

Implementación de un sistema inalámbrico confiable de monitoreo de temperatura y humedad

Edwin F. Rincón, Código: 20181093010 - Geraldin Sanabria Morales, Código: 20181093012
(Universidad Distrital Francisco José de Caldas)

Resumen— El presente documento describe la implementación de un sistema inalámbrico de monitoreo de temperatura y humedad en un datacenter, que permita mantener los rangos de temperatura y humedad establecidos por la regulación. Para la implementación del sistema de monitoreo se ubicaran sensores en el cuarto de equipos, los cuales van a permitir recolectar información de temperatura y humedad en cada uno de los lugares del cuarto, estos datos recolectados podrán ser analizados y monitoreados mediante un aplicativo web acoplado con un sistema de monitoreo SNMP que se creará para que reciba estos datos y se encargue de mostrarlos en tiempo real y así de esta forma poder tener control de la temperatura y humedad del cuarto en tiempo real.

Abstract— This document describes the implementation of a wireless temperature and humidity monitoring system in a Datacenter, to maintain the temperature and humidity ranges established by the regulation. For the implementation of the monitoring system sensors will be placed in the equipment room, which will allow to collect information of temperature and humidity in each of the places of the room, these collected data can be analyzed and monitored using a web application coupled with an SNMP monitoring system that will be created to receive these data and take care of showing them in real time and thus be able to have control of room temperature and humidity in real time.

- Introducción

Diariamente las empresas que cuentan con un datacenter deben garantizar que la operación propia, así como la de los clientes que se apoyan en sus instalaciones y requieren de sus servicios, no se vea afectada por las condiciones ambientales que pudieran llegar a afectar el funcionamiento de

los equipos que allí se encuentran instalados y que necesitan mantenerse para garantizar la seguridad, la integridad y la disponibilidad de la información.

Dado que la industria se encuentra en proceso de renovación continua, las empresas necesitan encontrar soluciones para los diferentes problemas que se presentan y que necesitan solucionarse o mejorarse, en este caso el de la temperatura y humedad, para poder mantenerse vigente en el mercado.

Con el fin de dar solución a esta problemática se realizará la implementación de un sistema inalámbrico de monitoreo de temperatura y humedad que ofrezca los servicios necesarios para cumplir con los rangos de temperatura y humedad establecidos para los cuartos de equipos. Este sistema se implementará en la empresa Porvenir, quién en la actualidad no cuenta con un sistema de monitoreo de temperatura.

- Objetivo General

Implementar un sistema inalámbrico confiable de monitoreo de temperatura con el que se pueda extraer datos por SNMP.

- Objetivos Específicos

- Indagar tecnologías actuales relacionadas.
- Investigar regulación sobre temperatura en datacenter.
- Diseñar e implementar un prototipo funcional.
- Crear aplicativo web que muestre en tiempo real la temperatura de los sensores inalámbricos.

- Marco teórico

- *Tecnologías actuales relacionadas*

Actualmente se cuenta con las siguientes soluciones en el mercado:

- **AP9520TH – APC Schneider Electric:** Sensor A-Link de APC que monitorea la temperatura y la humedad en el centro de datos o sala de gestión de redes. La pantalla presenta un informe visual de niveles de temperatura. Compatible con determinados dispositivos NetBotz (complemento a solución de monitoreo NETBOX, no es compatible con otros sistemas, cuenta con comunicación Ethernet. [1]



Figura 1. Sensor AP9520TH

- **UPSISTEMAS:** Este proveedor cuenta con catálogo de aires acondicionados para datacenter, según su capacidad de enfriamiento varía su tamaño, estos equipos tienen por defecto sensores que permiten determinar la temperatura y humedad para realizar su activación, sin embargo, para acoplarlos a otros sistemas de monitoreo requieren módulos adicionales y en algunos casos desarrollos enfocados a Ethernet.
- **WATCHDOG:** Empresa dedicada a la fabricación de soluciones integrales de monitoreo ambiental, en su catálogo están los productos Watchdog 15, Watchdog 100, cuentan con una precisión de +/- 0,5°C logrando poder obtener mediciones desde -20°C a 85°C con lecturas de humedad desde 0% hasta el 100% con precisión de +/- 2%.
- **RS-23ZBS:** Dispositivo inalámbrico que detecta la temperatura y humedad del ambiente. Con el sensor de temperatura y humedad OZOM RS-23ZBS se puede recibir notificaciones en un Smartphone/Tablet de la temperatura y humedad real del lugar donde se instale este sensor. Se puede obtener información en tiempo real y alertas de alteraciones radicales de cambio en estas variables.[2]



