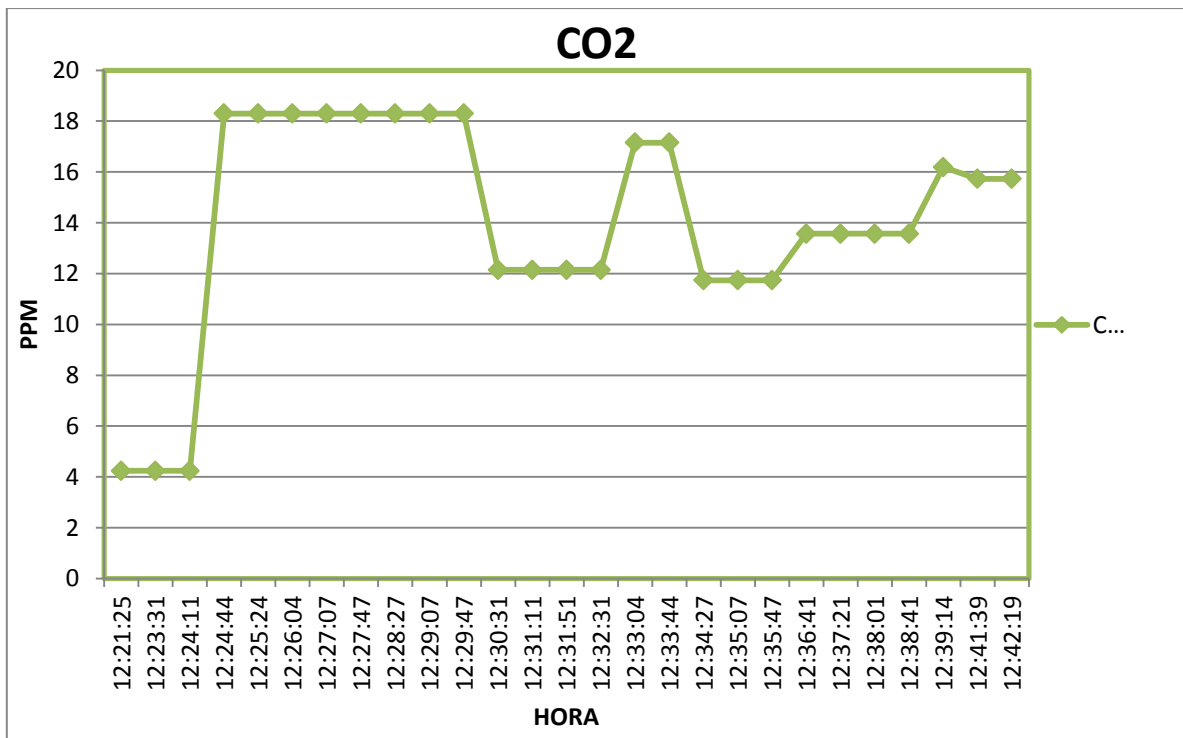


Figura 4.9: Grafica de Monóxido de carbono [PPM] cada 2:30 minutos

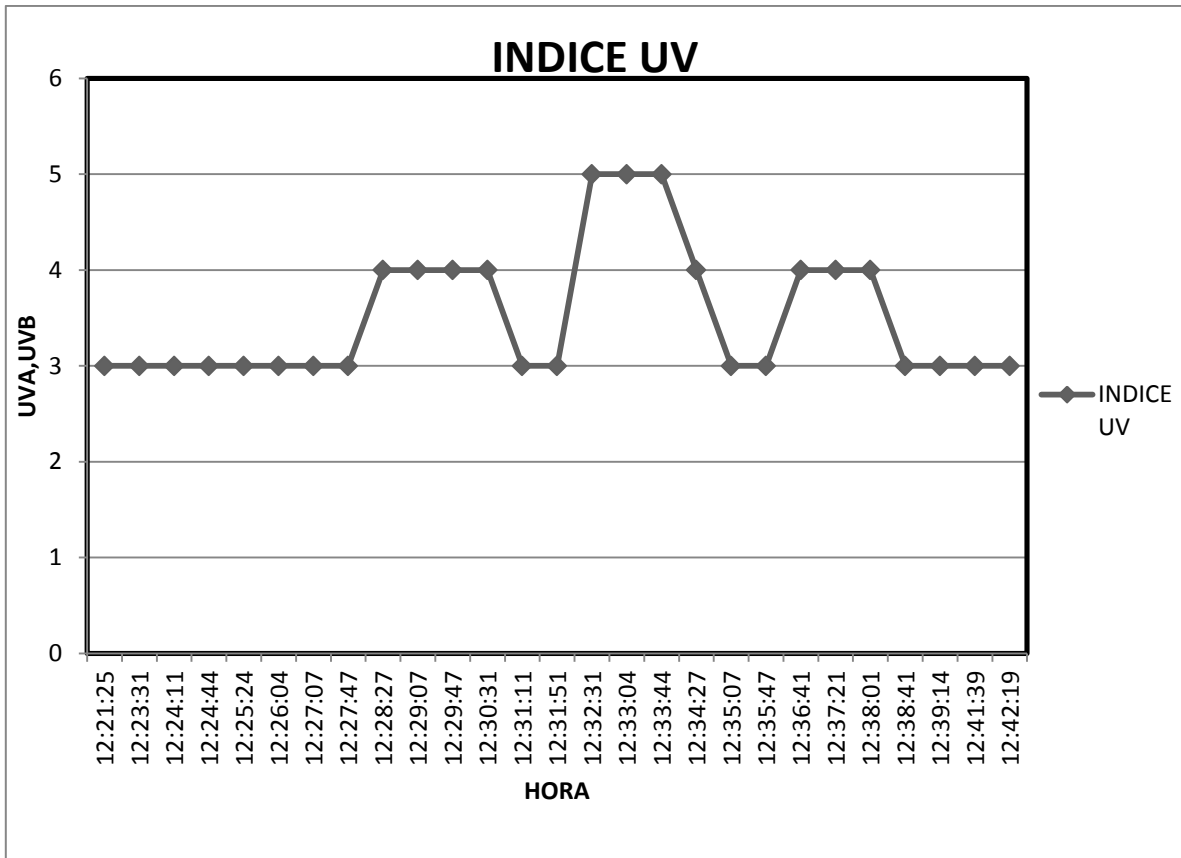
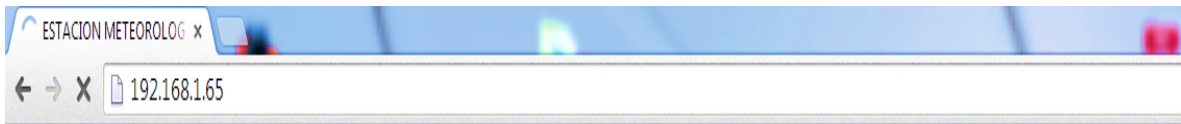


Figura 4.10: Grafica de Intensidad UV [UV] cada 2:30 minutos



## INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

### INGENIERIA ELECTRONICA

Temperatura: 27.54 C  
 Presion barometrica: 1091.00 hPa  
 Humedad relativa: 38 %  
 Monoxido de carbono: 12.40 PPM  
 Indice UV: 10

Figura 4.11: resultado final página web



## CONCLUSIONES

A través de la realización de este trabajo, se realizó una investigación de algunos parámetros ambientales en nuestro planeta, como también se ha diseñado e implementado una estación meteorológica a distancia. Su diseño se ha basado en conseguir medidas de parámetros ambientales como la temperatura, humedad, presión barométrica, monóxido de carbono e intensidad UV mediante sensores y transmitir los datos por medio de módulos Xbee y tarjeta arduino, proponiendo así un nuevo sistema de medición alternativo al habitual por las estaciones meteorológicas comerciales, basado en entorno de programación web y almacenamiento de datos.

Se originó la idea de desarrollar un sistema de adquisición de datos portable y remota de bajo costo, esta razón aunada con los conocimientos que se adquirieron en la carrera de Ingeniería Electrónica, derivó que se lograra desarrollar este dispositivo funcional y de bajo costo.

Los sensores comerciales que se han utilizado han sido seleccionados siguiendo los siguientes criterios: disponibilidad del producto, coste y comportamiento físico.

