

Sistema de Monitoreo y Control de Temperatura para el Cuarto de Telecomunicaciones de TVUAQ

Temperature Monitoring and Control System for the TVUAQ telecommunications Room

Martínez De la Vega, Gerardo

Universidad Autónoma de Querétaro

gerardo.mtz.v@hotmail.com



0000-0001-8245-0838

Sánchez Hernández, Dulce Carolina

Universidad Autónoma de Querétaro

dulce.car.san@uaq.mx



0000-0001-8245-0838

Romo Fuentes, Carlos

Universidad Autónoma de Querétaro

carlosrf@unam.mx



orcid.org/0000-0001-8245-0838

Sección: Artículo de investigación

Resumen

El presente artículo tiene el propósito de mostrar el desarrollo de un prototipo funcional con base a una problemática detectada en el *site* de telecomunicaciones, donde se ubica el Centro de Transmisión y Control Maestro del canal universitario *TvUAQ* (mejor conocido como *MASTER*). Se detectó que algunos de los equipos electrónicos que incorporan el *site*, se encontraban operando con parámetros de temperatura superiores al rango de operación óptima, determinados por los fabricantes, los cuales eran enfriados por un *Mini Split* (aire acondicionado). Por lo cual, se hizo uso de la metodología para la solución de problemas en 5 etapas, las cuales consisten en la identificación del problema, planteamiento de alternativas de solución, elección de una alternativa, desarrollo de la solución y pruebas. Como resultado, se obtuvo un prototipo que permitió la regulación de la temperatura para optimizar y mantener los rangos adecuados dentro del *site*. Por último, se tomaron muestras de datos para ser comparados con los de antes de la implementación del prototipo, obteniendo resultados favorables en la operación de los equipos, ya que con ello se redujo un 18% la temperatura del ambiente en *site* y hasta un 26% la temperatura de operación en los equipos telecomunicaciones. Como conclusión, se obtuvo que un sistema de aire acondicionado con *Mini Split* no tiene la precisión necesaria para controlar la temperatura ambiente en un *site* de telecomunicaciones.

Palabras clave: IoT; Site; Domótica; Arduino; ESP.

Abstract

The aim of this article is to show the development of a functional prototype based on a problem detected in the telecommunications site, where the Master Transmission and Control Center of the university channel *TvUAQ* is located (also known as *MASTER*). It was detected that some of the electronic equipment that incorporates the site, were operating with temperature parameters higher than the optimal operating range, determined by the manufacturers, which were cooled by a *Mini Split* (air conditioning). Therefore, the methodology was used to solve problems in 5 stages, which consist of the identification of the problem, proposal of alternative solutions, choice of an alternative, development of the solution and tests. As a result, a prototype was obtained that allowed the regulation of temperature to optimize and maintain the appropriate ranges within the site. Finally, data

samples were taken to be compared with those from before the prototype was implemented, obtaining favorable results in the operation of the equipment, since this reduced the ambient temperature on site by 18% and up to 26% the operating temperature in telecommunications equipment. As a conclusion, it was obtained that an air conditioning system with Mini Split does not have the necessary precision to control the ambient temperature in a telecommunications site.

Keywords: lot; Site; Home automation; Arduino; ESP.

1. Introducción

La tecnología ha cambiado de forma muy acelerada en la forma en que accedemos a la información. Según Figuerola (2014), para el año 2021 el número de dispositivos de internet de las cosas (IoT) conectados a internet serían alrededor de 50 mil millones. Esto, por lo práctico, funcional y sencillo que resulta tener todo el control de nuestros dispositivos en la palma de nuestra mano. Dichos dispositivos son tan potentes como para poder acceder a información de sucesos que en ese mismo instante están ocurriendo al otro lado del mundo.

De forma general, la tecnología IoT está generando grandes expectativas y se espera un crecimiento acelerado en los próximos años en todos los ámbitos (Yu et al., 2015). El ambiente controlado dentro de un *site* de telecomunicaciones es uno de los aspectos más importantes que se deben de monitorear, ya que los parámetros de temperatura y humedad son críticos para garantizar el funcionamiento óptimo de los sistemas electrónicos que equipa un site de telecomunicaciones.