Figura 2. RS-23ZBS

- **MOST:** El monitor incluye 5 sensores digitales precalibrados para ubicación GSM, temperatura, luz, humedad y movimiento/choque. Es reutilizable, recargable, su batería tiene durabilidad de 100 días y su potencia de antena sirve para los contenedores metálicos. Este registra datos continuamente en la web mediante la conexión de la red GSM con respaldo automático en la nube, el cual le permite acceder a datos, configurar alarmas y notificaciones por correo electrónico y SMS, preparar informes 24/7 y compartirlo con los usuarios que desee; dándole la posibilidad de tomar decisiones informadas.
Cuenta con una interfaz PC y móvil amigable, no requiere de instalación de hardware o software y tiene protección IP54 Splash Proof.



Figura 3. MOST

- **AMERICAN RACKS:** Sistema de monitoreo y control de temperatura, presión y humedad para datacenter. Controla diferentes tipos de sensores distribuidos en el centro de cómputo, informando el estado en forma permanente mediante WEB embebida, envío de email y alarmas. Permite controlar sectores con diferentes rangos de temperatura (pasillo frío, pasillo caliente, rack), con capacidad para encender/apagar equipos externos (refrigeración, ventilación, etc.) [3]



Figura 4. Sistema de monitoreo American Racks

- **INECONTROL LINEA SHT-700 W:** Monitoreo de temperatura y humedad de hasta 4 (cuatro) posiciones. Reportes por e-mail y SNMP V1. Activación de alarma preventiva, previa al umbral de alarma de emergencia. Display LCD remoto opcional. [4]

Inecontrol SHT 740 W							
SHT-740 W		IneControl 700		Alarma		Activo	
Pantalla Principal							
Ref	Nombre Site	Temp	Hum	Temp Max	Hum Min	Hum Max	Rep Mail
SHT1	Rack Altamira 1	27 c	60 %	28	50	80	<input checked="" type="checkbox"/>
SHT2	SRV034 / DNS 1	27 c	62 %	29	50	80	<input checked="" type="checkbox"/>
SHT3	Rack 12	31 c	60 %	29	50	80	<input checked="" type="checkbox"/>
SHT4	Tablero Datacenter	32 c	55 %	35	40	75	<input type="checkbox"/>

Figura 5. Inecontrol linea SHT-700W

- *Regulación existente*

Actualmente se encuentra la siguiente regulación asociada a garantizar las condiciones de operación de temperatura y humedad en un datacenter

- **Norma ICREA 2015:** El ICREA (International Computer Room Experts Association, A.C) en el numeral 430.5.1 hace énfasis en los rangos de Temperatura y humedad con sus respectivas tolerancias en condiciones de operación y reposo de todos los equipos.

		Temperatura en °C (°F)	% Humedad Relativa	Máxima Temperatura en °C (°F)
Reposo o Sin Operación de Equipos	Rango	5° - 45° (41° - 113°)	8% - 80%	40° a 60° (104° - 140°)
	Ideal	26,5° (77°)	40%	27° (80,6°)

Tabla 1. Temperatura y humedad equipos en reposo

		Temperatura en °C (°F)	% Humedad Relativa
Con Operación de Equipos	Rango	15° - 32° (59° - 89,6°)	20% - 80%
	Ideal	23° (73,4°)	50%

Tabla 2. Tabla 1. Temperatura y humedad equipos en operación

Bajo lo anterior se debe tener en cuenta que cuando los datacenter cuentan en su distribución arquitectónica formando pasillos calientes, en estos puede tenerse lecturas de temperatura de 40° como máximo, así mismo se hace mención a que la variación máxima de temperatura es de +/- 2°C (1.8°F) y 5% para la humedad relativa.

