



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

**“DESARROLLO DE PROTOTIPO DE ESTACIÓN  
HIDROMETEOROLÓGICA.”**

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES**  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**GABRIEL ALEXANDER ROMERO MORA**

**JEFFERSON RAFAEL INTRIAGO GILER**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Escuela de Diseño y Comunicación Audiovisual por el respaldo otorgado al facilitarnos realizar las pruebas de nuestro prototipo en el Lago de la ESPOL, al Señor Cesar Ordeñana quien nos ayudó en la construcción de la estructura metálica, al Señor Jesús Gaibor quien asesoró en la configuración de la aplicación web del proyecto y a Señor Joel Reyes que nos colaboró para realizar las pruebas de campo.*

## DEDICATORIA

*A toda mi familia en especial a mis padres que han sido una fuente de apoyo incondicional en estos años.*

*Jefferson Intriago Giler*

*A Dios, a mi mamá, a mi papá, a mis abuelos, a mis tías y a mis amigos por su apoyo incondicional.*

*Gabriel Romero Mora*

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

MSc. Sara Ríos O.  
SUBDECANA DE LA FIEC



---

Ing. Victor Asanza A.  
DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN



---

MSc. Patricia Chávez  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

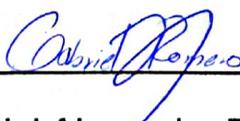
“La responsabilidad del contenido de este Informe, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



---

Jefferson Rafael Intriago Giler



---

Gabriel Alexander Romero Mora

## RESUMEN

Este proyecto de graduación consiste en el desarrollo de un prototipo de estación hidrometeorológica, el cual fue diseñado en una estructura metálica flotante, que sirve de soporte y base para colocar los equipos electrónicos como sensores, registrador de datos, módulo de transmisión inalámbrica y batería.

A través de los sensores, el prototipo captura variables físicas (humedad relativa, velocidad del viento, aceleración, orientación, Iluminancia, temperatura del ambiente y agua) que son transmitidas mediante comunicación inalámbrica, a una estación receptora en tierra que envía datos a un servidor que posee una base de datos y una aplicación web que permite monitorear el comportamiento de las variables por medio de gráficas en tiempo real, generar reportes históricos, así como configurar umbrales de estado para cada variable y emitir notificaciones de alerta vía mail.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ABREVIATURAS .....	XII
GLOSARIO .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	XVI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. PLANTEAMIENTO.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción y análisis del problema.....	2
1.3 Justificación .....	3
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Metodología .....	5
CAPÍTULO 2.....	7
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Estación Hidrometeorológica .....	7
2.1.1 Definición de una Estación Meteorológica e Hidrometeorológica.....	7
2.1.2 Tipos de Estaciones Hidrometeorológicas .....	8
2.1.3 Componentes de una Estación Hidrometeorológica .....	9
2.2 Sensores de una Estación Hidrometeorológica .....	10
2.3 Tarjeta de Adquisición de Datos .....	15
TSL2561 .....	18
2.4 Comparación entre la Tarjeta de Adquisición de Datos BeagleBone Black con otras tarjetas comerciales .....	19

CAPÍTULO 3.....	21
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	21
3.1    Componente estación emisora .....	21
3.1.1 Construcción de la estructura metálica de la estación Emisora.....	22
3.1.2 Instalación de equipo en la estructura.....	22
3.1.3 Configuración de Datalogger .....	23
3.1.4 Configuración de red inalámbrica.....	27
3.2    Componente Web.....	27
3.2.1 Desarrollo del servidor web.....	28
3.2.2 Desarrollo de la aplicación web.....	30
3.3    Componente estación receptora.....	36
3.3.1 Configuración Raspberry .....	36
CAPÍTULO 4.....	37
4. PRUEBAS Y RESULTADOS .....	37
4.1    Plan de pruebas.....	37
4.2    Escenarios de la pruebas .....	38
4.3    Problemas presentados.....	45
4.4    Análisis de Resultados .....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
ANEXO .....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Sensor DHT11 [14] .....	10
Figura 2. 2: Sensor DS18B20 [16] .....	11
Figura 2. 3: Sensor MPU6050 [18].....	12
Figura 2. 4: Sensor HYXC [20].....	13
Figura 2. 5: Módulo DC-SS504 [22].....	14
Figura 2. 6: Sensor TSL2561 [24].....	14
Figura 2. 7: Proceso de Adquisición de Datos [26] .....	15
Figura 2. 8: Tarjeta BeagleBone Black [27] .....	16
Figura 2. 9: Raspberry Pi Modelo B+ [29].....	17
Figura 3. 1: Estructura metálica .....	22
Figura 3. 2: Estructura metálica con flotadores.....	23
Figura 3. 3: Dispositivo registrador de datos.....	24
Figura 3. 4: Circuito electrónico del registrador de datos.....	24
Figura 3. 5: Esquemático del circuito impreso de la placa de expansión.....	25
Figura 3. 6: Esquema componente Web.....	29
Figura 3. 7: Interfaz de Autenticación. ....	32
Figura 3. 8: Interfaz de Monitoreo General. ....	32
Figura 3. 9: Interfaz de Configuraciones. ....	33

Figura 3. 10: Interfaz de Reportes. ....	33
Figura 3. 11: Diseño Entidad – Relación.....	34
Figura 4. 1: Lanzamiento de boya sin eje central.....	39
Figura 4. 2: Lanzamiento de boya con eje central .....	40
Figura 4. 3: Foto Lanzamiento de boya con eje central y peso adicional.....	40
Figura 4. 4: Valores capturados por los sensores.....	41
Figura 4. 5: Explorador Xbee [31] .....	42
Figura 4. 6: Mensaje de comunicación exitosa o fallida .....	43
Figura 4. 7: Datos de Prueba en el VPS. ....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción técnica de Sensor DHT11 [14] .....	11
Tabla 2: Descripción técnica de Sensor DS18B20 [16] .....	11
Tabla 3: Descripción técnica de Sensor MPU6050 [18] .....	12
Tabla 4.- Características técnicas del sensor HYXC [20] .....	13
Tabla 5: Características de Módulo DC-SS504 [22] .....	14
Tabla 6: Características de TSL2561 [24].....	15
Tabla 7: Características de BeagleBone Black [27].....	17
Tabla 8: Características de Raspberry Pi Modelo B+ [29] .....	18
Tabla 9: Módulos de comunicación de sensores para placa beaglebone black. ....	18
Tabla 10: Conexión sensor de temperatura de agua DS18B20 a registrador de datos .....	25
Tabla 11: Conexión sensor temperatura del ambiente y humedad relativa DHT11 a registrador de datos.....	26
Tabla 12: Conexión sensor de Luz TSL2561 a registrador de datos .....	26
Tabla 13: Conexión Anemometro HYX-FSV a registrador de datos .....	26
Tabla 14: Conexión acelerómetro mpu6050 a registrador de datos .....	26
Tabla 15: Conexión sensor magnético DC-SS504 a registrador de datos....	26
Tabla 16: Parámetros de configuración del terminal para xbee emisor y receptor.....	27

Tabla 17: Comandos para configuración del módulo xbee emisor y receptor. .....	28
---	----

## ABREVIATURAS

AM:	Amplitud Modulada.
DAQ:	Data Acquisition o Tarjeta de Adquisición de Datos.
GOES:	Geostationary Operational Environmental Satellite o Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental.
GPRS:	General Packet Radio Service o servicio general de paquetes vía radio.
GPU:	Graphics Processing Unit o Unidad de Procesamiento Gráfico.
HDMI:	High-Definition Multimedia Interface o Interfaz Multimedia de alta definición.
HTTP:	Hypertext Transfer Protocol o Protocolo de transferencia de hipertexto.
IDETEC:	Ideas y Tecnologías.
INAMHI:	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
INOCAR:	Instituto Oceanográfico de la Armada.
IP:	Internet Protocol o Protocolo de Internet.
MVC:	Model view controller o Modelo Vista Controlador.
PWM:	Pulse Width Modulation o Modulación por ancho de pulsos
RAM:	Random Access Memory o Memoria de Acceso Aleatorio.
TCP:	Transmission Control Protocol o Protocolo de Control de Transmisión.

VPS: Virtual Private Server o Servidor Virtual Privado.

## GLOSARIO

- Acelerómetro:** Es un sensor de movimiento capaz de medir el grado de las vibraciones presentes en el prototipo.
- coolTerm:** Es una aplicación que permite tener una terminal para manipular los puertos serie.
- Django:** Es una plataforma de desarrollo web escrita en Python que permitirá crear complejos sitios web de forma rápida y sencilla.
- Highchart:** Librería escrita en Javascript que permite la creación de gráficas.
- I2C:** Es un bus de comunicaciones tipo serie, donde existe un dispositivo maestro y muchos dispositivos esclavos.
- Librería:** Es un conjunto de implementaciones funcionales, codificadas en Python, que permiten acceder a comunicar.
- Módulo:** Es un archivo que contiene definiciones y declaraciones de Python.
- Nodejs:** Es un entorno de programación javascript en el lado del servidor. Donde permite utilizar comunicación a través de WebSockets.
- Nodo:** Representa un punto de conexión dentro de una red.