Los sistemas de monitoreo y control en tiempo real son muy importantes en todas las áreas y aplicaciones, ya que otorga al usuario la capacidad de visualizar la eficiencia del sistema analizado. Además, permite detectar los errores y las fallas que lleguen a presentar estos sistemas. Sin embargo, debido a las restricciones de ancho de banda, la tecnología IoT permite la computación distribuida de todos los registros que generen los sensores de acuerdo al evento que detecte. Además, es de gran ayuda el trabajo que realizan los procesadores integrados en los sensores, ya que pueden realizar un procesamiento útil en muchas secuencias de datos, el reconocimiento de eventos que nos interesen mediante el

procesamiento externo y envío de datos utilizando un protocolo ligero, reduciendo la cantidad de ancho de banda de la red consumida (Escobar Gallardo & Villazón, 2018, p. 2).

Un área donde es importante aplicar la tecnología IoT es en los *sites* de telecomunicaciones, también conocidos como cuartos de telecomunicaciones. Estos espacios se asigna para el uso exclusivo de los elementos de terminación del cableado estructurado y equipos de telecomunicaciones. Este último punto es importante ya que, además de considerar como equipar el cuarto de telecomunicaciones, también hay que considerar sistemas que ayuden a mantener el funcionamiento óptimo de los equipos que integra el *site*.

El Control Maestro de TvUAQ (Universidad Autónoma de Querétaro, s. f.), es un cuarto de telecomunicaciones donde se encuentran todos los equipos electrónicos e informáticos necesarios para poder transmitir la señal en televisión abierta del canal universitario (Prado & Universidad de Guadalajara, 2011, pp. 123–127). Entre ellos, se encuentran codificadores, servidores de almacenamiento multimedia, amplificadores, moduladores de audio, transmisores de microonda, receptores satelitales, sistema de monitoreo multimedia, enrutadores de señales digitales, entre otros.

Todos estos equipos de telecomunicaciones emiten calor porque se componen de elementos electrónicos. Ese calor es disipado a través del aire. Los fabricantes de los equipos de telecomunicaciones recomiendan que estos equipos operen en un rango de temperatura mínima de 18°C y máxima de hasta 35°C; lo anterior, con una temperatura ambiente de hasta 40°C y un porcentaje de humedad relativa de hasta un 95%. Es importante mencionar que lo anterior está condicionado a que no exista condensación en el ambiente, por lo que es necesario contar con un Sistema de Aire Acondicionado (A/C) para mantener a temperatura optima estos equipos.

Dado a que los equipos que se costearon fue de acuerdo al financiamiento asignado por la universidad, el sistema de aire acondicionado que incorpora el Control Maestro de TvUAQ no requería ser de alta precisión. Con el paso del tiempo, se fue detectando un problema en el sistema: no proporcionaba las condiciones adecuadas para que los demás componentes que integran el Control Maestro pudieran trabajar de forma óptima. En la siguiente sección de este artículo se explicará más a detalle la problemática detectada y como se llega a la solución correspondiente.

2. Método de investigación

La metodología que se aplicó para el desarrollo de la investigación y la solución al problema detectado consiste en 5 etapas.

2.1. Identificación del problema

Puesto que los equipos de telecomunicaciones emiten calor, es importante que se encuentren instalados y trabajando en un área de ambiente controlado, equipado con un sistema de aire acondicionado (A/C). El propósito es mantener la temperatura ambiental en un rango temperatura optima controlada. El Master de TvUAQ cuenta con un Aire Acondicionado Mini Split marca TRANE, que está diseñado para acondicionar el aire ambiental de oficinas, salones, habitaciones, etcétera, pero no es de alta presión.

