

## IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE BAJO COSTO CON RASPBERRY PI

Rebeca del Carmen Cintra Hernández<sup>1</sup>, Lídice Romero Amondaray<sup>2</sup>, Milagros Hernández Martínez<sup>3</sup>, Ofelia Pérez Montero<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidad de Oriente, UO, Av. de las Américas S/N, Santiago de Cuba, Cuba

<sup>1</sup>e-mail: [rebeca.cintra@estudiantes.uo.edu.cu](mailto:rebeca.cintra@estudiantes.uo.edu.cu)

### RESUMEN

El artículo describe el diseño e implementación de una estación meteorológica. La red propuesta permite monitorizar la temperatura, humedad y el pH de un entorno, específicamente de zonas costeras, en tiempo real, por medio de sensores digitales de fácil adquisición y bajo costo. Además, la propuesta cuenta con módulos extras para sensar las variables de temperatura y pH. El almacenamiento y procesamiento de los datos obtenidos en las mediciones se realiza con el dispositivo Raspberry Pi 2, el cual interactúa con las señales acondicionadas procedentes de los diferentes sensores e implementa múltiples funcionalidades para el sistema como es la creación de un sitio web. Para lograr lo anterior se configuró una conexión de red mediante tecnología Ethernet para el acceso al sitio web por medio de cualquier otra computadora y, además, se dispuso del módulo WiPi de la Raspberry Pi para futuros accesos a dicho sitio web por medio de tecnología móvil.

**PALABRAS CLAVES:** sensores, Raspberry Pi, estación meteorológica bajo costo.

### IMPLEMENTATION OF A LOW-COST WEATHER STATION WITH RASPBERRY PI

### ABSTRACT

The article describes the design and implementation of a weather station. The proposed network allows monitoring the temperature, humidity, and pH of an environment, specifically in coastal areas, in real-time, employing digital sensors that are easily acquired and low cost. Besides, it had extra modules to sensor the temperature and pH variables. The storage and processing of the data obtained in the measurements are carried out with the Raspberry Pi 2 device which interacts with the conditioned signals from the different sensors and implements multiple functionalities for the system such as the creation of a website. To achieve the above, a network connection was configured using Ethernet technology to access the website through any other computer and, also, the Raspberry Pi WiPi module was available for future access to the said website through mobile technology.

**KEY WORDS:** sensors, Raspberry Pi, station low-cost weather.

## 1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de variables medioambientales se remontan al 1441 cuando un coreano gobernante de la corona llamado Munjong de Joseon construyó el primer pluviómetro estándar. En 1593 aparece el termómetro de agua, y varios aparatos climáticos van surgiendo, mejorando y refinándose desde el 1600 hasta la actualidad encaminados a dar información de datos climáticos [1].

Numerosas labores prácticas de la sociedad implican el conocimiento y seguimiento de variables medioambientales. Una de estas labores la constituye la reconstrucción y saneamiento de los ecosistemas deteriorados debido a la contaminación, entre los cuales se puede encontrar, precisamente, las zonas costeras, quienes como consecuencia del vertimiento de desechos industriales, urbanos, la actividad agrícola, minera y portuaria se han visto afectadas, representando un peligro amenazador para el hombre y el medio ambiente.

La información medioambiental necesaria para formular un reporte de los posibles niveles de contaminación que puede poseer un área costera puede ser obtenida, precisamente, empleando estaciones meteorológicas autónomas que permiten acoplarles diferentes sensores para medir, por ejemplo, temperatura, humedad, pH. Esto unido a la capacidad de actuar desatendidas gracias a las características de auto organización y autoconfiguración, hacen que la tecnología sea atractiva en funciones de monitoreo.

Las estaciones meteorológicas y sensores profesionales suelen tener una estructura compleja para lograr una alta precisión por lo que el precio de estos productos suele ser sumamente elevado. Estas estaciones meteorológicas caras, llevan a una falta de monitoreo integral debido a limitaciones de costos e inconvenientes en algunos países. La utilización de sensores de bajo costo es una solución atractiva a tener en cuenta en la construcción de estaciones de este tipo [2].