- PostgreSQL: Potente sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos, de código abierto.
- Script: Archivo simple, el cual contiene un conjunto de instrucciones que permiten la automatización de tareas.
- Servidor Virtual: Es una partición dentro de un servidor, es decir, dentro de un servidor crear múltiples servidores pero de forma virtual e independiente.
- Xbee: Es un pequeño dispositivo capaz de comunicarse de forma inalámbrica.

# INTRODUCCIÓN

La variedad de datos que se pueden obtener como humedad relativa, velocidad del viento, orientación, aceleración, Iluminancia, temperatura del ambiente y agua a través de una estación hidrometeorológica es de suma importancia en el Ecuador, ya que permitiría a los expertos interpretar y prevenir desastres climatológicos que afectarían a la ciudadanía en general.

En la actualidad nuestro país posee dos entidades el INAMHI y el INOCAR encargadas del monitoreo de datos ambientales, a través de estaciones meteorológicas ubicadas en zonas costeras que permiten la obtención constante de información, la cual proveen a centros de investigación. Para la obtención de la información, estos centros se basan en tecnologías de elevados costos y de constantes mantenimientos, entre las tecnologías están los sistemas GPRS, Radio-Frecuencia AM y Satelitales (GOES).

El siguiente proyecto hace referencia a la elaboración de una estación hidrometeorológica que permite la obtención de datos ambientales transportados por medio de un enlace inalámbrico a un receptor en tierra que permite enviar la información a un servidor web con el fin de almacenar, visualizar y monitorear las diferentes condiciones de variables medidas

# CAPÍTULO 1

## 1. PLANTEAMIENTO

### 1.1 Antecedentes

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ya cuenta con un sistema a nivel nacional para el monitoreo de fenómenos atmosféricos que afectan al país contando con 21 estaciones hidrometeorológicas situadas en los brazos de mar que penetran al país y ciertos ríos de muy bajo caudal con el anclaje apropiado para el estudio de variables atmosféricas e hidrológicas. [1]

En el Ecuador existen otras identidades como es el caso del Instituto Nacional Oceanográfico de Armada (INOCAR) quienes poseen herramientas más avanzadas como sistemas satelitales para estudios y pronósticos a nivel global como cambios de temperatura, de dirección de masas de aire y nubes, los cuales son muy precisas, sectorizados, con un alto costo, pero lamentablemente con información no

actualizada (ver Anexo A), debido al mantenimiento que se requiere, como lo evidencia el Proyecto Sat-Inocar (Sistema de Observación y Alerta Temprana) que otorga información de oleaje con boyas y se encuentra en mantenimiento desde Febrero del 2015 (aproximadamente 6 meses) [2] [3]

## **1.2 Descripción y análisis del problema**

En Ecuador, los fenómenos hidrometeorológicos son muy frecuentes debido a su ubicación geográfica, la cual es considerada altamente activa en interacción tectónica y volcánica. Esta condición genera en el país cambios climáticos abruptos, que son consecuencia de amenazas hidrometeorológicas y oceanográficas. Movimientos sísmicos y volcánicos; inundaciones, heladas, Evento el Niño, La Niña, erupciones volcánicas, entre otros; son considerados fenómenos de alto riesgo que acarrearán anualmente en el país cuantiosas pérdidas económicas y humanas pero sobre todo reprimen el progreso y estabilización de la población.

Muchas de las consecuencias de estos fenómenos podrían minimizarse con el uso de sistemas hidrometeorológicos. Los Sistemas Hidrometeorológicos permiten obtener información en tiempo real sobre rasgos físicos como olas, mareas, temperatura, viento,

entre otros; con el objetivo de analizar y detectar estos fenómenos. Sin embargo, en el Ecuador estos sistemas son adquiridos desde el extranjero a precios elevados, aceptando las condiciones de mantenimiento de equipos que los proveedores impongan; perdiendo así la participación de profesionales ecuatorianos y evidenciando una dependencia total de estos proveedores.

El desarrollo de un prototipo de sistema hidrometeorológico abre la posibilidad de obtener datos importantes para servir de apoyo a centros de investigación tales como el INOCAR permitiendo la toma de decisiones, el apoyo al desarrollo sustentable y mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos.

### **1.3 Justificación**

En la actualidad el Ecuador está invirtiendo en el desarrollo de tecnología local con el propósito de mejorar el entorno. El desarrollo de este proyecto contribuye con éste propósito. El prototipo a desarrollarse permitirá obtener, transmitir y gestionar datos hidrometeorológicos medidos en tiempo real a un costo más bajo y desarrollado por profesionales ecuatorianos; otorgando al país el beneficio del ahorro a través de la prevención de fenómenos adversos y en consecuencia minimizando el impacto en la economía, el

progreso de sus habitantes y eliminando la dependencia con proveedores extranjeros.

Para este trabajo se medirán variables meteorológicas acorde a los fenómenos representativos que han sido encontrados en estudios ya realizados los cuales podrían afectar a la zona costera y a los pueblos alrededor de la misma.

### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un prototipo de estación hidrometeorológica con capacidad de envío de datos a un servidor en la nube para monitoreo a tiempo real.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Implementar una estructura para mantener la estación hidrometeorológica a flote.
- Configurar un dispositivo electrónico registrador de dato al cual se conectarán los sensores para medir parámetros de interés.
- Configurar una red inalámbrica para el envío de datos adquiridos hacia una estación en tierra.

- Implementar una base de datos en la nube para organizar la información enviada desde la estación en tierra y una aplicación web para el monitoreo de los datos.

#### **1.4 Metodología**

El proyecto se dividirá en las siguientes etapas:

Primera etapa: Análisis, selección y pruebas de sensores para el dispositivo emisor (dispositivo electrónico de registro de datos).

Segunda etapa: Estación Emisora: se realizará la construcción de la infraestructura flotante (boya marítima) para montaje del emisor. En el emisor, procederemos a la configuración del mismo, a realizar pruebas y su debida instalación en la infraestructura flotante.

Tercera Etapa: Estación Receptora: Se realizará la construcción de la infraestructura fija a tierra para el montaje del receptor. En el receptor se procederá a la configuración del mismo, a realizar pruebas y a su debida instalación en la infraestructura fija a tierra.

Cuarta Etapa: Pruebas de alcance entre las estaciones emisora y receptora y medición de consumo de energía de los equipos (emisor y receptor).

Quinta Etapa: Análisis e Implementación de Base de Datos, Diseño y Desarrollo de la aplicación web.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Estación Hidrometeorológica**

La oportuna y correcta interpretación de las condiciones y la atmósfera del océano otorgado por una estación hidrometeorológica, permite pronosticar cambios climáticos a nivel mundial. Claro ejemplo de ello es el pronóstico de la evolución del fenómeno del niño que es monitoreado constantemente a través de la temperatura de la superficie del mar en el océano Pacífico. [4]

##### **2.1.1 Definición de una Estación Meteorológica e Hidrometeorológica**

Una estación meteorológica es un conjunto de aparatos e instalaciones que permiten medir y registrar periódicamente las distintas variables presentes en la atmósfera como lo son

humedad, temperatura, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento con el propósito de conocer el comportamiento atmosférico y a futuro obtener predicciones climáticas. [5] [6]

Una estación hidrometeorológica es un conjunto de equipos (sensores) distribuidos a lo largo de áreas con agua superficial o subterránea que permiten la recolección, procesamiento, control, registro y transmisión de variables en tiempo real como el viento, humedad, temperatura del agua y del aire. [7] [8]

### **2.1.2 Tipos de Estaciones Hidrometeorológicas**

Estación Automática conformada por elementos electrónicos o sensores, central de procesamiento y equipo periférico .La señal obtenida por los sensores es convertida a un código binario y almacenada en memoria.

Estación Convencional compuesta por dispositivos no digitales donde la variable medida es transformada en el movimiento mecánico de una plumilla sobre una banda otorgando una gráfica. [9]

Estación Hidrometeorológica Ordinaria (HMO) es la que realiza mediciones tres veces al día 07:00, 13:00 y 18:00 (horas locales) con el propósito de obtener las variaciones más importantes en el clima.

Estación Hidrometeorológica Principal (HMP) es la que realiza mediciones cada tres horas 00:00; 03:00; 06:00; 09:00; 12:00; 15:00 y a las 18:00 (horas internacionales) y sus datos son enviados de inmediato al centro de control. [10] [11]

### **2.1.3 Componentes de una Estación Hidrometeorológica**

La estación hidrometeorológica o estación emisora posee las siguientes partes: Estructura flotante, sensores, tarjeta de adquisición de datos, módulo de comunicación inalámbrica y batería.

## 2.2 Sensores de una Estación Hidrometeorológica

Un sensor es un dispositivo que capta magnitudes físicas o químicas del exterior y las transforma en variables eléctricas que pueden ser interpretadas. [12] [13]

Una estación hidrometeorológica requiere de sensores confiables y con un alto nivel de sensibilidad, por lo general posee los sensores que detectan la velocidad del viento, orientación, iluminancia, humedad, aceleración, temperatura del ambiente y agua.

El sensor DHT11, como se muestra en la Figura 2.1, es un sensor digital de bajo costo, de alta calidad, fiabilidad, permite medir la temperatura en un rango de 0-50[°C] y humedad relativa entre 20-80[%] en valores enteros y de forma rápida. En la tabla 1 podemos ver detalles técnicos de dicho sensor. [14] [15]. A continuación se establecen las semejanzas y diferencias más destacadas existentes en los Sistemas de Localización estudiados en este capítulo.