- **TIA/EIA 942 – Norma TIER:** La norma 942 en el numeral 5.3.5.3 hace referencia al diseño ambiental y las condiciones de operación del entorno en cuanto a la temperatura y humedad y se identifican los siguientes parámetros de operación.

	Temperatura en °C (°F)
Temperatura en punto seco	20° A 25° (68° - 77°)
Humedad Relativa	40% A 55%
Máximo Punto de Rocío	21° (69,8°)
Taza Máxima de Variación	5° (9°) Por Hora

Tabla 3. Temperatura y humedad norma TIER

En este numeral hace recomendación que la medición debe realizarse a partir de una altura de 1.5 Metros del nivel del piso y se debe realizar la distribución de los sensores a lo largo de la línea central de pasillos fríos y en cualquier lugar de entrada de aire del equipo de operación.

- **ASHRAE TC9.9:** La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) cuenta con una serie de recomendaciones acerca de las condiciones térmicas acercar de varios puntos al interior del complejo de operación del datacenter, sin embargo los fabricantes de equipos de comunicaciones y servidores hacen referencia a estas recomendaciones ambientales para la operación de sus equipos divididos en cuatro grupos, sin embargo la recomendación para todos está enmarcada en las siguientes mediciones:

Equipment Environmental Specifications for Air Cooling							
Class ^a	Product Operations ^{b,c}					Product Power Off ^d	
	Dry-Bulb Temperature ^{e,f} °C	Humidity Range, Non-Condensing ^{h,i,j,k,l}	Maximum Dew Point ^g °C	Maximum Elevation ^{e,l,m} m	Maximum Temperature Change ^e in an Hour (°C)	Dry-Bulb Temperature °C	Relative Humidity ^h %
Recommended (Suitable for all 4 classes)							
A1 to A4	18 to 27	-9°C DP to 15°C DP and 60% RH					
Allowable							
A1	15 to 32	-12°C DP & 8% RH to 17°C DP and 80% RH ^k	17	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
A2	10 to 35	-12°C DP & 8% RH to 21°C DP and 80% RH ^k	21	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
A3	5 to 40	-12°C DP & 8% RH to 24°C DP and 85% RH ^k	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
A4	5 to 45	-12°C DP & 8% RH to 24°C DP and 90% RH ^k	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
B	5 to 35	8% to 28°C DP and 80% RH ^k	28	3050	NA	5 to 45	8 to 80
C	5 to 40	8% to 28°C DP and 80% RH ^k	28	3050	NA	5 to 45	8 to 80

Tabla 4. Especificaciones ambientales para equipos de aire acondicionado

- NRF2401

El NRF2401, integra en un único chip, toda la electrónica y bloques funcionales precisos, para establecer comunicaciones RF (Radio Frecuencia) entre dos o más puntos a diferentes velocidades, (Hasta 2 Mb/seg) con corrección de errores y protocolo de reenvío cuando es necesario, sin intervención del control externo, lo que nos permite aislarnos de todo el trabajo sucio y complicado relacionado con la transmisión física.



Figura 6. NRF2401

- *Ventajas:*
- Operan en la banda de 2.4Ghz, que es de libre uso a nivel mundial.

- Velocidad configurable de 250kb, 1 Mb o 2Mb por segundo.
 - Muy bajo consumo en Stand By (Cuando no se usan).
 - El alcance depende de si hay visión directa entre los nodos, o por el contrario hay obstáculos, pero nos ofrece un mínimo de unos 20 m hasta un máximo de 80m en óptimas circunstancias, en el modelo básico con la antena integrada.
 - Se puede adecuar antenas más eficaces por un coste un poco superior que aumentan de forma importante el alcance hasta 1km.
 - Compatibles con todo un rango de modelos de diferentes tipos y fabricantes. [5]
- *Características*

Esta capacidad es utilizada por la biblioteca RF24Network para generar una red organizada en una topología de árbol, donde un nodo es la base, y todos los demás nodos son hijos de ese nodo o de otro. Cada nodo puede tener hasta 5 hijos, y esto puede ir a 5 niveles de profundidad, lo que significa que podemos crear una red de 3125 nodos en total. Cada nodo debe definirse con una dirección de 15 bits, que describa con precisión la posición del nodo dentro del árbol.