Actualmente Cuba no cuenta con dispositivos para el monitoreo constante y automático de estas zonas cuya contaminación es elevada. Las muestras se recogen y analizan en largos intervalos de tiempo por el propio personal que realiza el seguimiento, por lo que no hay garantía de monitoreo permanente en el ecosistema costero. Además de que el monitoreo no es eficiente y se logran alcanzar ciertos resultados, a veces, poco precisos, está la limitante de que no existe disponibilidad de dichos datos para hacer un estudio a largo plazo y poder evaluar las condiciones históricas del estado del ecosistema. Otro factor a tomar en cuenta son los altos montos del equipamiento adecuado que limitan la compra de las cantidades necesarias para su uso óptimo en el país. Debido a esto, disponer de un sistema propio es una alternativa para asegurar estudios meteorológicos de calidad a costos inferiores.

Por estas razones, surge la necesidad de dar seguimiento continuo al impacto del cambio climático sobre los ecosistemas y comunidades costeras utilizando una estación meteorológica de bajo costo. Como objetivo general de la investigación se tiene: diseñar e implementar una estación meteorológica de bajo costo con Raspberry Pi.

## 2. CONTENIDO

### Zonas costeras

Las zonas costeras, de forma general, integran aguas costeras, marinas, estuarinas y cercanas a las orillas de los grandes lagos y mares interiores, así como una porción de tierra cercana a la costa, donde actividades humanas y procesos naturales afectan y son afectados por lo que se da en las aguas. Se caracterizan por su clima cálido seco, tierras húmedas a su alrededor y otras características naturales. Estas zonas se han empleado por siglos para la recreación, por lo que actualmente el turismo es un negocio importante, siendo el sector más grande de la economía de algunos países como el nuestro. Otros servicios que brindan, son la estabilización de la orilla, protección contra las tormentas, crianza de peces, control de inundaciones, ciclaje de los nutrientes, y tratamiento natural de los desechos.

La mayoría de los proyectos de desarrollo económico en las áreas costeras y marinas, tienen el potencial de afectar, gravemente, los recursos ubicados en estos ambientes y presentar conflictos entre los usos en competencia de los recursos. Consecuentemente, la evaluación ambiental general en sí es insuficiente para el manejo de la zona costera. Actualmente nuestro país no cuenta con dispositivos para el monitoreo constante y automático de estas zonas cuya contaminación es elevada. Las muestras se recogen y analizan en largos intervalos de tiempo por el propio personal que realiza el seguimiento, por lo que no hay garantía de monitoreo permanente en el ecosistema costero. Además de que el monitoreo no es eficiente con resultados poco precisos, está la limitante de que no la no disponibilidad de dichos datos para hacer un estudio a largo plazo y poder evaluar las condiciones históricas del estado del ecosistema.

El Estado Cubano, consciente de ello, ha puesto en marcha la Tarea Vida, mediante la cual el país lleva a cabo una serie de acciones encaminadas a la prevención, preparación, respuesta y recuperación, para enfrentar y reducir los riesgos y las vulnerabilidades frente al cambio climático. Entre las estrategias y acciones destaca la tarea 9 referida a “Fortalecer los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana para evaluar sistemáticamente el estado y calidad de la zona costera, el agua, la sequía, el bosque, la salud humana, animal y vegetal.” [3]. Se han identificado, en este sentido, áreas prioritizadas teniendo en cuenta la preservación de la vida de las personas en los lugares más vulnerables, la seguridad alimentaria y el desarrollo del turismo. Entre ellas se encuentran precisamente las zonas costeras con áreas como la bahía de La Habana y la bahía Santiago de Cuba.

### Contaminación del agua en zonas costeras.

La contaminación del agua se define como la adición, por parte del hombre, de materiales o energía calorífica en cantidades que causen alteraciones indeseables. La contaminación resulta de muy variados actos, desde derrames inadvertidos y accidentales hasta descargas tóxicas con intenciones delictivas. La contaminación es un subproducto de las actividades económicas y sociales.

En la actualidad se utilizan parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas, los cuales se resumen en índices físico-químicos que permiten comunicar la información de forma eficaz, resumida y sencilla [4]. La elaboración y aplicación de cualquier índice es específica para cada región o fuente en particular.

Las variables que más se tienen en cuenta en este proceso son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, pH, temperatura, sólidos disueltos totales (SDT), fosfatos totales, turbidez y humedad. En el caso de la bahía de Santiago de Cuba, por ejemplo, los vertimientos más agresivos aportan metales pesados, detergentes, líquidos orgánicos e inorgánicos, albañales e hidrocarburos.