Figura 2. 1: Sensor DHT11 [14]

Tabla 1: Descripción técnica de Sensor DHT11 [14]

Voltaje de entrada	5[V]
Corriente de operación	2.5 [mA]
Error en la lectura de humedad	$\pm 5$ [%]
Error en la lectura de temperatura	$\pm 2$ [°C]

El DS18B20, tal como se ve en la Figura 2.2, es un sensor digital que mide temperaturas entre  $-55$ [°C] a  $+125$ [°C], no requiere de componentes externos para su funcionamiento, envía y recibe la información usando un solo cable. En la tabla 2 se indican información técnica con respecto a dicho sensor. [16] [17]

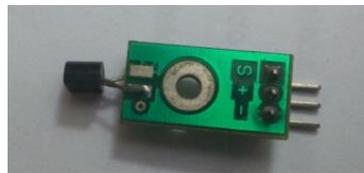


Figura 2. 2: Sensor DS18B20 [16]

Tabla 2: Descripción técnica de Sensor DS18B20 [16]

Voltaje de entrada	3 – 5.5 [V]
Corriente de operación	1.5 [mA]
Error en la lectura de temperatura	$\pm 0.5$ [°C]

El Acelerómetro MPU6050, como se observa en la Figura 2.3, es un dispositivo que mide la velocidad y aceleración, combina un giroscopio y un acelerómetro de 3-ejes cada uno. En la tabla 3 podemos ver las características técnicas más importantes. [18] [19]



Figura 2. 3: Sensor MPU6050 [18]

Tabla 3: Descripción técnica de Sensor MPU6050 [18]

Voltaje de entrada	3 – 5 [V]
Corriente de operación	500[ $\mu$ A]
Error en la lectura del acelerómetro	$\pm 2g$ , $\pm 4g$ , $\pm 8g$ y $\pm 16g$

El HYXC, es un sensor metálico, como se observa en la Figura 2.4, que detecta un elemento móvil sin contacto directo, permitiendo medir y controlar la velocidad del viento. En la Tabla 4 se pueden observar sus parámetros técnicos más importantes. [20] [21]



Figura 2. 4: Sensor HYXC [20]

Tabla 4.- Características técnicas del sensor HYXC [20]

Señal de salida	0 – 5 [V]
Peso	1 [Kg]
Rango de medición	0 – 30 [m/s]
Error en lectura de velocidad	±3%
Distancia de transmisión	1[Km]

El sensor DCSS504, como se indica en la Figura 2.5, es un módulo de alta precisión de medición, sensibilidad y estabilidad, que posee un sensor que detecta las mínimas variaciones de campo magnético. Permite 50 mediciones por segundo y es utilizado como brújula electrónica, para navegación GPS. [22] [23]. En la Tabla 5 se muestra las descripciones más importantes.



Figura 2. 5: Módulo DC-SS504 [22]

Tabla 5: Características de Módulo DC-SS504 [22]

Voltaje de entrada	3.3 [V] o 5 [V]
Corriente de operación	0.4[mA]
Error en la lectura del módulo	$\pm 3$ grados

El TSL2561 es un sensor de luminosidad, como se lo muestra en la Figura 2.6, que mide y transforma la intensidad de luz de forma precisa bajo diferentes condiciones en una señal digital. Se puede configurar permitiendo detectar rangos de luz. En la tabla 6 se señalan las características más importantes. [24]



Figura 2. 6: Sensor TSL2561 [24]

Tabla 6: Características de TSL2561 [24]

Rango de Voltaje Entrada	2.7 – 3.6 [V]
Corriente	0.5 [mA]
Rango dinámico	0.1 a 40.000 [Lux]

### 2.3 Tarjeta de Adquisición de Datos

Para procesar las variables obtenidas del entorno mediante el uso de los sensores y obtener un conjunto de datos, se requiere de un elemento denominado Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) misma que convierte las señales eléctricas y las digitaliza para que pueden ser empleadas por una computadora como se indica en la Figura 2.7. [26]



Figura 2. 7: Proceso de Adquisición de Datos [26]

La tarjeta de adquisición de datos proporcionada por IDETEC será la BeagleBone Black ubicada en la estación emisora y la tarjeta de adquisición de datos Raspberry Pi en la estación receptora. Estas tarjetas son configuradas en el Sistema Operativo Linux en las distribuciones Debian y Raspbian.

### 2.3.1 Características de la tarjeta de adquisición de datos IDETEC

BeagleBone Black como se ve en la Figura 2.8, es un (sistema embebido) mini ordenador con costo y tamaño reducido, especializado que posee módulos necesarios para su correcto funcionamiento y carece de teclado y monitor. Sus características importantes se mencionan en tabla 7. [27] [28]

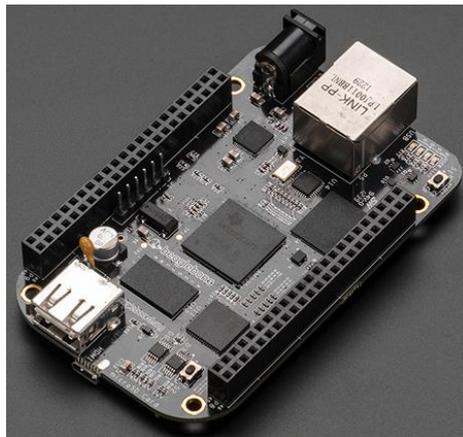


Figura 2. 8: Tarjeta BeagleBone Black [27]

La Raspberry Pi Modelo B+, como se muestra en la Figura 2.9, es un ordenador de placa pequeña (85mm x 56mm) y de bajo costo que permite el desarrollo de proyectos que involucren conexiones con otros elementos y programas. Las características más importantes se detallan en la Tabla 8. [29] [30]

Tabla 7: Características de BeagleBone Black [27]

	Características
Procesador	TI Sitara AM3359 1-GHz superscalar ARM Cortex™-A8
Coprocador programable en tiempo real	2x 200MHz ARM7
Memoria	DDR3L RAM con capacidad 512 [MB]
Almacenamiento	2[GB]
GPU	PowerVR SGX 530
Puerto	micro HDMI USB Ethernet 10/100 5 seriales MicroSD
Salida	estéreo vía HDMI 8 PWM
Convertidores Analógico/digital	7 de 1.8[V] máximo

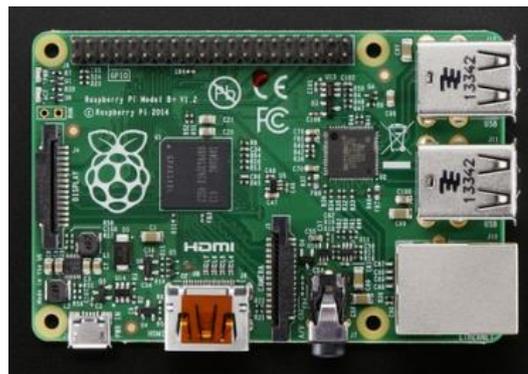


Figura 2. 9: Raspberry Pi Modelo B+ [29]

Tabla 8: Características de Raspberry Pi Modelo B+ [29]

	Características
Procesador	ARM 11 de 1-GHz
Memoria	RAM con capacidad 512 [MB]
GPU	VideoCore IV
Puerto	Micro USB 4 USB Ethernet 10/100 Micro SD
Salida	De video y audio vía HDMI

### 2.3.2 Configuración de la tarjeta de adquisición de datos IDETEC

Se instaló el Sistema Operativo Linux con distribución Debian, como se detalla en el anexo B, posteriormente se procedió a programar los diferentes módulos (librerías) que permiten la comunicación entre la Beaglebone con cada uno de los sensores que se detallan en la tabla 9.

Tabla 9: Módulos de comunicación de sensores para placa Beaglebone Black.

Nombre de Sensor	Módulo de Comunicación
DHT11	PyDHT11.py
DS18B20	PyDS18B20.py
Anemómetro	PyAnemometro.py
Acelerómetro MPU6050	PyAcelerometro.py
DC-SS504	PyDCSS504.py
TSL2561	PyTSL2561.py

## **2.4 Comparación entre la Tarjeta de Adquisición de Datos BeagleBone Black con otras tarjetas comerciales**

Debido al desarrollo del prototipo se consideró necesario analizar las tarjetas de adquisición de datos BeagleBone Black y Raspberry Pi para poder identificar claramente sus fortalezas y debilidades. A continuación se mencionan las más importantes semejanzas y diferencias.

Tanto la BeagleBone Black como la Raspberry Pi poseen procesadores que trabajan a 1 Ghz de frecuencia, sin embargo esto se debe a un proceso en el cual el procesador de la Raspberry Pi mejora su rendimiento y alcanza dicha frecuencia. Ambas tarjetas poseen la misma capacidad de RAM (512[Mb]) y frecuencia (400[Mhz]), por lo tanto las todas las instrucciones al procesador van darse de manera similar en la BeagleBone Black y en la Raspberry Pi. La transferencia de datos es la misma debido a que posee los mismos puertos Ethernet 10/100 continuación se mencionan las más importantes semejanzas y diferencias.

La familia del procesador (Cortex A8) que tiene la tarjeta BeagleBone Black ejecuta 40% más instrucciones por segundo que

el procesador (ARM11) debido a su memoria cache que permite un acceso más rápido mejorando el rendimiento [31]. Raspberry Pi posee un decodificador de video, mientras la BeagleBone no lo posee ninguno por lo cual si se desea ver un video de mejor calidad, la Raspberry es la tarjeta con mejores características.