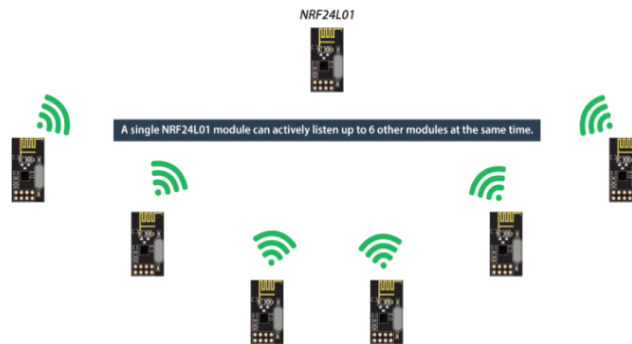


Figura 7. Funcionamiento NRF2401

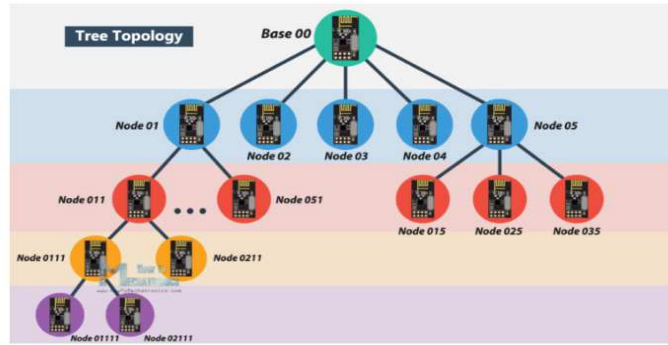


Figura 8. Topología de árbol NRF2401

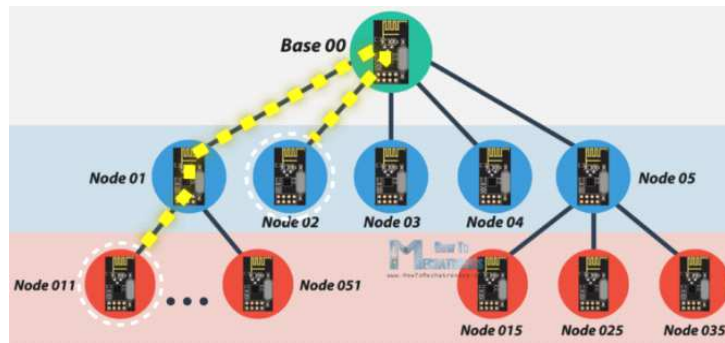


Figura 9. Topología de árbol NRF2401

- Arduino

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso. [6]



Figura 10. Arduino

- Desarrollo de la propuesta

Esta propuesta se implementó con 4 sensores los cuales son los encargados de recolectar los valores de temperatura y humedad del lugar, éstos a su vez envían la información recolectada a un nodo central (NRF2401), encargado de recibir la información recolectada por los sensores. Este nodo central a su vez se conecta con el arduino y finalmente se realiza la conexión con el servidor, en donde se va a almacenar la información y se podrá consultar en tiempo real.

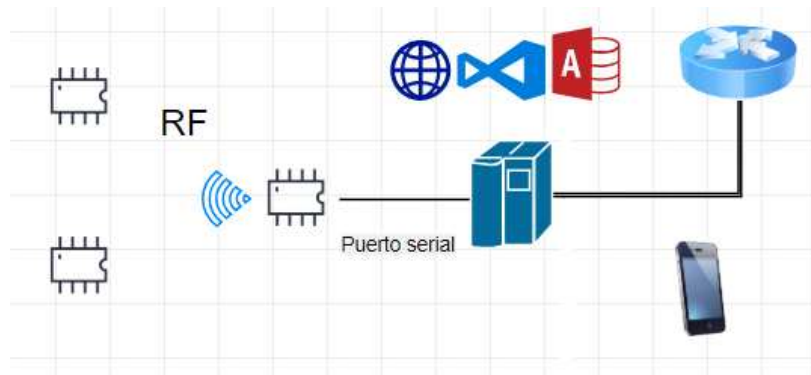


Figura 11. Prototipo propuesta

- Código empleado

- *Servidor XAMPP*

XAMPP es un servidor independiente multiplataforma, de software libre, que consiste

principalmente en la base de datos MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. El nombre proviene del acrónimo de X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), Apache, MySQL, PHP, Perl.