## Estación meteorológica

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas para diferentes aplicaciones. Visualizar en un monitor todas las variables meteorológicas instrumentales en tiempo real, emitir los mensajes meteorológicos codificados de forma automática y semiautomática y archivar y registrar los datos e información meteorológica obtenida, es un elemento importante en la vida del hombre actual. En sistemas de mediciones meteorológicas profesionales se utiliza una PC con un software que recibe y procesa datos en tiempo real de varios sensores, prepara una observación meteorológica con los datos de los parámetros medidos y difunde la observación a los medios de comunicaciones. Puede existir un software incorporado al sistema operativo de la computadora o estación de trabajo, que puede ser considerada como servidor central donde se visualice en tiempo real los instrumentos meteorológicos.

Las estaciones meteorológicas profesionales más poderosas en funciones de monitoreo pertenecen al fabricante Oregon y exhiben precios variados en el mercado que oscila entre los 15000 y 6000 euros, si a esto se añade el costo de los sensores profesionales que puede rondar entre los 160 y 3000 euros, adquirir estos recursos puede resultar complicado. Muchas veces estos elevados precios suelen estar influenciados por costos de marketing, envío de paquetes hacia sucursales en otras ciudades, cantidad de trabajadores necesarios para desarrollar toda una línea de productos, así como la influencia del fabricante en el mercado; y no precisamente por el producto en sí.

Debido a lo anteriormente expresado es que se plantea la idea de construir estaciones meteorológicas de bajo costo y con un margen de fiabilidad aceptable. Esto mediante el empleo de dispositivos lógicos programables combinados con sensores no costosos, permitiendo captar información de temperatura y humedad u otras variables medioambientales donde "la información registrada es tan igual que la que proporciona cualquier estación meteorológica importada de las mejores marcas y modelos" [5]. Además, con la construcción de este sistema propio, se estaría dando respuesta a la tarea vida antes planteada en cuanto a la elaboración de sistemas en el país que respondan a tareas específicas, como el caso en cuestión donde se estaría destinando a controlar parámetros para determinar contaminación en zonas costeras.

## Elementos generales

Teniendo en cuenta los aspectos que conforman una estación profesional, se ha realizado el proyecto de una estación meteorológico de bajo costo con módulo extras de medición de analógica. Para ello se propone el diseño mostrado en la siguiente figura:

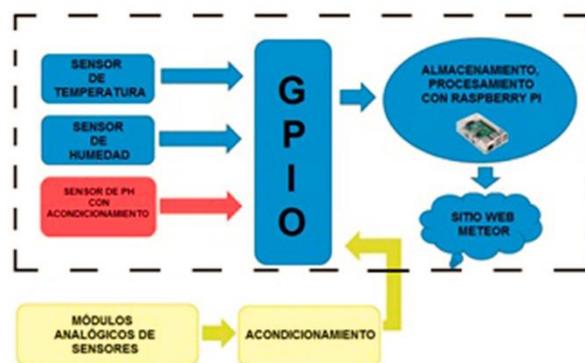


Figura 1: Diseño de la estación meteorológica con módulo extras de medición de analógica.

Como se puede apreciar el diseño se basa en la teoría de los Sistemas de Adquisición de Datos por lo que se siguen los siguientes pasos para el análisis del mismo:

Paso 1: Descripción de los elementos sensores que transforman los parámetros físicos en señales eléctricas medibles por el SAD.

Paso 2: Etapa para el tratamiento de los datos adquiridos (procesamiento, almacenaje).

Paso 3: Medio de visualización de los datos registrados: configuración de la red y el módulo WiPi como punto de acceso Wifi para la conexión y el envío de la información a otros dispositivos.

En el caso de los módulos extra de medición analógica se considerarán dos bloques: el bloque adquisición y el bloque para el acondicionamiento de las señales provenientes del sensor.

### Elementos sensores

Para la captación de los valores medioambientales de la zona contaminada se utilizaron sensores digitales, los cuales se conectaron directamente al puerto GPIO de la Raspberry Pi. Además de esto se crearon módulos adicionales analógicos para la captación de valores para comprobar la adaptabilidad y las posibles funcionalidades que se le puede brindar al usuario que la utiliza.

### Sensor de temperatura y humedad DHT11

La medición de temperatura en zonas costeras permite la caracterización de diferentes tipos de agua y está íntimamente relacionada con la salinidad y la densidad, parámetros que permiten evaluar la contaminación. La temperatura, es uno de los factores físicos que más condicionan el desarrollo de la vida en el medio acuático. Los efectos subletales de las variaciones de la temperatura afectan al metabolismo, respiración, comportamiento, distribución, migraciones, alimentación, crecimiento y reproducción de la mayoría de los animales y plantas acuáticas [6]. La humedad relativa interviene en procesos como el amortiguamiento de los cambios de temperatura, el crecimiento y el desarrollo de enfermedades de las plantas en el ecosistema costero.