La familia de RAM de la tarjeta Raspberry Pi es SDRAM de primera generación cuyo chip transmite una palabra del dato por cada ciclo del reloj, mientras que la tarjeta BeagleBone Black posee una RAM DDR3L que transmite y lee dos palabras del dato por cada ciclo del reloj lo que hace que el consumo de energía sea menor. [32]

La tarjeta BeagleBone Black posee un almacenamiento propio de 2[Gb], por otro lado la Raspberry Pi solo posee una ranura para leer para una tarjeta SD lo que indica que se generan más gastos. [33]

## **CAPÍTULO 3**

### **3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO**

En este capítulo se describe el desarrollo de las diferentes partes (dispositivos y programas) que conforman el prototipo (estación emisora), así como las otros componentes (estación receptora y sistema web) que mantienen comunicación directa e indirecta con el prototipo.

#### **3.1 Componente estación emisora**

La estación emisora está formada por una estructura flotante que esta sobre el agua, un periférico registrador de datos encargado de procesar las variables físicas medidas, seis sensores mencionados en el capítulo 2, una batería de 12[V] que energiza el sistema y un xbee para la transmisión de los datos hacia una estación receptora.

### 3.1.1 Construcción de la estructura metálica de la estación Emisora

Para la construcción del prototipo se elaboró una estructura de acero inoxidable por su gran resistencia a la corrosión del agua como se indica en la Figura 3.1 y Figura 3.2.



Figura 3. 1: Estructura metálica

### 3.1.2 Instalación de equipo en la estructura

Con el propósito de otorgar estabilidad y soporte al dispositivo registrador de datos, se procedió a colocar una plataforma de madera en la estructura rectangular y sobre esta, fijar una caja de plástico resistente que contiene el registrador de datos. Para proveer de alimentación eléctrica se colocó a un lado la batería la cual también es fijada a la plataforma, respecto a los sensores, estos son puestos en la parte alta de la boya marítima ajustándolos al eje central. Así

mismo se colocaron doce flotadores de aire de goma vinycon modelo G9 cuya característica de flotabilidad es de 5kg.

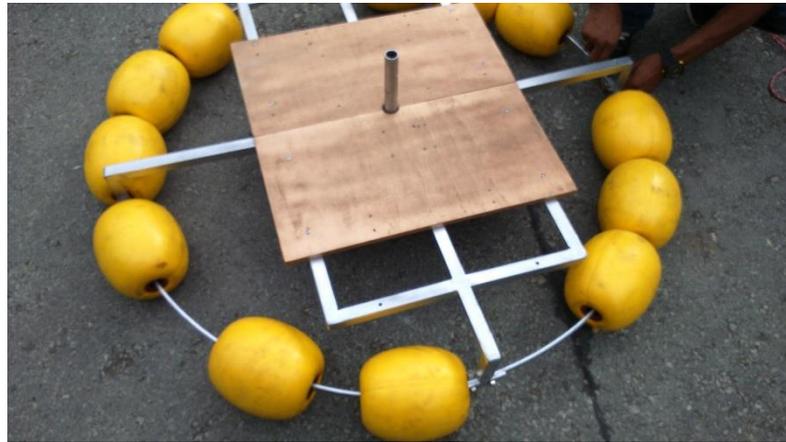


Figura 3. 2: Estructura metálica con flotadores

### 3.1.3 Configuración de Datalogger

Este registrador de datos se compone de una tarjeta BeagleBone Black conectada a una placa de expansión de funcionalidades como se muestra en la Figura 3.3, Figura 3.4 y Figura 3.5.



Figura 3. 3: Dispositivo registrador de datos.

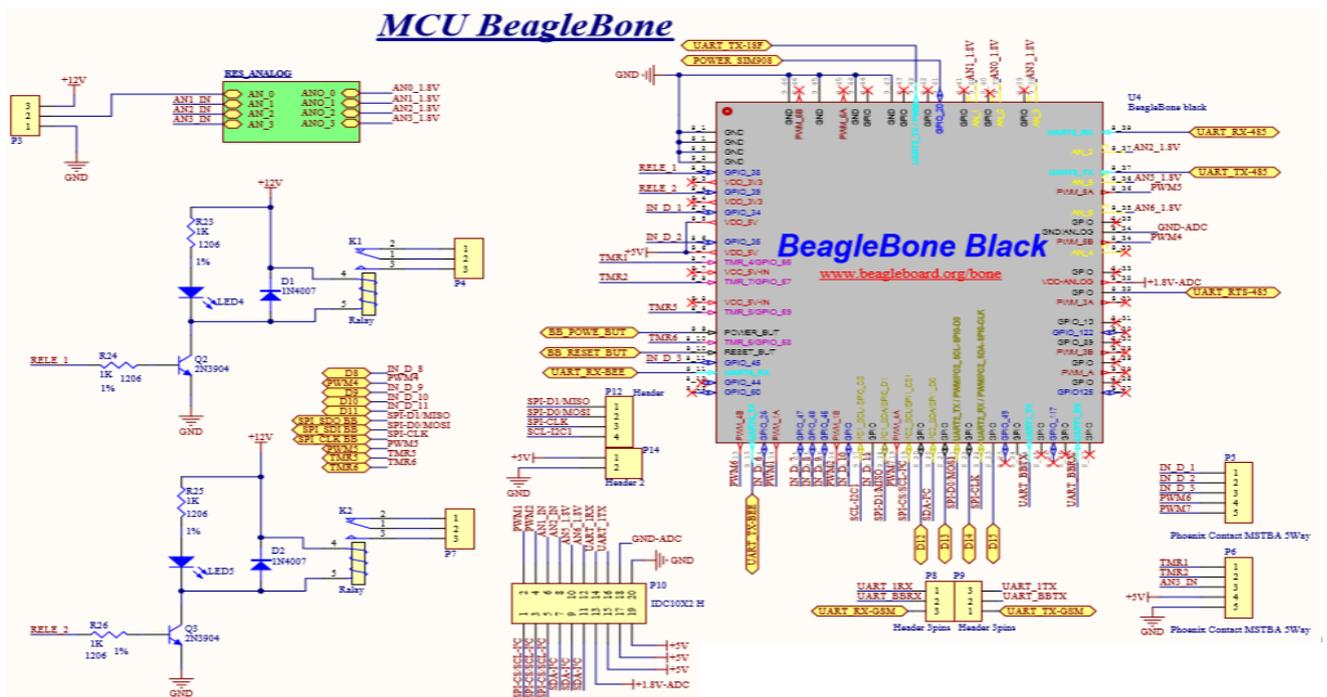


Figura 3. 4: Circuito electrónico del registrador de datos.

A continuación se explica las conexiones de los sensores en el registrador de datos:

Tabla 10: Conexión sensor de temperatura de agua DS18B20 a registrador de datos

Pines del sensor	Pines placa de expansión
VCC	4 de P6
S	2 de P5
GND	5 de P6

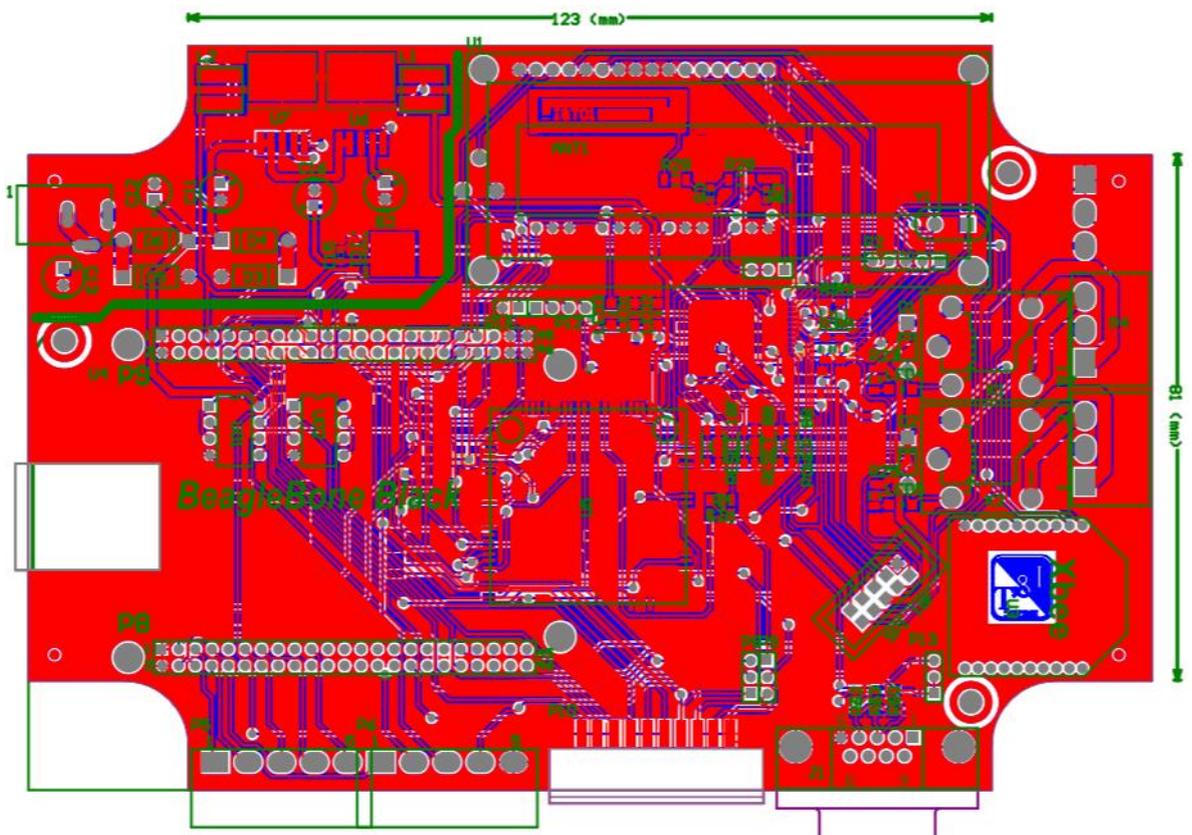


Figura 3. 5: Esquemático del circuito impreso de la placa de expansión.