Después de diseñar, implementar y realizar pruebas de la estación meteorológica puedo extraer las siguientes conclusiones.

El diseño de la estación es sencillo solo requiere conexión de sensores al arduino y los Xbee en la parte de la estación meteorológica, de igual manera de la parte de recepción de datos solo se requiere de la adaptación de módulo Xbee con el módulo Ethernet al arduino.

Con este proyecto se ha podido desarrollar diferentes apartados de análisis, diseño, elaboración de circuitos y lo más importante las mediciones de variables ambientales.

Mediante el programa NetBeans se ha podido desarrollar un algoritmo para guardar los datos en un fichero en microsoftExcel y archivarlos con hora actual para su posterior visualización.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://html.rincondelvago.com/estacion-meteorologica.html>
- [2] [http://platea.pntic.mec.es/~mhidalgo/documentos/02\\_PlataformaArduino.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~mhidalgo/documentos/02_PlataformaArduino.pdf)
- [3] <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoWirelessProtoShield>
- [4] Randy Russell, "Windows to the Universe: Radiation Ultraviolet (UV)". National Earth Science Teachers Association ,2010.
- [5] Solar Light Co., Inc., "A comparison of Spectroradiometers to Radiometers for UV Radiation Measurements", págs. 35-36
- [6] <http://www.zigbee.org/>
- [7] <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl.jsp?kb=184>
- [8] Fred Eady, Hands-on ZigBee, Elsevier, 2010
- [9] Arduino and Kinect projects, desing,build, blow their minds; autor Enrique Ramos Melgar and Ciriaco Castro Diez editorial Technology in action "TIA"
- [10] Arduino programming notebook, Brian w. Evans, published: first edition august 2007 Second Edition September 2008
- [11] Arduino + Ethernet Shield, "implantación de arduino en las redes Ethernet: arduino y el internet de las cosas", serie: arduino comunicación. José Manuel Ruiz Gutiérrez

## ANEXOS

### A. Código en la plataforma arduino estación meteorológica

```

#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>
SFE_BMP180 pressure;
#define ALTITUDE 1655.0
#define PIN_CO 0
#define PIN_CO_VSS 11
#define PIN_CO_PWM 75
#define verd 5
#define roj 6
#define carg 4
#define vol 0.004882125
#define R1 10800
#define R2 4820
#define CO_Ro 2
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 3
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE)
byte trig=0;
unsigned long tiempo;
unsigned long tiempo_next;
boolean tim = false;
long Sensor = 0;
int i; int Zero = 509;
int t,h,val,volt,indiceuv;
float vi,voltaj,co,w,uv;
double Intensidad;
char status;
double T,P,p0;
void setup(){
    pinMode(PIN_CO_VSS,OUTPUT);
    digitalWrite(PIN_CO_VSS,LOW);
    tiempo_next = millis() + 1000;
    Serial.begin(9600);
    dht.begin();
    pinMode(verd,OUTPUT);
    pinMode(roj,OUTPUT);
    pinMode(carg,OUTPUT);
    if (pressure.begin())
    {}
}
void loop(){

```

```

tiempo= millis();

if( tim && tiempo < 1000 ) tim=false;
if( tiempo > tiempo_next && !tim){
    switch(trig){
        case 0:

            val = analogRead(PIN_CO);
            co = pow(10,2.0-1.7*log10(10*(1023/(float)val-1)/CO_Ro));
            co=co*100;
            digitalWrite(PIN_CO_VSS,HIGH);
            tiempo_next += 60000;
            if( tiempo_next < 60000 ) tim = true;
            trig++;
            break;

        case 2:

            analogWrite(PIN_CO_VSS,PIN_CO_PWM);
            tiempo_next += 90000;
            if( tiempo_next < 90000 ) tim= true;
            trig=0;
            indiceuv = analogRead(A4); //UV sensor UVM-30A
            uv=((indiceuv*22.5)/1024);

            T=T*100;

            Serial.print(h);
            Serial.print('H');
            Serial.print(co);
            Serial.print('C');
            Serial.print(T);
            Serial.print('T');
            //Serial.print(P,DEC);
            //Serial.print('P');
            Serial.print(p0);
            Serial.print('S');
            Serial.print(uv);
            Serial.print('U');
            Serial.flush();

            break;

        }
    }

    for(i = 0; i <=1000; i++) Sensor += analogRead(A3);
    Sensor /= 1000;
    Intensidad = (5.0*(double)(Sensor-Zero)/1024.0)/0.100;

    volt = analogRead(A4);
    voltaj=volt*vol;
    vi=(voltaj*(R1+R2))/(R2);