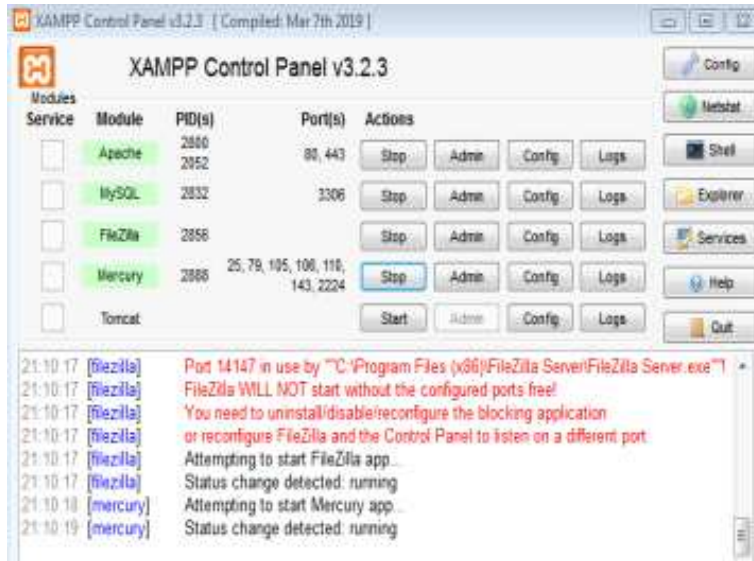


Figura 12. Servidor XAMPP

- *Código Arduino*

Nodo central

Declaración de los nodos que se usaran

00 CORE

01 transmisor1

02 transmisor2

03 transmisor3

04 transmisor4

```

#include <Ethernet.h>
#include <MySQL_Connection.h>
#include <MySQL_Cursor.h>
#include <RF24Network.h>
#include <RF24.h>
#include <SPI.h>
RF24 radio(5,6);
RF24Network network(radio);
const uint16_t this_node = 00;
const uint16_t other_node1 = 01;
const uint16_t other_node2 = 02;
const uint16_t other_node3 = 03;
const uint16_t other_node4 = 04;

```

Figura 13. Código arduino

- *Conexión con servidor MySql*

```

byte guest=0;
byte mac_addr[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};
IPAddress IPLocal(192, 168, 1, 70);
IPAddress DNS(192, 168, 1, 1);
IPAddress IPGateway(192, 168, 1, 1);
IPAddress IPSubnet(255, 255, 255, 0);
EthernetClient client;
IPAddress server_addr(192,168,1,1); // IP of the MySQL *server* here
char user[] = "pi"; // MySQL user login username
char password[] = "pi"; // MySQL user login password
char INSERT_SQL[70];

```

Figura 14. Código de la conexión con el servidor MySql

```

void setup() {
  //Serial.begin(57600);
  //while (!Serial); // wait for serial port to connect
  //Serial.println("Connecting...");
  //Serial.println("Iniciando configuracion de Red...");
  Ethernet.begin(mac_addr, IPLocal, DNS, IPGateway, IPSubnet);
  SPI.begin();
  radio.begin();
  network.begin(/*channel*/ 90, /*node address*/ this_node);
  if (conn.connect(server_addr, 3306, user, password)) {
    delay(1000);
  }
}

```

Figura 15. Código de la conexión con el servidor MySql

- *Envío de datos al servidor MySql*

```

Serial.println(INSERT_SQL);
network.read(header, &INSERT_SQL, sizeof(INSERT_SQL));
Serial.println(INSERT_SQL);
MySQL_Cursor *cur_mem = new MySQL_Cursor(&conn);
cur_mem->execute(INSERT_SQL);