Tabla 11: Conexión sensor temperatura del ambiente y humedad relativa DHT11 a registrador de datos

Pines del sensor	Pines placa de expansión
VCC	4 de P6
S	3 de P5
GND	5 de P6

Tabla 12: Conexión sensor de Luz TSL2561 a registrador de datos

Pines del sensor	Pines placa de expansión
VCC	19 de P10
SCL	5 de P10
SDA	9 de P10
GND	20 de P10

Tabla 13: Conexión Anemómetro HYX-FSV a registrador de datos

Pines del sensor	Pines placa de expansión
VCC	3 de B3
S	2 de B3
GND	1 de B3

Tabla 14: Conexión acelerómetro mpu6050 a registrador de datos

Pines del sensor	Pines placa de expansión
VCC	4 de P6
GND	20 de P10
SCL	5 de P10
SDA	9 de P10

Tabla 15: Conexión sensor magnético DC-SS504 a registrador de datos

Pines del sensor	Pines placa de expansión
VCC	4 de P6
GND	20 de P10
S	2 de B3

### 3.1.4 Configuración de red inalámbrica

El transporte de la información adquirida por los sensores mencionados en la tabla 9, se da mediante un enlace establecido de una red punto a punto, por lo que tan solo se necesitó dos Xbee s1 PRO.

El Xbee de la estación emisora y receptora se configuró con los siguientes parámetros como se muestran en la tabla 16:

Tabla 16: Parámetros de configuración del terminal para Xbee emisor y receptor.

Parámetro	Xbee Emisor	Xbee Receptor
Velocidad de transmisión	9600 baudios	9600 baudios
Bits de datos	8	8
Paridad	Ninguno	Ninguno
Bit de parada	1	1

## 3.2 Componente Web

Este componente se encarga de mostrar la información de los datos de cada variable física almacenados en una base de datos, brindando un software online que muestra el monitoreo de dichas variables por medio de gráficas en tiempo real. Así como también la creación de

reportes históricos y notificaciones para alertar cuando las variables tengan un comportamiento fuera del rango de tolerancia configurado por el usuario administrador.

Tabla 17: Comandos para configuración del módulo xbee emisor y receptor.

Función	Comando	Xbee Emisor	Xbee Receptor
PAN ID	ATID	3001	3001
Mi dirección	ATMY	1	2
Dirección de destino alto	ATDH	0	0
Dirección de destino bajo	ATDL	2	1

El componente web está formado por un VPS donde fue instalado un servidor web, una base de datos desarrollada en PostgreSQL y una aplicación web construida en Django y Nodejs que interactúan entre sí como se muestra en la figura 3.6 para que el sistema web funcione adecuadamente.

### 3.2.1 Desarrollo del servidor web

Para la preparación del servidor web se contrató un VPS en DigitalOcean, el cual consta de un sistema operativo Ubuntu

14.04, 1GB RAM y 30GB SSD Disco. Posteriormente se instaló en este VPS el servidor web Nginx de alto rendimiento, estabilidad y fácil configuración con los siguientes comandos:

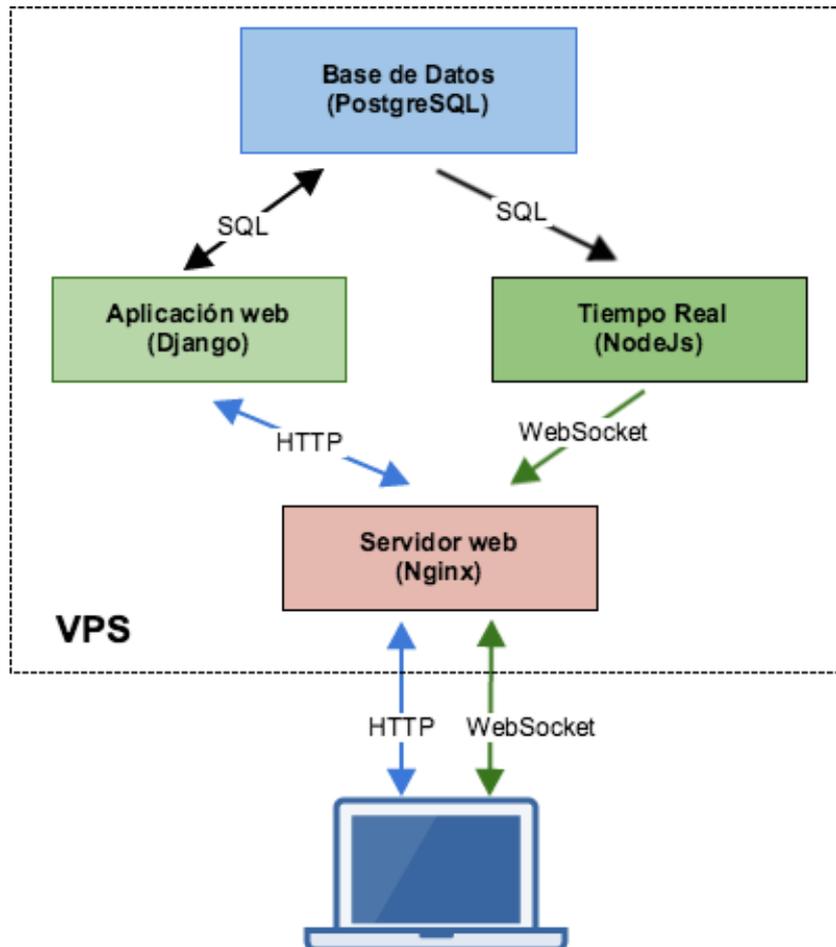


Figura 3. 6: Esquema componente Web

```

/* sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install nginx */
  
```

### 3.2.2 Desarrollo de la aplicación web

La aplicación está desarrollada con tecnologías webs como: Bootstrap framework CSS utilizado para crear las interfaces web, HighCharts librería javascript encargada de la creación de gráficos estadísticos, Socket.IO librería Javascript implementada para generar el comportamiento en tiempo real de los gráficos de monitoreo y finalmente Django 1.7 framework que permite la creación y organización de toda la aplicación web combinando el uso de las tecnologías antes mencionadas bajo el diseño MVT.

Para preparar el entorno de desarrollo de la aplicación en el VPS se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Instalación del paquete para crear entornos virtuales.

```
sudo apt-get install python-virtualenv
```

- 2) creación de un entorno virtual para el proyecto.

```
sudo virtualenv /home/env_hidrosys
```

- 3) Activación del entorno virtual que contiene el proyecto.

```
source /home/env_hidrosys/bin/activate
```

4) Instalación del framework django dentro del entorno virtual.

```
cd /home/env_hidrosys/pip install django
```

A continuación se detallan las diferentes interfaces que componen la aplicación:

### **Interfaz de Autenticación**

Esta pantalla permite al usuario ingresar al sistema por medio de un usuario y clave a fin de restringir las funcionalidades a usuarios autorizados como se muestra en la Figura 3.7.

### **Interfaz de Monitoreo General**

Permite observar el comportamiento de las diferentes variables físicas en gráficos de gauge como se muestra en la Figura 3.8, donde cada gráfico indica el valor y un color de aviso asociado.

### **Interfaz de Configuraciones**

Se utiliza para establecer rangos de valores como se muestra en la Figura 3.9, con el objetivo de indicar niveles de avisos en cada variable física.



Figura 3. 7: Interfaz de Autenticación.

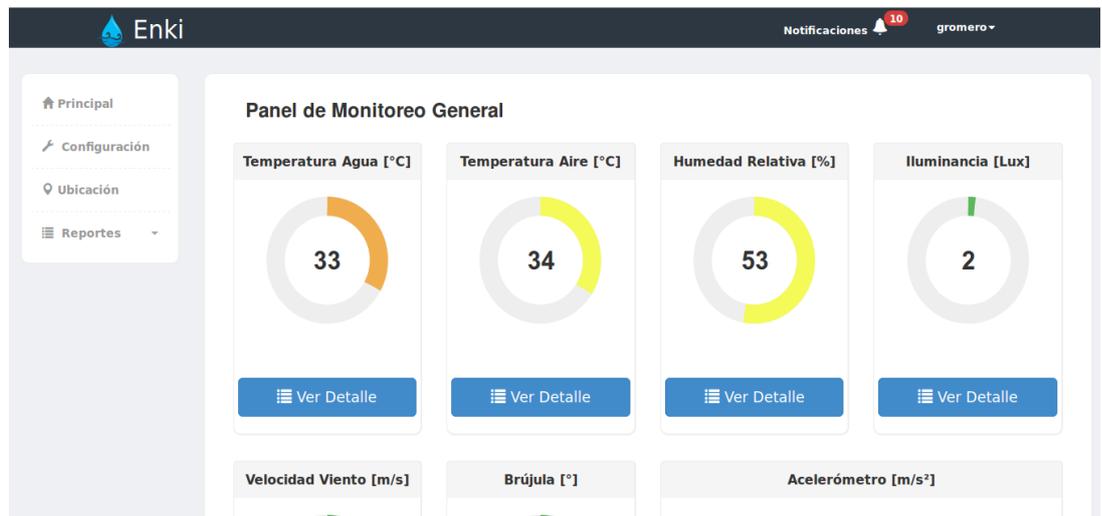


Figura 3. 8: Interfaz de Monitoreo General.