```

```

delay(200);

w=vi*Intensidad;
if(vi>=8)
{
digitalWrite(verd, HIGH);
digitalWrite(roj, LOW);
digitalWrite(carg, LOW);
}
else
{
digitalWrite(verd, LOW);
digitalWrite(roj, HIGH);
digitalWrite(carg, HIGH);
}

if(trig==1){
)
h = dht.readHumidity();
t = dht.readTemperature();
  if (isnan(t) || isnan(h))
  {
    t=0;
    h=0;
  }
status = pressure.startTemperature();
if (status != 0)
{
  delay(status);
  status = pressure.getTemperature(T);
  if (status != 0)
  {
    //Serial.print(T);
    status = pressure.startPressure(3);
    if (status != 0)
    {
      // Wait for the measurement to complete:
      delay(status);
      status = pressure.getPressure(P,T);
      if (status != 0)
      {
        // Serial.print(P);
        p0 = pressure.sealevel(P,ALTITUDE);
        // Serial.print(p0);
        }}}
        trig++;}
        delay(500);}

```

## B. ARDUINO - PÁGINA WEB CÓDIGO

```

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <stdlib.h>
char valorlido[30];
int LerSerial = 0;
int nextByte = 0;
float temperatureOut =0;
float monoxi=0;
int humidity=0;
int uv=0;
double pressure=0;
char str[30];
byte mac[] = {
0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192,168,1,65);
EthernetServer server(80);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ;
  }
  LerSerial = 0;
  Ethernet.begin(mac, ip);
  server.begin();
}
void loop() {
  leerserial();
  EthernetClient client = server.available();
  if (client) {
    boolean currentLineIsBlank = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();

        if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
          client.println("HTTP/1.1 200 OK");
          client.println("Content-Type: text/html");
          client.println("Connection: close");
          client.println("Refresh: 5");
          client.println();
          client.println("<!DOCTYPE HTML>");
          client.println("<html>");
          client.println("<head>"); // Etiqueta de código html que contiene la
información global del documento

```

```

client.println("<title>ESTACION METEOROLOGICA</title>"); // Visualiza el título
en la página web
client.println("</head>"); // Se cierra etiqueta <head>
client.println("<CENTER><h1>INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA
GUTIERREZ</h1></CENTER>"); // Título que se muestra en la página centrado
client.println("<CENTER><H2><p>INGENIERIA ELECTRONICA
</p></H2></CENTER>"); // Subtítulo que se muestra en la página web
client.print("Temperatura: ");
client.println(temperatureOut); client.print(" C");
client.println("<br />");
delay(500);
client.print("Presion barometrica: ");
client.println(pressure);client.print(" hPa");
client.println("<br />");
delay(500);
client.print("Humedad relativa: ");
client.println(humidity);client.print(" %");
client.println("<br />");
delay(500);
client.print("Monoxido de carbono: ");
client.println(monoxi);client.print(" PPM");
client.println("<br />");
delay(500);
client.print("Indice UV: ");
client.println(uv);
client.println("<br />");
delay(500);
    client.println("<br />");
    client.println("</html>");
    break;
}
if (c == '\n') {
    currentLineIsBlank = true;
}
else if (c != '\r') {
    currentLineIsBlank = false;
} } }
delay(1);
client.stop();
} }
void leerSerial()
{
    if (LerSerial == 1){
        Serial.flush();
    }
}
while( Serial.available()!=0 ) {
    valorLido[nextByte] = Serial.read();
}