Con el fin de medir los fenómenos físicos de temperatura del aire y humedad relativa se utiliza el sensor digital DHT11. Este se elige ya que es uno de los pocos que es capaz medir ambas variables a la vez, es de bajo costo (cuesta 2 euros en el mercado europeo), posee buena precisión y además es un sensor digital lo cual facilita la conexión con la Raspberry Pi, pues no necesita de adaptación de la señal que entrega, esto es posible ya que el DHT11 dispone de un microcontrolador in-terno para hacer el tratamiento de la misma.

Las características del sensor DHT11 son: Alimentación:  $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$ ; Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C (este rango permite abarcar los valores de temperatura del aire más comunes en nuestro país que van desde 5°C hasta 36°C); Precisión de medición de temperatura:  $\pm 2.0$  °C; Resolución Temperatura: 0.1°C; Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH; Precisión de medición de humedad: 4% RH; Resolución Humedad: 1% RH; Tiempo de sensado: 1 seg.

Como se muestra en la Figura. 2 la conexión es directa, el pin de tierra del sensor se conecta a la tierra digital del Raspberry, Vcc del sensor al Vcc del Raspberry y el pin DATA (la salida de los datos) del sensor a uno de los puertos digitales de la placa en cuestión. Para su lectura se implementó una programación en Python mediante la librería Adafruit.py, la cual facilita enormemente la obtención de datos de dicho sensor y que fue instalada previamente a través de la consola de comandos del sistema operativo que alberga el Raspberry Pi.



Figura 2: Conexión del sensor DHT11 con la Raspberry Pi.

## Sensor de pH

El pH, es una medida de la acidez del agua y es un factor importante en los sistemas químicos y biológicos de los medios acuáticos marinos. Aunque la mayoría de los seres vivos toleran amplias variaciones de pH, la toxicidad de varios contaminantes se incrementa por las fluctuaciones del mismo. El agua de mar presenta, de forma estable, un pH comprendido entre 7-9 unidades, el valor normal en superficie es de 8,1 unidades.

El sensor de pH que se utilizará es el básico que pertenece al kit de desarrollo de la plataforma Arduino. Este sensor permite medir de forma sencilla el pH gracias a su placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medición. A pesar de que su salida es analógica se ha escogido este producto ya que es menos costoso (cuesta solo 20 dólares en el mercado americano) que los compatibles con el Raspberry Pi los cuales son sensores profesionales.

Las características del sensor de pH del kit de desarrollo de la plataforma Arduino son: Alimentación de 5.00V; Dimensiones de 43x32mm (controlador); Rango de medición: 0-14 pH (este rango permite abarcar los valores de pH más comunes de aguas marinas que van desde 6,5 hasta 8,7); Temperatura de medición: 0-60 °C; Precisión:  $\pm 0.1$ pH (25 °C); Tiempo de respuesta:  $\leq 1$ min; Sonda de pH con conector BNC; Controlador pH 2.0 (3 pines); Presenta ajuste de ganancia e indicador LED.

Este sensor debe ser calibrado cada 6 meses para asegurar la precisión de la medición. Se debe limpiar bien la sonda en cada cambio de medición para no alterar su precisión. Esta incluye una muestra con pH 4.0 para calibrarla. Su acondicionamiento no requerirá un gasto muy elevado pues se empleará un conversor analógico-digital ADC0804 que es barato y fácil a la hora de trabajar con él.

La salida Po del sensor de pH, como se observa en la Figura. 3, se conecta a la entrada del conversor analógico-digital ADC0804. Este convierte la señal de salida del sensor de un valor analógico a uno digital de 8 bits. Es un conversor Analógico/Digital muy utilizado en el que las señales de salida varían de 0 a 255. El conversor se conecta a 8 de los pines digitales del puerto GPIO para que sea procesado por la Raspberry Pi.

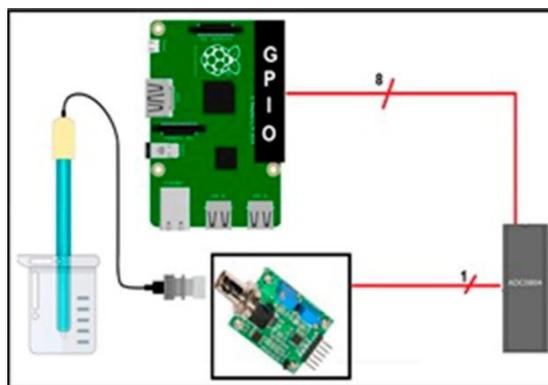


Figura 3: Conexión del sensor de pH con la Raspberry Pi.