**Niveles de Aviso**

Nivel	Descripción
VERDE	No existe ningún riesgo meteorológico.
AMARILLO	No existe riesgo meteorológico para la población en general aunque sí para alguna actividad en concreto, y en zonas vulnerables.
NARANJA	Existe un riesgo meteorológico importante (fenómenos meteorológicos no habituales y con un cierto grado de peligro.)
ROJO	El riesgo meteorológico es extremo (fenómenos meteorológicos no habituales y con un nivel de riesgo para la población muy alto.)

**Rango de Avisos**

Variable Física	Mínimo	Máximo Verde	Máximo Amarillo	Máximo Naranja
Temperatura Aire	0.00	27.00	80.00	90.00
Humedad Aire	0.00	30.00	60.00	50.00

Figura 3. 9: Interfaz de Configuraciones.

## Interfaz de Reportes

Permite al usuario generar reportes de datos en tablas y gráficos como se muestra en la Figura 3.10, estos reportes pueden ser filtrados por períodos de tiempo como años, meses y entre fechas.

**Reporte de Datos**

Configuración | Ubicación | Reportes

Exportar

Buscar Registros

Año: 2015 Fecha Desde: Fecha Hasta: Mes: Seleccionar

Buscar

Fecha	Hora	Temperatura Aire [°C]	Humedad Aire [%]	Temperatura Agua [°C]	Iluminancia [Lux]	Velocidad Viento [m/s]	Compás Magnético [°]	Aceleración[m/s <sup>2</sup> ]
09/07/2015	20:56:56	31.00	54.00	30.06	0.30	8.45	212.90	x : 58.86 y : 1.37 z : -31.10
13/06/2015	14:29:57	34.00	53.00	32.94	1.71	8.46	151.00	x : -16.31 y : -1.68

Figura 3. 10: Interfaz de Reportes.

### 3.2.2 Desarrollo de la base de datos

Se diseñó una base de datos en PostgreSQL versión 9.3.6, el cual su diagrama entidad relación se indica en la Figura 3.11.

Para instalación y configuración de este gestor de base de datos en el VPS, se ejecutan los siguientes comandos:

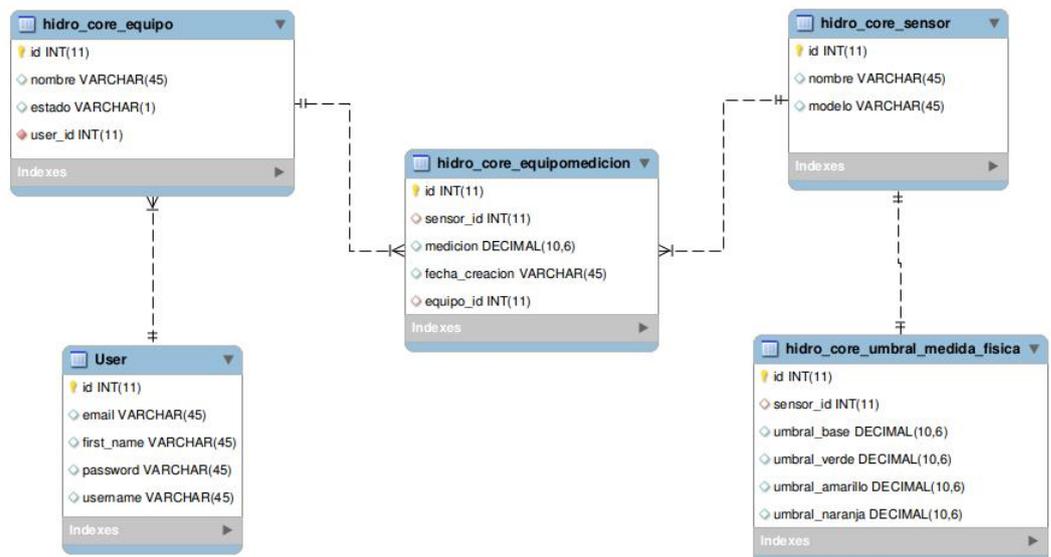


Figura 3. 11: Diseño Entidad – Relación.

```
/* sudo apt-get install libpq-dev python-dev
```

```
sudo apt-get install postgresql postgresql-contrib */
```

Se crea a continuación la base de datos y se asigna todos los permisos al usuario root.

```
/* sudo su - postgres
createdb hidro_sysdb
createuser -P
psql
GRANT ALL PRIVILEGES ON DATABASE
hidro_sysdb
TO root; */
```

Para iniciar el proyecto y configuración de la conexión entre la aplicación y la base de datos se ejecutan los siguientes comandos:

```
/*cd /home/env_hidrosys
source bin/activate
django-admin.py startproject hidro_sys
pip install psycopg2
nano settings.py*/

/* DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE':
'django.db.backends.postgresql_psycopg2',
        'NAME': 'hidro_sysdb',
        'USER': 'root',
```

```
'PASSWORD': 'pegazo13',  
'HOST': '104.236.0.177',  
'PORT': ",  
}  
}*/
```

### **3.3 Componente estación receptora**

Está formado por un xbee s1 pro que recibe los datos desde la estación emisora, una tarjeta raspberry que se encarga de enviar los datos por medio de un script desarrollado en python a una base de datos instalada en un VPS.

#### **3.3.1 Configuración Raspberry**

Para la configuración se instaló el sistema operativo Raspbian como se indica en el Anexo C y, posteriormente se desarrolló e instaló un script en python para el envío de datos por medio de una comunicación cliente-servidor TCP/IP el cual se detalla en el Anexo D.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. PRUEBAS Y RESULTADOS**

Este capítulo muestra las diferentes pruebas realizadas en el desarrollo de este prototipo de estación hidrometeorológica, misma que fue probada en el lago de ESPOLE y a su vez muestra los resultados obtenidos durante dicho proceso.

#### **4.1 Plan de pruebas**

El desarrollo de un esquema de planificación, permite detectar errores en los diferentes componentes del proyecto con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de los procesos involucrados para la obtención y visualización de la información.

Un ámbito importante para el desarrollo de dichas pruebas fue el correcto diseño de una estructura para mantener a flote la estación emisora y la instalación de cajas protectoras ubicadas sobre la base de la estructura flotante con el fin de garantizar una larga durabilidad al registrador de datos.

## **4.2 Escenarios de la pruebas**

Debido a que el proyecto se clasifica en etapas de ejecución, fue necesario comprobar la estabilidad de la estructura flotante, visualizar los datos adquiridos por los sensores, verificar la conectividad entre el xbee emisor y receptor, monitorear la comunicación entre la Raspberry con el servidor web, definir el alcance máximo entre la estación emisora y receptora y finalmente determinar el consumo de corriente de los equipos.

### **4.2.1 Prueba 1.- Comprobación de la estabilidad de la estructura flotante**

Debido a que una estación hidrometeorológica es usado en cuencas hidrográficas, se consideró necesario probar que la estructura creada para ser la estación emisora pudiera mantenerse a flote y sin producirse ningún cambio brusco. Por lo tanto se lanzó la estructura metálica con las boyas al lago de la ESPOLE sin el eje central que otorgaba un contra peso y esta flotó, como se muestra en la Figura 4.1. Posteriormente, se volvió a lanzar la estructura con las boya como se ve en la Figura 4.2, pero esta ocasión con el eje central mismo que tiene un fundido de cemento en un extremo de la varilla, cuyo propósito era minimizar las vibraciones de la boya en el agua en

caso de que exista un oleaje y a pesar de su peso adicional la estructura flotó sin dificultades. Por último para evitar algún riesgo antes de instalar el sistema emisor, se procedió a colocar un peso ligeramente superior al de los equipos electrónicos en la base de la boya y este siguió manteniendo su equilibrio sobre el agua como se observa en la Figura 4.3.