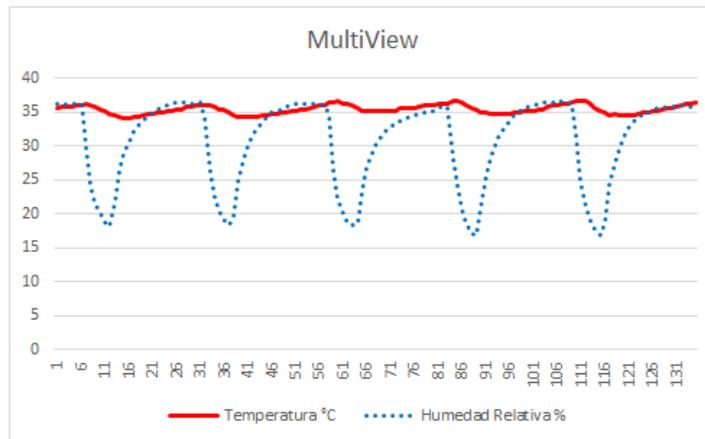
Tomando en cuenta lo que indican los manuales de usuario para la operación de los equipos que integran el master, se ha optado por mantener trabajando el A/C en una temperatura de 20°C con humedad relativa media. Sin embargo, al tener estos parámetros configurados en el A/C, los operadores del Master de TvUAQ han reportado que la temperatura no se siente como los 20°C que se encuentran configurados en el Mini Split del A/C. Además, varios de los equipos electrónicos han mostrado comportamiento anormal en su funcionamiento, tales como la proyección de macro-píxeles en el sistema de monitoreo y transmisión, y también el enrutado y conmutado de señales erróneas en el sistema de distribución de medios. Asimismo, al inspeccionar el chasis de los equipos, se reporta que se sienten calientes al tacto.

Con el objetivo de confirmar el problema detectado, se utilizó la tecnología Arduino para desarrollar un sistema de monitoreo que nos ayudara a ver la temperatura ambiente dentro del *site* de telecomunicaciones. También fue posible que la tecnología Arduino mostrara los datos de temperatura que están disipando los principales equipos electrónicos del *master*, y que son críticos para la transmisión del canal TvUAQ. Dichos datos se muestran en las figuras 1, 2 y 3; así como en la Tabla 1.

Los datos de la Figura 1 son del sistema distribuidor y enrutador de medios: temperatura promedio de 32.8°C.

Figura 1

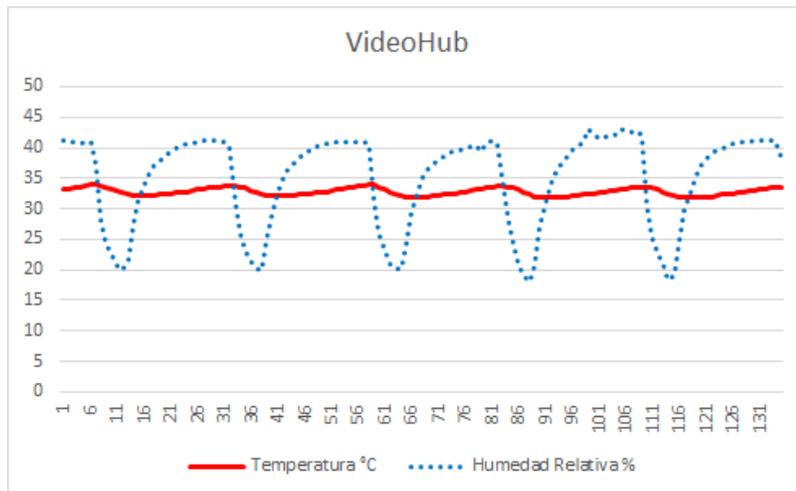
Gráfica de temperatura y humedad en el sistema de monitoreo múltiple



Los datos de la Figura 2 corresponde al sistema de monitoreo múltiple: temperatura de trabajo promedio de 35.4°C.