```

Figura 16. Código para el envío de datos al servidor MySql

- *Transmisor*

Declaración de nodo

00 core

01 Transmisor1

```

#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
RF24 radio(9,10);
RF24Network network(radio); // Network uses that radio
const uint16_t this_node = 01; // Address of our node in Octal format
const uint16_t other_node = 00; // Address of the other node in Octal format

```

Figura 17. Código del nodo trasmisor

- *Envío de datos a nodo central*

```

void envio(float t, float h){
  RF24NetworkHeader header( /*to node*/ other_node);
  String kabarc="INSERT INTO Datacenter.tabla1 (Fecha,t,h) VALUES (NOW(),"+ (String)t+", "+(String)h+"");
  kabarc.toCharArray(hello,70);
  Serial.println(hello);
  network.write(header,hello,sizeof(hello));
}

```

Figura 18. Código para el envío de datos al nodo central

- *Activación de aire acondicionado*

```

if(t>31)
{
  digitalWrite(ledPIN , HIGH);
}
else
{
  digitalWrite(ledPIN , LOW);
}

```

Figura 19. Código para la activación del aire acondicionado

- Consultas
- *Servidor web, recepción de datos*

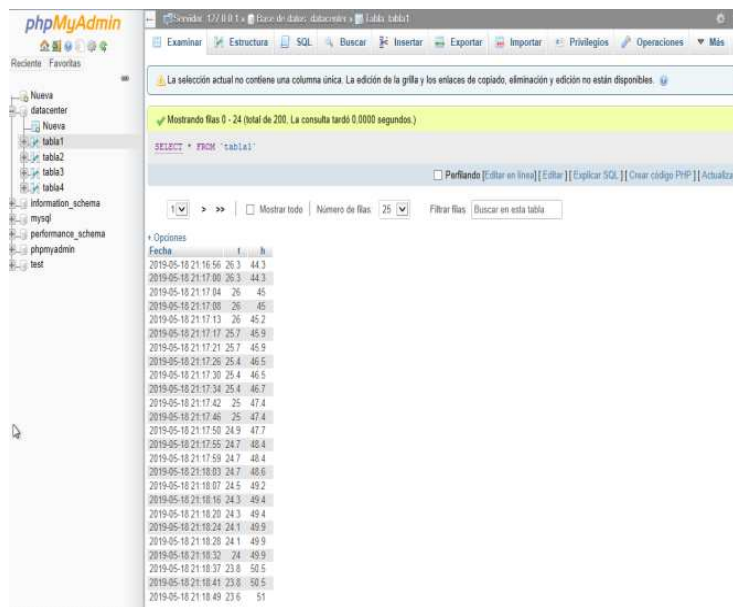


Figura 20. Servidor web

- *Consulta PHP*

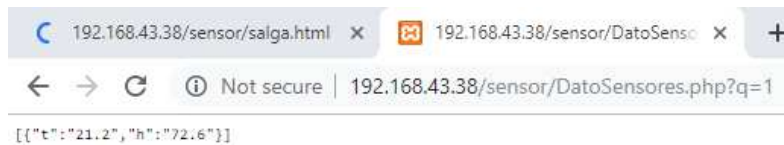


Figura 21. Consulta php

```
case 1:
    $statement=$pdo->prepare("SELECT t,h FROM tabla1 ORDER BY Fecha DESC LIMIT 0,1");
    $statement->execute();
    $results=$statement->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);
    $json=json_encode($results);
    echo $json;
break;
```

Figura 22. Consulta php

- *Consulta todos los datos de la tabla*

```

// Buscar Todos los datos
case 2:
    $statement=$pdo->prepare("SELECT Fecha,h,t FROM tabla1 ORDER BY Fecha ASC");
    $statement->execute();
    // $results=$statement->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);
    // $rowData = array();
    $array = array();
    $array["cols"][] = array("label"=>"Fecha", "type"=>"string");
    $array["cols"][] = array("label"=>"Humedad", "type"=>"number");
    // $array["cols"][] = array("label"=>"Temperatura", "type"=>"number");
    while($row = $statement->fetch()){
        $array2 = array();
        $array2["c"][] = array("v"=>$row["Fecha"]);
        $array2["c"][] = array("v"=>$row["h"]);
        // $array2["c"][] = array("v"=>$row["t"]);
        $array ["rows"][] = $array2;
    }
    $json=json_encode($array);
    echo $json;
break;