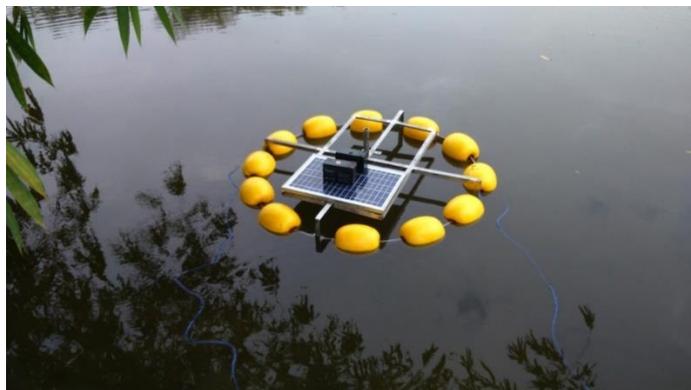


Figura 4. 1: Lanzamiento de boya sin eje central



Figura 4. 2: Lanzamiento de boya con eje central



Figura 4. 3: Foto Lanzamiento de boya con eje central y peso adicional

#### 4.2.2 Prueba 2. Obtención de datos adquiridos por medio de los sensores

Los sensores permiten adquirir las señales emitidas en el medio externo, como se lo mencionó en el capítulo 2, sin embargo, es necesario comprobar que dichos sensores operen correctamente y que proporcionen información real. Por lo cual se procedió a instalar en la Beaglebone módulos de comunicación para cada modelo de los sensores que se mencionan en la Tabla 9 a fin de utilizar funciones de estos módulos en un script programado, el cual imprimía en la consola los valores de estos sensores como se muestra en la Figura 4.4.

```
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ python sensores.py
Temperatura Agua: 30,06 grados Celsius
Temperatura Aire: 31,00 grados Celsius
Humedad Aire: 53 %
Iluminancia: 0,30 Lux
Velocidad Viento: 8,45 m/s
Brujula Magnetica : 212,90 grados
Aceleracion X: 58,86 m/s2
Aceleracion Y: 1,37 m/s2
Aceleracion Z: -31,10 m/s2
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$
```

Figura 4. 4: Valores capturados por los sensores.

### 4.2.3 Prueba 3. – Conectividad entre Xbee emisor y Xbee receptor

Como se explicó en el capítulo 3, es de suma importancia que exista una comunicación entre el xbee emisor y receptor para que la información adquirida por los sensores llegue a su destino final que es la aplicación web.

Se conectó el xbee emisor a un computador por medio de un explorador xbee como se muestra en la Figura 4.5, posteriormente se abrió el programa coolTerm y se procedió a enviar datos de prueba hacia el Xbee receptor conectado a la Raspberry el cual tenía un programa que leía y mostraba el dato recibido. Si el dato recibido coincidía con el enviado se aseguraba que la comunicación fue exitosa como se presenta en la Figura 4.6



Figura 4. 5: Explorador Xbee [31]

```

MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ python sensores.py
Prueba de Conexion entre Xbee Emisor y Receptor:
Emisor Envia : 1
Receptor Captura : 1
Mensaje : Comunicacion Exitosa!
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ █

```

Figura 4. 6: Mensaje de comunicación exitosa o fallida

#### 4.2.4 Prueba 4.- Comunicación entre la Raspberry y el Servidor Web

Esta prueba se la realizó con una conexión cliente-servidor TCP/IP como se explicó en el capítulo 3. Donde el programa cliente que se encuentra en la Raspberry envía datos de prueba hacia el programa servidor en el VPS y éste muestra los datos recibidos con el objetivo de que compruebe la igual entre enviados como recibidos tal cual se indica en la Figura 4.7.

```

MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ python sensores.py
==Datos Enviados desde Estacion Receptora ==
Temperatura Agua: 30,06 grados Celsius
Temperatura Aire: 31,00 grados Celsius
Humedad Aire: 53 %
Iluminancia: 0,30 Lux
Velocidad Viento: 8,45 m/s
Brujula Magnetica : 212,90 grados
Aceleracion X: 58,86 m/s2
Aceleracion Y: 1,37 m/s2
Aceleracion Z: -31,10 m/s2

== Datos Recibidos en VPS ==
Temperatura Agua: 30,06 grados Celsius
Temperatura Aire: 31,00 grados Celsius
Humedad Aire: 53 %
Iluminancia: 0,30 Lux
Velocidad Viento: 8,45 m/s
Brujula Magnetica : 212,90 grados
Aceleracion X: 58,86 m/s2
Aceleracion Y: 1,37 m/s2
Aceleracion Z: -31,10 m/s2
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ █

```

Figura 4. 7: Datos de Prueba en el VPS.

#### **4.2.5 Prueba 5.- Alcance entre la estación emisora y receptora**

En general el desarrollo del prototipo de estación hidrometeorológica requirió del desarrollo de una red que presentaba una estación emisora puesta en el agua y una estación receptora fija puesta en tierra. Sin embargo al pensar en la escalabilidad que pueda tener una empresa que desee hacer uso de la estación, se procedió a ubicar la estación receptora en diferentes posiciones, en nuestro caso particular a separación inicial entre la estación emisora y receptora fue de 5 [m], posteriormente se incrementó la separación 5 [m] hasta alcanzar una distancia máxima aproximadamente de 210 [m] de separación entre las dos estaciones.

#### **4.2.6 Prueba 6.- Medición del consumo de energía de los equipos**

La idea de incursionar con un prototipo de estación hidrometeorológica era tratar obtener los máximos recursos de los sistemas embebidos y de su autonomía como lo son las BeagleBone Black y la Raspberry Pi. Sin embargo el sistema como tal requerirá de un cambio de fuente de alimentación, por lo tanto consideramos necesario obtener un aproximado de la cantidad de corriente consumida y el tiempo de duración, los cuales fueron de 516,255 [mA] y 9.76 [hrs].

### **4.3 Problemas presentados**

Se presentaron interferencias entre las conexiones de los sensores en la sección I2C de la placa IDETEC, mismas que impedían la transmisión de datos de forma correcta ya que sus pines no tenían el suficiente contacto en ocasiones con los pines de la placa IDETEC, por lo que se tuvo que cambiar los cables y conectores.

Por múltiples pruebas y la constante manipulación de los elementos de la estación emisora se desoldó el conector usb de la placa beaglebone causando una intermitencia en el sistema de encendido e impidiendo la ejecución de procesos que activan el envío de los datos medidos al receptor.

Para subir los datos obtenidos por la estación emisora al servidor web, se requería del acceso a un punto de red propio del lugar de la estación receptora, en nuestro caso la universidad. Sin embargo por realizar pruebas a diferentes distancias se optó por emplear una laptop, misma que mediante la conexión inalámbrica otorgaba el acceso a internet necesario para subir los datos y a su vez para poder movilizarnos y poder determinar el alcance máximo de estación emisora a receptora.

#### **4.4 Análisis de Resultados**

Mediante las pruebas de comprobación de la estabilidad de la estructura flotante se evidencia que el prototipo puede mantener el equilibrio a mayor peso aplicado al que es sometido actualmente por los equipos instalados. Sin embargo, se podría hacer un estudio posterior para determinar el límite de resistencia ante las diferentes condiciones que se presentan debido a los cambios climáticos presentes en el Ecuador.

Debido a la naturaleza del ambiente donde se realizaron las pruebas, es normal que exista interferencia y pérdida de paquetes de datos entre los dispositivos presentes en la estación emisora y receptora, por lo tanto se estableció una condición en el algoritmo del receptor que omite el envío de datos al servidor cuando la trama recibida es incompleta.

Si bien es cierto el alcance emisora y receptora es importante saber, consideramos que esto debe ser sujeto a más pruebas que dependerán del ambiente en el cual se vaya a instalar la red como tal. No obstante el conocer el alcance entre las estaciones nos permite tener una referencia para trabajos a futuro.

La medición del consumo de energía de los equipos nos da una idea del tiempo aproximado en el cual se debe realizar un cambio de batería del prototipo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. La estación emisora permanece en equilibrio y a flote en el agua debido al diseño de la estructura boya, la cual cumple con una flotabilidad positiva, el cual indica que un cuerpo tiende a ascender dentro de un fluido, para la realización de esta prueba nos basamos en la ley de flotabilidad de Arquímedes y el planteamiento matemático de esta ley donde se predijo que el equipo flotaría con 10 flotadores de pesca con ese volumen densidad e índice de flotabilidad.
2. El programa `estacion_hidrometeorologica.py` realizado en lenguaje Python e instalado en la tarjeta BeagleBone Black permitió acceder a los sensores a través de sus librerías para obtener los valores de las mediciones en tiempo real de cada uno de ellos y posteriormente ser enviadas a la estación receptora como se muestra en la Figura 4.4.

3. La conexión TCP/IP establecida entre la Raspberry Pi y el VPS, como se indica en la Figura 4.7, permitió que la información enviada de la estación emisora, sea guardada en una base de datos para ser mostrada y monitoreada en la aplicación web a través de gráficos y reportes.

## **RECOMENDACIONES**

1. Para conocer a profundidad otras variables hidrometeorológicas como presión atmosférica, dirección del viento y oleaje se propone conectar una mayor cantidad de sensores al prototipo de estación hidrometeorológica
2. Como mejora al prototipo, se considera colocar paneles solares para extender la carga de la batería que alimenta al registrador de datos y evitar de esta forma un constante mantenimiento y cambio de este componente.
3. Como sugerencia se debería realizar un análisis del tiempo de vida de los elementos más importantes que conforman la estación emisora, como los sensores, el registrador de datos, batería y estructura flotante para estimar el tiempo de cambio de estos componentes.

4. En caso de no existir una constante conexión de internet en el componente receptor, se aconseja almacenar los datos en la tarjeta Raspberry para su posterior envío al servidor web con el fin de evitar la pérdida de los datos en dicho periodo de tiempo.
5. Configurar permisos a la aplicación web con el objetivo de mostrar a los usuarios visitantes información de dominio público y otorgar al sistema un mayor nivel de seguridad de los datos.