Figura 2

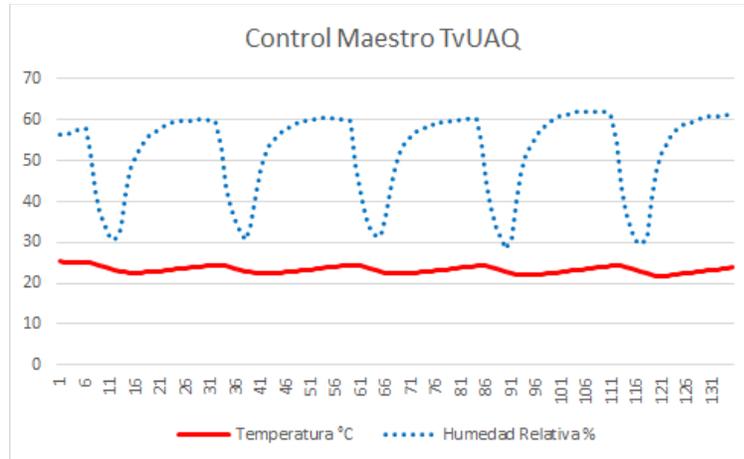
Gráfica de Temperatura y Humedad en el sistema de distribución



Y los datos graficados en la Figura 3 corresponden al aire ambiente dentro del site de telecomunicaciones, el cual presentó una temperatura promedio de 23.3°C.

Figura 1

Gráfica de temperatura y humedad en el site de TvUAQ



Estos datos fueron censados en un tiempo de 2 hrs. 30 min y los datos obtenidos son alarmantes, ya que el A/C está configurado para 20°C y la temperatura más baja que registró fue de 21.9°C. También es importante analizar los resultados que mostró el sistema de monitoreo múltiple, ya que considerando los parámetros del fabricante donde indica que la temperatura de operación no debe de exceder los 35°C (Blackmagic Design, 2018, p. 43), el sistema registró una temperatura mínima de 34.2°C y una máxima de 36.7°C lo cual indica que el equipo se encuentra trabajando en el rango límite de temperatura (Tabla 1).

Tabla 1

Temperatura y humedad promedio de operación

	Temperatura Promedio [°C]	Humedad Relativa Promedio [%]
MultiView	35.44	30.86
VideoHub	32.79	35.01
Ambiente	23.32	52.13

2.2. Alternativas de solución

El principal objetivo fue diseñar un sistema de comunicación con el Mini Split del A/C para ajustar de forma automática y/o manual las configuraciones de temperatura del sistema de aire acondicionado con forme a los datos de temperatura registrados. Para ello,

se tuvo la alternativa de utilizar la tecnología Arduino, dando seguimiento al sistema desarrollado para censar la temperatura ambiente dentro del master, así como obtener los datos de temperatura en los equipos que son críticos para el funcionamiento del Control Maestro de TvUAQ.

El sistema se desarrolló con la placa Arduino UNO haciendo uso del sensor AM2302 fabricado por Adafruit Industries. Solo restó integrar un diodo emisor de luz infrarrojo el cual nos ayudó a la comunicación con el Mini Split y un módulo de red que sirvió para establecer comunicación mediante una interfaz montada en un servidor.

Otra alternativa era usar un módulo ESP32 fabricado por la empresa Espressif Systems, el cual también trabaja con la tecnología Arduino y su programación se puede realizar usando el entorno de desarrollo integrado Arduino IDE. Este módulo es una solución *todo en uno*, ya que integra comunicación WiFi mediante el estándar 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2 certificada (Espressif Systems, 2021). Esta alternativa tiene más ventajas, ya que es de bajo costo y consumo energético en comparación con la placa Arduino UNO.

Para la detección de temperatura se decidió usar los sensores de tipo DHT, ya que estos dispositivos integran un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir la temperatura. Los datos de humedad y temperatura los muestra mediante un solo *pin* de salida tipo digital, lo cual permite optimizar el desarrollo del circuito. Este tipo de sensores tiene dos variantes: la serie 11 y serie 22.

Tabla 2

Comparación entre los sensores DHT11 y DHT22

Especificaciones de los Sensores DHT		
	DHT11	DHT22 (AM2302)
Voltaje de Operación	3V - 5V DC.	3V - 6V DC
Rango de medición de temperatura	0 a 50 °C	-40 a 80°C
Precisión de medición de temperatura	±2.0 °C	±0.5 °C
Rango de medición de humedad	20 a 90%	±0.5 °C
Precisión de medición de humedad	5%	5%
Tiempo de censado	1 segundo.	2 segundo.