```

Figura 23. Código para la consulta de todos los datos de la tabla

- Gráficas

```

function humedad2() {
    $.ajax({
        url: "salga.html",
        dataType: "json"
    }).done(function (jsonData) {
    }).fail(function (jqXHR, textStatus) {
        var jsonData = $.ajax({
            url: "http://192.168.43.38/sensor/DataSensores.php?q=4",
            dataType: 'json',
            async: false}).responseText;
        var data = new google.visualization.DataTable(jsonData);
        var options = {
            title: 'Consulta',
            pointSize: 5
        };
        var chart = new google.charts.Line(document.getElementById('humedad2'));
        chart.draw(data, options);
    });
}

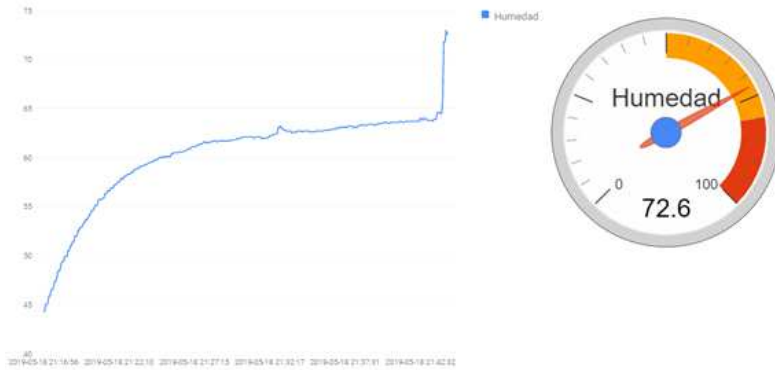
```

Figura 24. Código para la generación de las gráficas

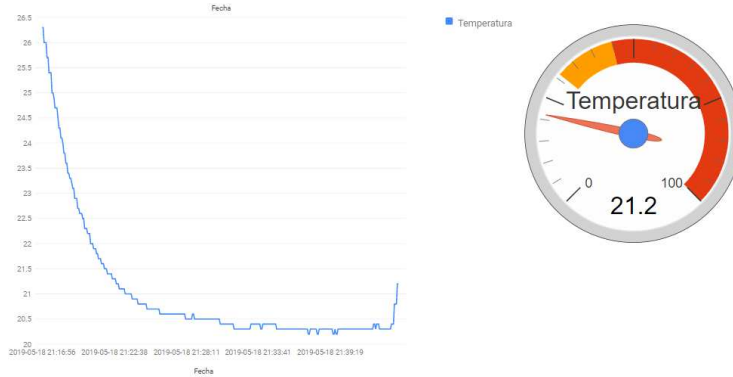
- Gráficas

A continuación, se mostrarán los valores de temperatura, humedad y las gráficas generadas con

los valores obtenidos por los sensores en un ambiente de prueba.