# ANEXO

## Anexo A: MANTENIMIENTO DE BOYA INOCAR



## Anexo B: INSTALACIÓN DEBIAN EN BEAGLEBONE BLACK

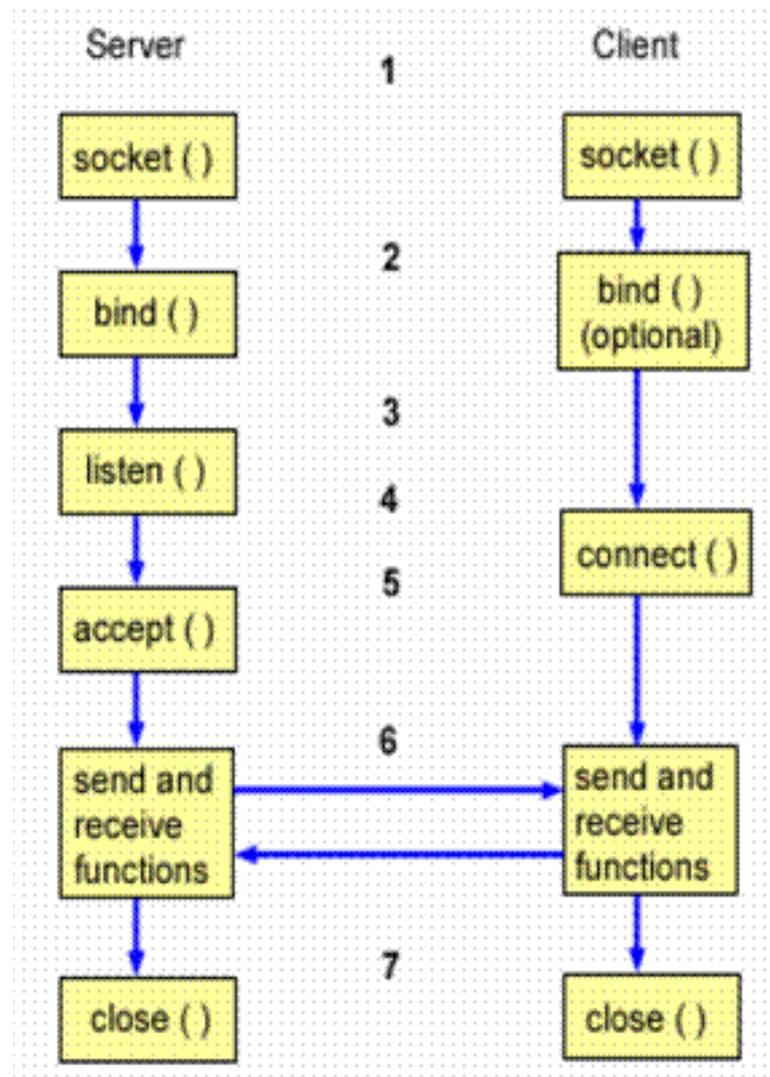
A continuación se muestran los pasos para instalar el sistema operativo Debian:

- 1) Descargar la imagen Debian (BeagleBone, BeagleBone Black - 4GB SD) desde sitio oficial de Beaglebone y descomprimirla.
- 2) Cargar la imagen en una microSD con el Win32 Disk Imager
- 3) Insertar la microSD en la Beaglebone apagada, pulsar el botón USER/BOOT y mantenerlo presionado.
- 4) Conectar la Beaglebone al cable USB de alimentación y esperar unos segundos hasta que los leds agrupados enciendan y parpadeen, esperar hasta que todos los leds agrupados estén encendidos el proceso tarda alrededor de 30 minutos.

## **Anexo C: INSTALACIÓN DE SISTEMA OPERATIVO EN RASPBERRY PI**

Para instalar el sistema operativo Raspbian en la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi se realizó lo siguiente:

- 1) En una consola de Linux escribir: `df -h`
- 2) Después introducimos la tarjeta en el computador y volvemos escribir :  
`df -h`
- 3) Aparecerá una nueva ruta donde indica el nuevo dispositivo conectado: `/dev/sdc1`
- 4) Se desmonta la unidad conectada escribiendo: `umount /dev/sdc1`
- 5) Se copia la imagen del sistema descargado de la página oficial de Raspberry, para esto se escribe en el terminal:  
  
`dd if=/ruta/descarga/zip/2015-01-31-wheezy-raspbian.img of=/dev/sdc bs=1M`
- 6) Esperar hasta que el proceso termine y sacar la microSD del computador e insertarla en la ranura microSD de la Raspberry.

**Anexo D: ESQUEMA DE CONEXIÓN TCP IP**

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Proyectos INAMHI, <http://goo.gl/GAFR4n>, fecha de consulta Febrero 2015.
- [2] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Red de Estaciones Meteorológicas, <http://goo.gl/Su4yEB>, fecha de publicación Febrero 2015.
- [3] INOCAR, Sistemas de Observación y Alerta Temprana, <http://goo.gl/lxNJwL>, fecha de consulta Febrero 2015.
- [4] Empresa de Transmisión Eléctrica S.A, Olmeda Berta, Fenómeno el Niño, <http://goo.gl/dQ0TyK>, fecha de publicación 2009.
- [5] PCE Instruments, ¿Qué es una estación meteorológica?, <http://goo.gl/HuYuyv>, fecha de consulta Diciembre 2014.
- [6] Estación Meteorológica, Farreras Herlyn, Estación Meteorológica, <http://goo.gl/qdHBwY>, fecha de publicación Marzo 2008.
- [7] Estación Meteorológica de la Pontífica Universidad Católica Madre y Maestra recinto Santo Tomas de Aquino, Definición de Estación Meteorológica, <http://goo.gl/sEN6AG>, fecha de publicación Abril 2009.
- [8] I.P.E.M No 56 Abraham Juarez, Villa María, Estación Meteorológica, <http://goo.gl/E07mPX>, fecha de consulta Enero 2015.
- [9] Bizkaiko Foru Aldundia, Diputación Foral de Bizkaia, Redes Hidrometeorológicas, <http://goo.gl/HIRxJn>, fecha de consulta Enero 2015.

- [10] Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, Glosario, <http://goo.gl/lffhwU>, fecha de consulta Febrero 2015.
- [11] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Dirección de Estadísticas Económicas, Sección Geográfica, <http://goo.gl/QUc7sr>, fecha de consulta Marzo 2015, páginas 3-4.
- [12] Industria Argentina, Molina José, Que es un Sensor, <http://goo.gl/pT9k9B>, fecha de consulta Febrero 2015.
- [13] Sensores MarlenneMac, Tipos de Sensores, <https://goo.gl/BTel4l>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [14] Adafruit, DHT11 Basic Temperature-Humidity Sensor, <http://goo.gl/1ElvBw>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [15] Taller Arduino, Senor DHT11 (humedad y temperatura) con arduino, <http://goo.gl/QOFOVT>, fecha de publicación Diciembre 2012.
- [16] Brico Geek, Sensor de Temperatura DS18B20 One-Wire, <http://goo.gl/nO73BE>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [17] Sparkfun, One Wire Digital Temperature Sensor- DS18B20, <https://goo.gl/pUmWTt>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [18] BOT Science, IMU Acelerómetro Giroscopio MPU6050 -6DOF, <http://goo.gl/9W7Rlz>, fecha de consulta Marzon 2015.
- [19] Comunidad de tutoriales en electrónica y computación de HeTPro, Acelerómetro y Giroscopio MPU6050, <http://goo.gl/7TqE8E>, fecha de consulta Marzo 2015.

- [20] AliExpress, Beijing HYXC Technoloy CO., LTD., <http://goo.gl/9i94VS>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [21] Centro para la Innovación y Desarrollo de la Educación a Distancia, Sensores Magnéticos, <http://goo.gl/w6y085>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [22] Core Electronics, Dual Axis Magnetic Sensor Module with UART & I2C Interface Edition II (DC-SS504), <http://goo.gl/xddniR>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [23] eBay, Dual Axis Magnetic Sensor Module with UART & I2C Interface DC-SS504, <http://goo.gl/2JXrz8>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [24] Adafruit, Adafruit TSL2561 Digital Luminosity, <http://goo.gl/1AhZtr>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [25] National Instruments, Adquisición de Datos, <http://goo.gl/9Q4SID>, fecha de consulta Abril 2015.
- [26] Hernandez Daniel, Tarjeta de Adquisición de Datos, <http://goo.gl/nMtrmoL>, fecha de publicación Marzo 2014.
- [27] IDOSE Ingeniería Informática Electrónica, Sistemas Embebidos, <http://goo.gl/zaSjOc>, fecha de consulta Marzo 2015.
- [28] UNOCERO, López Manuel, Otra tarjeta de Desarrollo: la beaglebone black, <https://goo.gl/IH6Lmu>, fecha de publicación Octubre 2013.
- [29] Adafruit learning system, Ada Lady, Introducing the Raspberry Pi Model B+, <https://goo.gl/rc4B0y>, fecha de publicación Marzo 2015.

[30] Xataka, Raspberry Pi, <http://goo.gl/Oee4nT>, fecha de consulta Marzo 2015.

[31] AnandTech, Shimpi Anand, More detail on ARM11 vs. Cortex A8, <http://goo.gl/zRlajl>, fecha de publicación Julio 2009.

[32] Diffen, DDR VS SDRAM, <http://goo.gl/l5Q7OJ>, fecha de consulta Abril 2015.