## Módulos extra de medición

Para comprobar las capacidades que puede poseer el diseño y el posible impacto que podría ganar en un futuro se construyeron módulos extra de medición de temperatura y pH que cuentan con un sensor analógico con componentes discretos y siempre respetando el bajo costo.

## Módulos extra de medición de temperatura

Se utilizó el sensor analógico TTC103 que es un termistor NTC. Opera en un rango de temperatura de 0°C a 41°C por las características del clima de Cuba. Posee una sensibilidad de  $-21,4$ mV/°C. Este sensor muestreará cada 2s.

Aunque es un sensor que ante un cambio de temperatura experimenta una variación de su resistencia, se realiza una división de voltaje y se mide con un multímetro el voltaje en una determinada muestra de temperatura. Para determinar el rango de medición del sensor se calcula la variación del voltaje entre una muestra y otra. Se detecta una disminución

del voltaje entre muestras cercanas (ej. de 31°C a 32 °C) de 21,4 mV. De esta forma se establece un rango de voltaje de 0V (a 41°C) a 856mV (0°C).

Como la salida del sensor de temperatura es analógica y la entrada de la Raspberry Pi es digital, es necesario un conversor. Sin embargo, el rango de voltaje del sensor va de 0V (40°C) a 856 mV (0°C) y el conversor opera en un rango de 0-10V. Es necesario un amplificador de instrumentación como se muestra en la Figura. 4, utilizado como adaptador y que se calcula según la metodología propuesta en [7].

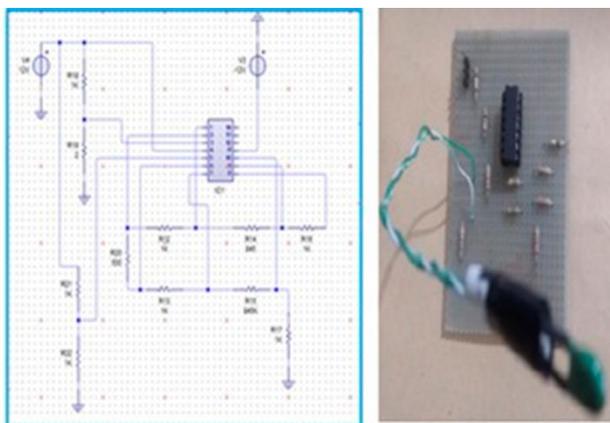


Figura 4: Simulación e implementación del sensor

Luego como la salida del sensor, con el acondicionamiento realizado a este, es analógica y las entradas del dispositivo que procesará la información (Raspberry Pi 2) son digitales es necesario el uso de un conversor, que en este caso es el ADC0804. Este conversor es de 8 bit y es de aproximaciones sucesivas. Luego el conversor es conectado a la Raspberry Pi 2 para que esta recoja los datos.

**Módulo extra de medición de pH.**

El electrodo del pH puede verse como una batería unicelular con una resistencia muy alta que devuelve un voltaje linealmente proporcional para el pH de la prueba de agua. La salida típica de voltaje se extiende de - 430 mV para +430 mV. Cada cambio de la unidad del pH representa apenas un cambio 60 mV en el voltaje de salida. El voltaje de salida 430 mV del electrodo es convertido para extenderse de 0 a 3.2 V a fin de que pueda interactuar con el módulo de microcontroladores ADC.

En la Fig. 5, U1 representa el amplificador operacional responsable de amplificar la señal y U2 representa el amplificador operacional responsable del offset. U2 es configurado como un amplificador diferencial con una ganancia de 2, así el offset requerido producido por el divisor de tensión entre R5 y R6, es dividido entre dos de antemano.

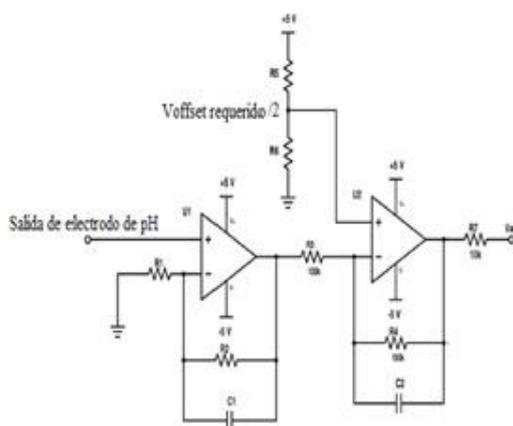


Figura 5: Esquema para acondicionamiento de la señal de PH.