Nota. Los datos fueron extraídos de la página web: <https://www.adafruit.com/product/386> y <https://www.adafruit.com/product/385>

2.3. Elección de una solución

En esta etapa del proyecto se optó por tomar la segunda alternativa, la cual consistió en desarrollar el dispositivo de monitoreo y control con el módulo ESP32 ya que incorporaba un radio inalámbrico WiFi y Bluetooth. Además, su costo de compra era hasta 70% más barato en comparación de un Arduino UNO R3 original. Asimismo, consultando con expertos en electrónica, el módulo ESP32 era muy recomendado para desarrollar dispositivos que se encontraran trabajando 24/7 ya que la durabilidad de la placa promedia entre los 3 años de operación continua.

Para la comunicación con el Mini Split del A/C fue necesario un módulo VS1838B que permitirá detectar la señal infrarroja que enviaba el control remoto del fabricante de A/C. Esto, con el fin de obtener los códigos que emite el control remoto para capturarlos y enviarlos manualmente a través de un diodo emisor de luz infrarroja.

El diodo infrarrojo (IR) nos permitió la comunicación con el Mini Split del A/C, ya que se tenían capturados los códigos que emite el control remoto del Mini Split original. De esta manera serían procesados en un algoritmo para ser emitidos de acuerdo a las condiciones de dicho algoritmo tomando en cuenta los datos que capturen los sensores de temperatura y también de acuerdo a la instrucción que el usuario le indique.

Para la detección de temperatura y humedad, se utilizó el sensor AM2302 ya que, en comparación de su variante (el sensor DHT11), tiene un rango de medición en temperatura más amplio con un menor margen de variación. En cuanto a la humedad relativa, su rango es de 0% a 100% con una precisión de $\pm 0.1\%$ lo que tiene un margen mínimo de error, y su voltaje de operación es de 3 a 6VDC, lo que implica que no necesita de una resistencia a la alimentación del sensor y que esto haga más complejo el diseño del circuito.

2.4. Desarrollo de la solución

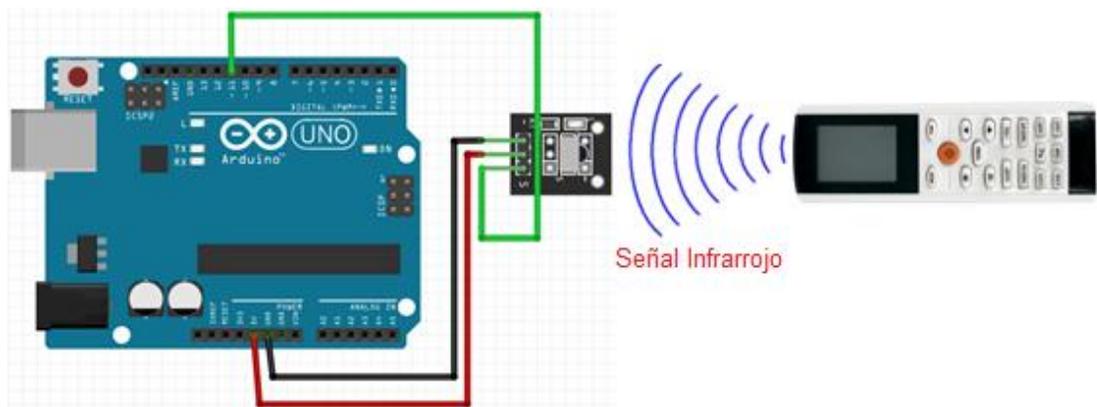
El prototipo fue programado en lenguaje C++ haciendo uso del entorno de desarrollo integrado Arduino IDE, ya que el módulo ESP32 es una placa de desarrollo basada en Arduino.

Para que el IDE detectara la placa se agregó la librería esp32 del fabricante Espressif System en la versión 1.0.4, el cual brinda compatibilidad y soporte con la placa de desarrollo ESP32 Wrover Module.