```

```

delay(100);
nextByte = nextByte++;
}
if (LerSerial == 1){

    char *chpt = strtok(valorlido, "H");
    if (chpt > 0) {
        humidity= atof(chpt);
    }
    chpt = strtok(NULL, "C");
    if (chpt > 0){
        monoxi= atoi(chpt);
        monoxi=monoxi/100;
    }
    chpt = strtok(NULL, "T");
    if (chpt > 0){
        temperatureOut = atoi(chpt);
        temperatureOut=temperatureOut/100;
    }
    chpt = strtok(NULL, "S");
    if (chpt > 0){
        pressure = atoi(chpt);
    }
    chpt = strtok(NULL, "U");
    if (chpt > 0){
        uv = atoi(chpt);
    }
    if(temperatureOut==0 && humidity==0 && pressure==0 && monoxi==0)
    {}
    else{
        Serial.println(temperatureOut);
        Serial.println(humidity);
        Serial.println(pressure);
        Serial.println(monoxi);
        Serial.println(uv);
    }
}
if (LerSerial <= 2){
    LerSerial=LerSerial+1;
}
else {
    LerSerial = 0;
    Serial.flush();
    nextByte = 0;
}
delay(10000);
}

```



### C. PARTES FÍSICAS DE LA ESTACIÓN Y MÓDULO DE RECEPCIÓN DE DATOS

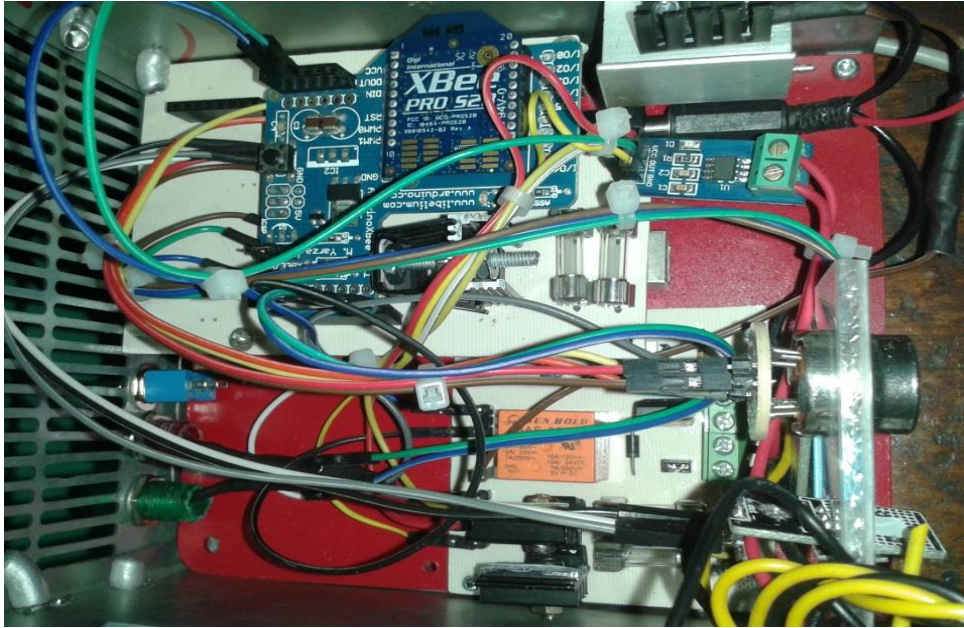


Figura 4.12: Estación meteorológica parte superior

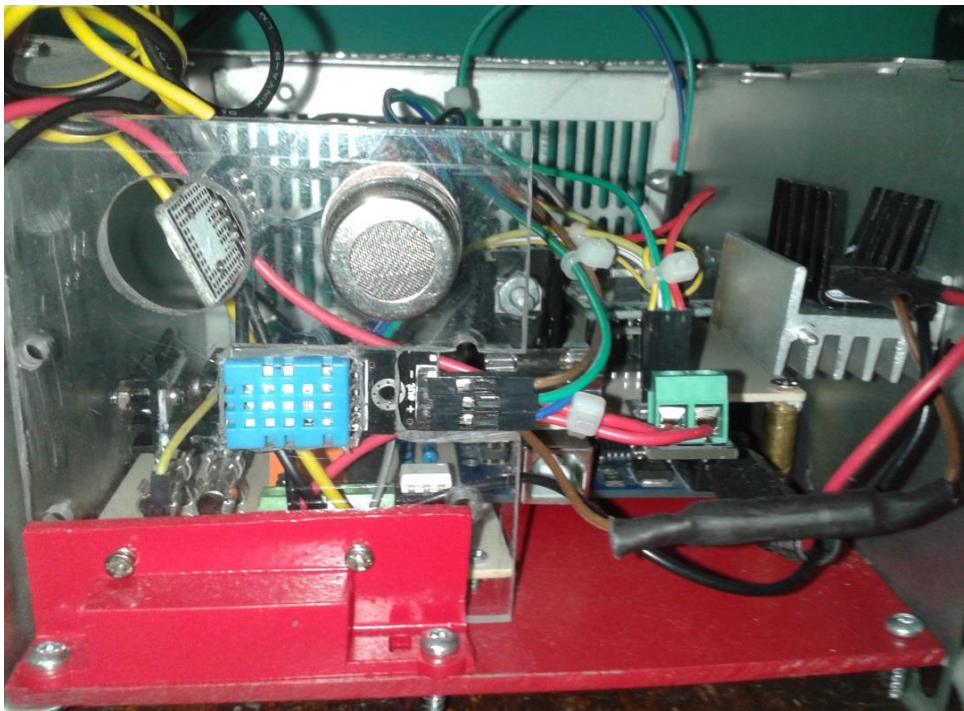


Figura 4.13: Estación meteorológica parte frontal

## D. RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS.

Figuras:

Figura 1.1: Carretera Panamericana Km 1080. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, C.P. 29050

Figura 2.1: Espectro de radiación

Figura 2.2: Clasificación de la radiación

Figura 2.3: Barómetro de Fortín

Figura 2.4: Barómetro Aneroide

Figura 2.5: Barómetro Barógrafo

Figura 3.1: diagrama a bloques de la estación meteorológica

Figura 3.2: arduino mega 2560

Figura 3.3: Sensor CO2 MQ-7

Figura 3.4: Aspecto físico

Figura 3.5: Sensibilidad característica MQ-7

Figura 3.6: Diagrama a bloques equivalente