### Almacenamiento, procesamiento con Raspberry Pi y Sitio Web

En esencia, Raspberry Pi es un ordenador de bajo costo integrado en una placa del tamaño de una tarjeta de crédito. Más formalmente, se puede definir como una plataforma abierta que permite diferentes sistemas operativos y distribuciones ligeras para desarrollo. Las distribuciones más comunes son Linux, y la más utilizada Raspbian. Puede ser usado como elemento para el procesamiento de variables medioambientales como en el presente trabajo, según la referencia en [8].

En la actualidad existen varios modelos de Raspberry Pi: 1 A+, 1 B+, 2 B, 2B+, 3, entre otros. El que emplearemos en la aplicación es el 2B (segunda generación), que posee las características: 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU; 1GB RAM; Puerto Ethernet 100Mb; GPIO con 40 pines; 4 puertos USB; Full HDMI port; Combined 3.5mm audio jack and composite video; Camera interface (CSI); VideoCore IV 3D graphics core; Micro SD (antes era SD); Precio de 30 dólares en el mercado americano.

El Raspberry Pi 2B es el que contiene toda la programación en el lenguaje Python para extraer los datos de los sensores y además poder eliminar errores de las muestras provenientes de las propias estructuras de captación; lo último se ha logrado gracias al promediado de las 10 primeras muestras de temperatura (en el caso de la medición de esta), las 10 primeras de pH (en el caso de medición de esta) y las 10 primeras de humedad (en el caso de medición de esta), cuyo valor es el que se muestra al usuario.

Las muestras de las variables son tomadas cada 21 segundos, teniendo en cuenta que el tiempo de variación de ellas es lento, posibilitando así que la información se halle libre de errores en la mayoría de las capturas. El hecho de utilizar correcciones de errores introducidos por las estructuras utilizadas en el registro de los valores mediante software, reduce considerablemente el costo del equipamiento necesario pues no se requiere de más elementos en el hardware para ello.

Para convertir a la Raspberry Pi en una estación meteorológica de bajo costo se debe instalar el sistema operativo y los paquetes necesarios. El entorno de trabajo incluye las configuraciones: Configuración de las interfaces de red y los DNS para lograr el acceso a la red de la Universidad de Oriente de Santiago de Cuba; Configuración del repositorio de la Universidad para la instalación de los paquetes necesarios; Actualización del repositorio para trabajar con los paquetes más estables; Instalación de los paquetes de desarrollo y librerías para la programación en Python y el acceso a la base de datos, sitios web y Wifi e Instalación de la librería para trabajar con el sensor DHT11 y con la conexión de la base de datos.

Observar el diagrama en bloque del programa principal en la siguiente figura:

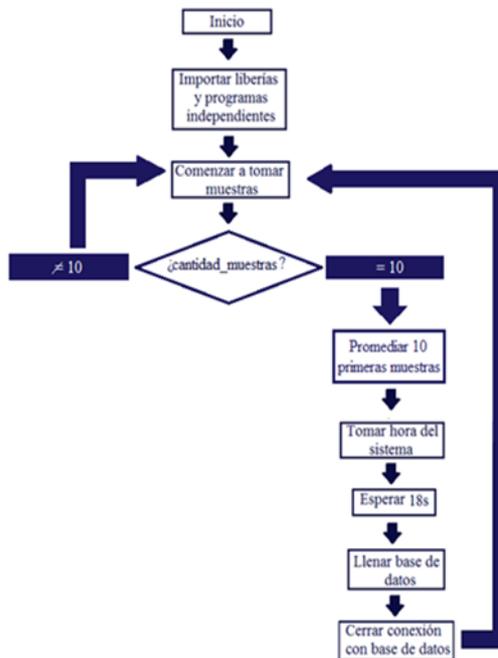


Figura 6: Diagrama en bloque del programa principal.

**Visualización de datos.**

Los datos tomados por los sensores se pueden consultar desde la consola de la Raspberry Pi o desde la Web. En este sentido el costo logra disminuir considerablemente ya que una vez más se recurre a la programación para crear dentro del propio Raspberry Pi los elementos necesarios para la visualización sin apelar a otros productos de hardware que cumplan estas funciones. Tal es el caso de la configuración del servidor Web en el dispositivo para alojar la plataforma Web en la que se mostrarán los datos, sin necesidad de utilizar otro ordenador para ello; y, además, de lograr crear un punto de acceso Wifi en el Raspberry para la conexión inalámbrica sin tener que emplear un equipo que cumpla estas funciones, encareciendo en gran escala el diseño.