Las librerías para el sensor de temperatura y humedad, el emisor y receptor infrarrojo son iguales que para programar placas de Arduino. Para capturar los códigos del control remoto del A/C de fábrica, se usó el Arduino UNO para conectar el módulo KY-022. Asimismo, se programó la placa de desarrollo usando la librería IRremote.h. Una vez programado el algoritmo en el lenguaje de programación, se compiló y se cargó el código en la tarjeta de Arduino UNO. Posteriormente, se abrió el monitor serial del IDE Arduino y apuntando el control remoto del A/C al sensor se pulsaron los botones para obtener los códigos (Figura 4).

Figura 2

Diagrama de sistema detector de códigos por infrarrojo



Al momento de visualizar los códigos en el Monitor Serial, se obtuvo una cadena hexadecimal de 32 bits y un array decimal de 70 campos, la cual corresponde a las instrucciones que se envían al Mini Split de A/C. Sin embargo, a diferencia de un control remoto de televisión, radio o minicomponente (donde también se hicieron pruebas para capturar sus códigos), cada vez que se pulsaba un botón de mando del control del Mini Split, se enviaban instrucciones de encendido o apagado, el modo del aire, configuración de

temperatura, velocidad de los álabes, configuración del movimiento en los deflectores, velocidad de la turbina, etcétera, en el mismo arreglo de códigos. En comparación con un control remoto de televisión donde, si se pulsa el botón de subir volumen de audio, solo manda el array de códigos que corresponden a subir el volumen de hasta 20 campos, siendo esto menor al número de campos que genera el array de un control remoto de A/C.

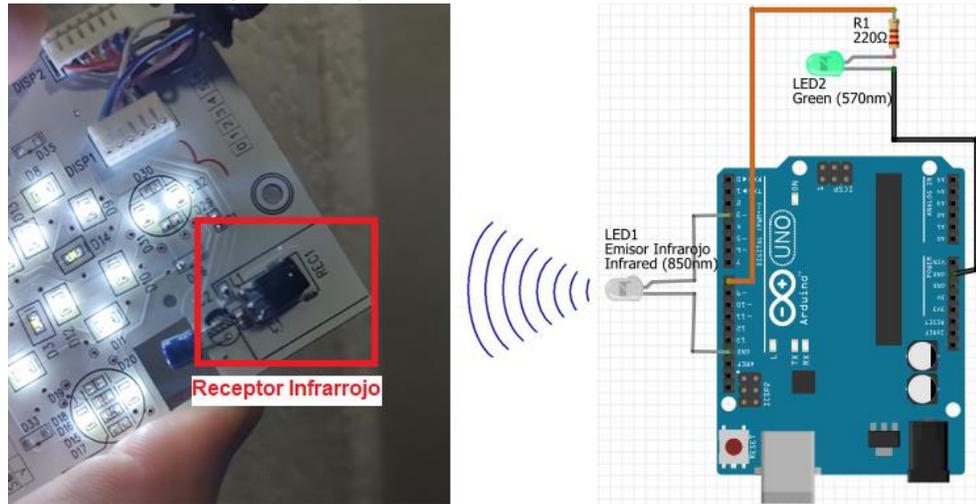
Para probar y verificar que los códigos obtenidos fueran funcionales, se conectó un diodo emisor de luz infrarroja a la placa de Arduino UNO. Asimismo, se instaló un diodo LED que funcionaba como indicador para notificar cada vez que se enviaba la señal infrarroja. Puesto que la luz infrarroja no es visible, con la ayuda del LED podíamos ver que se estuviera enviando la señal. Sin embargo, no se tuvo comunicación con el Mini Split ya que se capturaron los códigos para ajustar el sistema de A/C a temperaturas de 22°C, 21°C, 20°C, 19°C y 18°C. Se hicieron pruebas con todas ellas y no se obtuvo comunicación alguna con el sistema de Aire Acondicionado. Se procedió a modificar la librería IRremote, ya que la librería original de Adafruit estaba programada para leer códigos en una longitud máxima de 70 campos. Se modificó el archivo con nombre IRremoteInt.h que se encontraba dentro de la librería y en la línea 43 se ajustó la longitud máxima del búfer a 100 campos. Esto permitió obtener una cadena de códigos más extensa y, si fuera necesario se modificaría nuevamente la longitud máxima del búfer.