Figura 3.7: Aspecto físico

Figura 3.8: grafica de voltaje de salida con respecto a la intensidad UV

Figura 3.9: índice UV vs voltaje de salida

Figura 3.10: Diagrama esquemático

Figura 3.11: Proceso de Comunicación general

Figura 3.11: Modulo Xbee con antena incluida

Figura 3.12: Modulo Xbee sin antena

Figura 3.13: Infraestructura creada con módulos

Figura 3.14: Ejemplo conexión multipunto

Figura 3.15: Conexiones mínimas Xbee

Figura 3.16: Ethernet Shield

Figura 3.17: Amplificador operacional TL081

Figura 3.18: Diagrama bloques de acondicionamiento sensor UV

Figura 3.19: Simulación de acondicionamiento del sensor UV

Figura 3.20: Representación de página web

Figura 3.21: Circuito esquemático para la placa de los sensores

Figura 3.22: PCB del circuito de los sensores

Figura 3.23: Circuito y simulación del control de carga

Figura 3.24: PCB control de carga

Figura 3.25: placa fenólica

Figura 3.26: parte superior de la placa fenólica

Figura 4.1: Código de prueba de sensores

Figura 4.2: Monitor serial de datos enviados en la plataforma arduino

Figura 4.3: Monitor desde la página web

Figura 4.4: software NetBeans

Figura 4.5: Base de datos en Excel

Figura 4.6: Grafica de temperatura [°C] cada 2:30 minutos

Figura 4.7: Grafica de Humedad relativa [%] cada 2:30 minutos

Figura 4.8: Grafica de Presión barométrica [hPa] cada 2:30 minutos

Figura 4.9: Grafica de Monóxido de carbono [PPM] cada 2:30 minutos

Figura 4.10: Grafica de Intensidad UV [UV] cada 2:30 minutos

Figura 4.11: resultado final página web

Tablas:

Tabla 2.1: altitud vs presión

Tabla 3.1: características arduino mega 2560

Tabla 3.2: Características sensor MQ-7

Tabla 3.3: características eléctrica sensor bmp180

Tabla 4.1: parámetros ambientales de 12:21PM a 12:42PM

Tabla 4.2: parámetros ambientales de 16:15PM a 16:41PM