**Aplicación Web**

Antes de crear la base de datos y la página Web, se configura la Raspberry Pi como servidor Web. Una vez se tiene el servidor web Apache, el servidor PHP, el servidor de base de datos MySQL y el administrador de base de datos phpMyAdmin, está preparado el entorno para crear la tabla que albergará los datos. Se creó una base de datos cuya información es actualizada con los datos provenientes de la Raspberry Pi, enviados por medio de programación. En la siguiente figura se muestra la estructura de la base de datos.

Campo	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra
fx_dato	int(3)		UNSIGNED ZEROFILL	No		auto_increment
fx_dia	int(11)			No		
fx_mes	varchar(10)	utf8_general_ci		No		
fx_anno	int(11)			No		
fx_hora	time			No		
temp	double			No		
hum	double			Sí	NULL	

Figura 7: Base de datos.

En cada sensor, además del valor de las variables, se almacena la fecha y hora en que se toman las muestras. Una vez se tiene la base de datos, sus campos deben rellenarse de los datos que captan los sensores, por tanto, se programará un código Python para ejecutar el llenado de la base de datos. Este es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma [9].

Por último, esta base de datos se conecta al Sitio Web METEORO mostrado en la Figura. 8. Este sitio muestra al usuario toda la información requerida en un entorno sencillo y agradable. Posee funcionalidades que permiten visualizar la consulta a mediciones pasadas, como: valor de la medición, fecha, hora.



Figura 8: Sitio web METEORO.

## Punto de acceso Wifi

Para la conexión de dispositivos móviles o cualquier otro que soporte comunicación Wifi con la Raspberry Pi se le instala y configura un punto de acceso Wifi (AP). En este caso se emplea el módulo Wi-Pi, adaptador inalámbrico básico comercializado para los usuarios de Raspberry Pi.

Wi-Pi es un adaptador 802.11n de una sola banda en 2.4 GHz con una velocidad enlace de 150Mbps y un ancho de banda de 40 MHz. La unidad es relativamente pequeña. Tiene un agujero en su carcasa para que brille un LED de actividad. Para su uso, primero se deberá instalar paquete de software que proporciona el fabricante del adaptador, en este caso se instaló el firmware – realteky.

Una vez instalado el adaptador Wifi, se procede a la configuración del AP. A continuación, se relacionan los pasos: localización y comprobación de la tarjeta WiFi, actualización de los paquetes desde los repositorios, instalación del software que actuará como el hostap (punto de acceso del host) y el del servidor DHCP e instalación del paquete de seguridad.

## Módulo de comunicación

La plataforma Raspberry Pi puede utilizar dos tecnologías inalámbricas de larga distancia: LoRa (Long Range) en 433, 868 y 900 MHz y red celular (4G/3G/2G). LoRa es una de las tecnologías inalámbricas más atractivas para este tipo de aplicaciones porque permite transmitir información a grandes distancias [10]. En Cuba se puede usar la versión para 433 MHz. Cuando los enlaces sean de largo alcance se utilizará LoRaWANShield for Raspberry Pi - 433 MHz para comunicar la estación meteorológica con el Centro de Datos de la Universidad de Oriente.

## Alimentación

Se utiliza Witty Pi 2 que es una pequeña placa de extensión que puede agregar reloj en tiempo real y administración de energía al Raspberry Pi. Por su bajo costo y fácil implementación el Witty Pi 2 es el más adecuado para el proyecto. Posee una característica denominada “carga ficticia”, la cual permite utilizar cualquier batería como fuente de

alimentación, ya que, aunque se gaste un poco de energía cada cierto intervalo la batería siempre se mantiene encendida.