Gráfica 1. Valor de humedad obtenido por el sensor 1



Gráfica 2. Valor de temperatura obtenido por el sensor 1

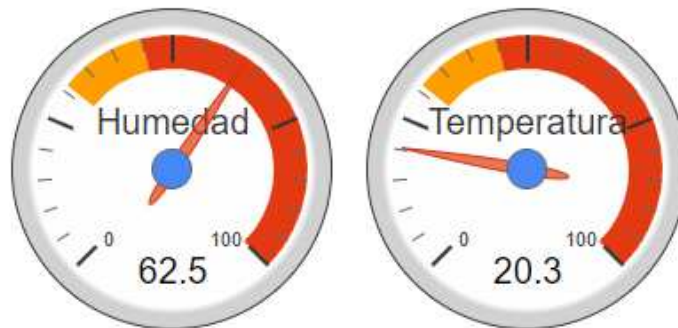
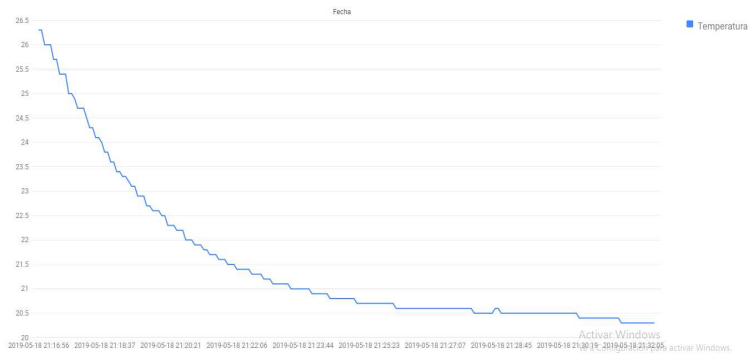
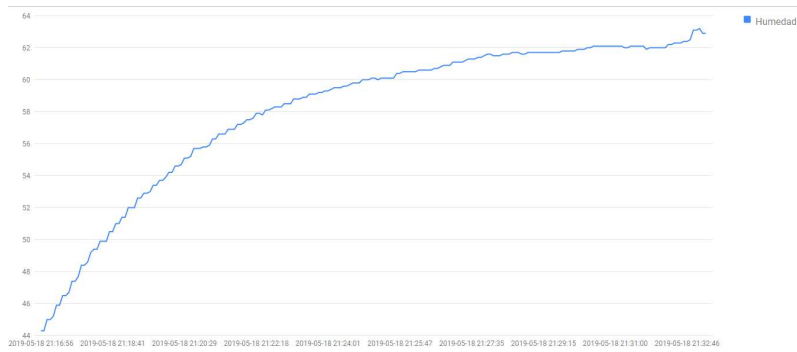


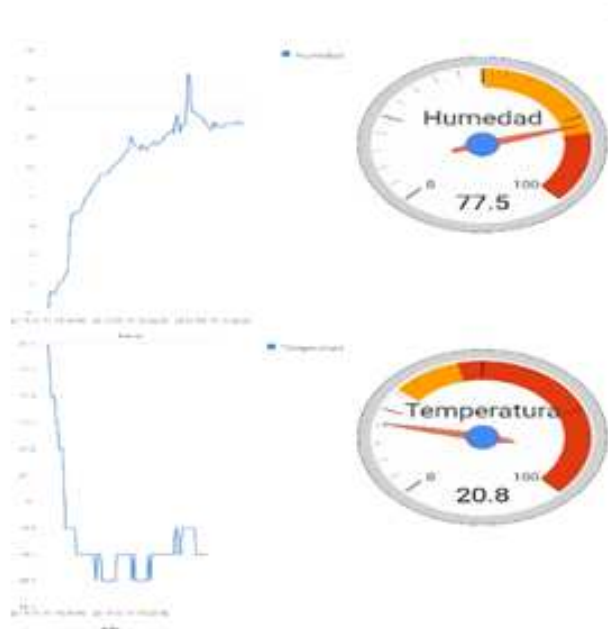
Figura 25. Valores de temperatura y humedad obtenidos por el sensor 2



Gráfica 3. Valor de temperatura obtenida por el sensor 2



Gráfica 4. Valor de humedad obtenido por el sensor 2



Gráfica 5. Valor de temperatura y humedad obtenido por el sensor 3

- Conclusión

El monitoreo de temperatura y humedad en un datacenter es muy importante y útil ya que nos permite mantener los equipos del lugar en óptimas condiciones para su correcto funcionamiento, permitiendo ofrecer un mejor servicio, y prolongando el tiempo de vida de los equipos, ya que las condiciones climáticas van a ser monitoreadas en tiempo real, permitiendonos tomar medidas correctivas a tiempo si se llegara a presentar algun tipo de problema con respecto a las condiciones climáticas del cuarto de equipos.

- Referencias

[1] <https://www.apc.com/shop/mx/es/products/Sensor-de-temperatura-y-humedad-con-visor-APC/P-AP9520TH>

[2] http://climax.com.tw/downloads/RS-23ZBS%20Product%20News_06.30.2014.pdf

[3] http://www.americanracks.com.ar/es/producto_ecu

[4] <http://www.inecoiec.com.ar/inecontrol.asp>

[5] <https://www.prometec.net/nrf2401/#>

[6] <https://www.arduino.cc/>