Una vez ajustada la longitud máxima de búfer, se procedió a compilar el código y cargarlo en la placa Arduino UNO. Nuevamente, haciendo uso del monitor serial, se obtuvieron los códigos que emitía el control remoto original del Mini Split. En este caso, se obtuvo una cadena de 88 campos en cada una de las configuraciones del A/C.

Para probar que realmente funcionaran los códigos obtenidos, se programó para que cada cadena de códigos fuera emitida en lapsos de 10 segundos. Así, veríamos cómo el diodo LED encendería en ese tiempo, notificando que el pulso infrarrojo estaba siendo emitido y apuntando al receptor IR del Mini Split (Figura 5). Se verificó el funcionamiento correcto de los códigos cambiando los parámetros de configuración del A/C de forma exitosa.

Figura 3

Diagrama de comunicación por infrarrojo



Por último, para desarrollar el módulo de monitoreo y control de temperatura, se hizo uso de la placa de desarrollo ESP32, donde estaban conectados los sensores de temperatura y humedad, así como el diodo emisor de luz infrarroja y una pantalla LCD de 16 caracteres por dos líneas junto con un módulo I2C. Allí se mostraba a los usuarios la información en tiempo real sobre la temperatura y humedad que estaba registrando el sistema. También se montó un servidor web haciendo uso de la librería ESPAsyncWebServer.h y se instalaron las librerías WiFi.h y AsyncTCP.h para la comunicación por red vía TCP. De esta forma, a través de un celular o computadora, se pudo acceder a una interfaz gráfica que permitía visualizar en tiempo real los datos de temperatura y humedad. Asimismo, fue posible ajustar los valores de configuración en el Mini Split del A/C.

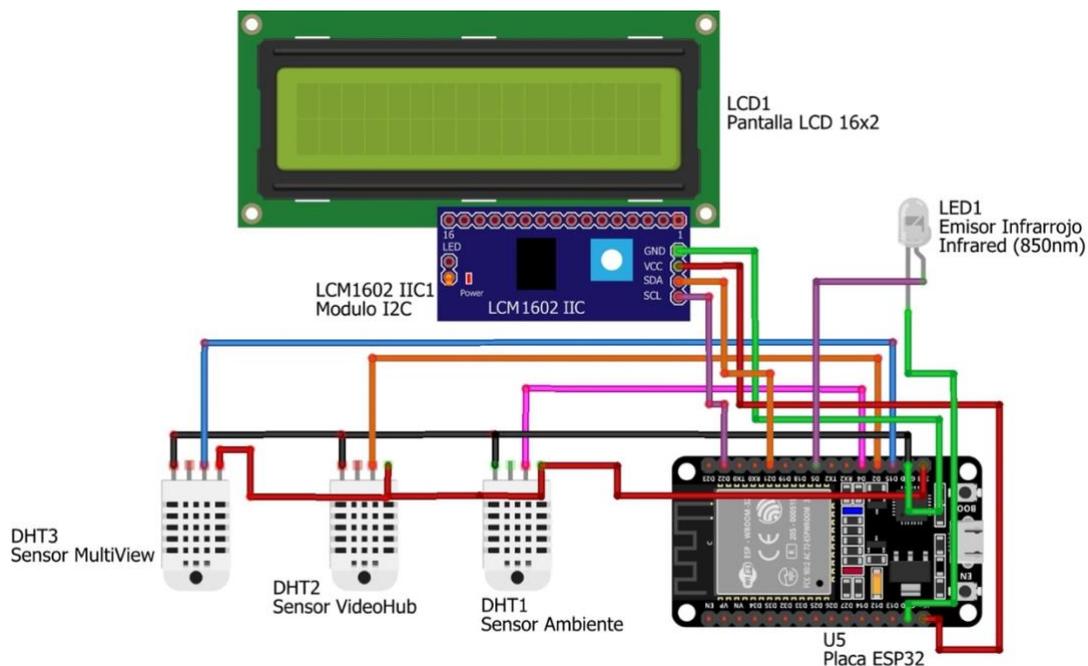
Para el algoritmo del sistema de control, además de tener la función manual de ajustar la temperatura en el Mini Split, también se desarrolló un algoritmo que consistía en controlar la temperatura del A/C de acuerdo a los datos de entrada que reciben los sensores DHT22 (AM2302). Estos sensores son críticos para la transmisión del canal TvUAQ. De esta forma, el sistema detectaba si uno de los equipos electrónicos estaba operando fuera del rango de temperatura y, de esta forma, tomaría decisiones para reducir o incrementar la temperatura del Mini Split.