### 3. CONCLUSIONES

Se constataron las posibilidades de utilizar el Rasperry Pi 2 y todo su kit de desarrollo, para la implementación de una estación meteorológica al explotar sus posibilidades como ordenador de bajo costo en contraste con los altos precios de las estaciones profesionales que oscilan entre 1500 y 3000 euros, además del empleo de sensores y dispositivos, económicos y asequibles, que pueden resultar potencialmente útiles a la hora de implementar el diseño. Se comprueba que con la plataforma de código abierto Raspberry Pi se evitan los problemas de la utilización de software propietario y se puede crear un sistema de adquisición, procesamiento y transferencia de datos que permite la gestión remota y la instalación de algoritmos de procesamiento de datos para eliminar redundancia, minimizar las transmisiones y bajar los costos de comunicación, por datos móviles, de la red. Mediante esta solución, se brinda una alternativa a las estaciones meteorológicas profesionales para la aplicación en la medición de contaminación en zonas costeras, empleando elementos como el Raspberry Pi que no suelen ser usados frecuentemente y que suelen ser de fácil adquisición. Se logró la configuración de un servidor web y un punto de acceso WiFi en el dispositivo Raspberry Pi para lograr la visualización de los datos recogidos. Este tipo de soluciones permiten contribuir con las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático teniendo en cuenta las particularidades del país. La solución propuesta responde a la Tarea Vida de Cuba, y en este caso, a un paso de avance en cuanto a los dispositivos requeridos para el control de contaminación de áreas costeras, aplicación para la que ha sido pensada inicialmente.

### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Md. I. Haque, A. H. MD. Shatil, A. N. Tusar, M. Hossain, y Md. H. Rahman, «Renewable Powered Portable Weather Update Station», *International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)*, ene. 2019, pp. 374-377, doi: 10.1109/ICREST.2019.8644330.
- [2] H. Üçgün y Z. K. Kaplan., «Arduino based weather forecasting station», *International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, oct. 2017, pp. 972-977, doi: 10.1109/UBMK.2017.8093397.
- [3] CITMA 2017. «Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba», Tarea Vida. La Habana, CITMATEL.
- [4] D. Morales, J. Cano, N. Londoño, «Red inalámbrica de biosensores enzimáticos para la detección de contaminantes en aguas», *Revista Politécnica*, vol. 15, no.29 pp.09-22, 2019, doi: 10.33571/rpolitec.v15n29a1
- [5] C. Polo Bravo, H. Torres Muro, J. Ríos Marquezado, R. Bernabé Coaquera, y A. De La Gala Contreras, «Diseño, construcción y sistematización de una estación meteorológica de registro automático y procesamiento de tres parámetros basado en la implementación de hardware libre». Universidad Nacional Jorge Basadre: Rep. 8515-2016-FACI-UNJBG. 2017.
- [6] R. Pérez et al. «Evaluación de la calidad del agua en un humedal de agua salada del Caribe» *INGENIERÍA UC*, vol. 24, núm. 3, pp. 417-427, 2017. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70754692015> (accedido, oct. 17, 2018).
- [7] S. J. Estrada Castellón, «Desarrollo de instrumentos de laboratorio para la asignatura de Sistema de medición en el área de Sistemas de Adquisición de Datos que contribuya a la construcción de un aprendizaje significado de los estudiantes en Ingeniería Electrónica». Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua, 2017.
- [8] M. Salcedo, J. Cendrós, «Uso del minicomputador de bajo costo Rasperry Pi en estaciones meteorológicas». *Télématique: Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*: pág. 63-69. 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78445977004> (accedido, oct. 17, 2018).
- [9] A. MARZAL, I. GRACIA, *Introducción a la programación con Python*. Editorial: Publicaciones de la Universidad Jaume I, Colección Sapienta, 2017. 434 pp. ISBN: 978-84-692-5869-9.
- [10] GU, Chaojie; TAN, Rui; HUANG, Jun. Secure Data Timestamping in Synchronization-Free LoRaWAN. *arXiv preprint arXiv:1905.01679*, 2019.



## SOBRE LOS AUTORES

**Rebeca del Carmen Cintra Hernández.** Estudiante de 5to año Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. Estudiante investigadora vinculada a la línea de investigación “Manejo integrado de recursos naturales y mitigación de impactos medioambientales” del CEMZOC de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, [rebeca.cintra@estudiantes.uo.edu.cu](mailto:rebeca.cintra@estudiantes.uo.edu.cu).

**Lídice Romero Amondaray.** Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica, M.Sc., Prof. Auxiliar del CENPIS de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, [lidice@uo.edu.cu](mailto:lidice@uo.edu.cu).

**Milagros Hernández Martínez.** Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica, M.Sc., Prof. Auxiliar, Vicedecana de la Facultad de Telecomunicaciones, Informática y Biomédica de la Universidad de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, [mhernandez@uo.edu.cu](mailto:mhernandez@uo.edu.cu).

**Ofelia Pérez Montero,** Dra. en Ciencias Sociológicas. Directora del Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras (CEMZOC) de la Universidad de Oriente y Jefa del proyecto Manejo integrado de recursos naturales y mitigación de impactos medioambientales.