2.5. Evaluación de la solución

En esta última etapa se instaló el sistema de monitoreo y control de temperatura dentro del site del Control Maestro de TvUAQ para comprobar que los sensores funcionaran de forma correcta. Asimismo, se realizaron ajustes al algoritmo para la configuración automática del Mini Split. El propósito era tener una mayor precisión de la temperatura que se desea en el site de telecomunicaciones. Se programó un margen de tolerancia para la temperatura óptima de los equipos de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Figura 6).

Figura 4

Diagrama general del Sistema de Control y Monitoreo de Temperatura



3. Resultados

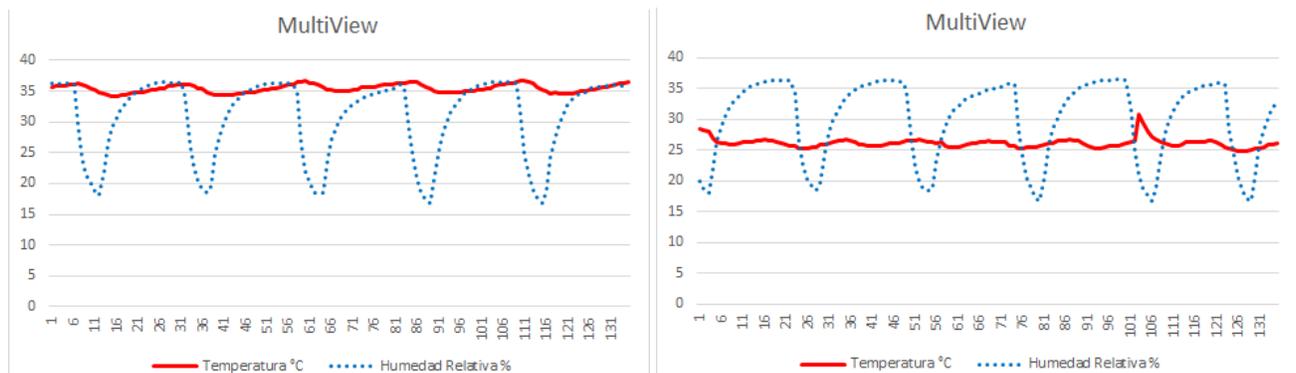
Una vez instalado el sistema para control de temperatura en el site, entró en operación se comunicó con el Mini Split del Aire Acondicionado (A/C). Conforme a los datos de entrada

que iba obteniendo de los sensores, comenzó a modular la temperatura dentro del site de telecomunicaciones.

Se registraron los datos obtenidos por cada uno de los sensores instalados en los equipos electrónicos y el sensor instalado para registrar la temperatura y humedad ambiental obteniendo resultados favorables. Los resultados superaron las expectativas ya que la temperatura promedio del sistema de Monitoreo múltiple se encontraba trabajando en una temperatura de operación promedio de 26.1°C reduciendo más de un 25% la temperatura con la que trabajaba sin el control de temperatura (Figura 7).

Figura 7

Comparación de gráficas de temperatura y humedad en el sistema de monitoreo antes y después del Sistema de control



Nota. La figura de la izquierda refiere a la temperatura antes de usar el Sistema de control; la figura de la derecha refiere a la temperatura después de usar el Sistema de control.

En cuanto al sistema distribuidor y enrutador de medios, la temperatura promedio de operación disminuyó a 28°C, 14% menos que con el sistema de control (Figura 8).

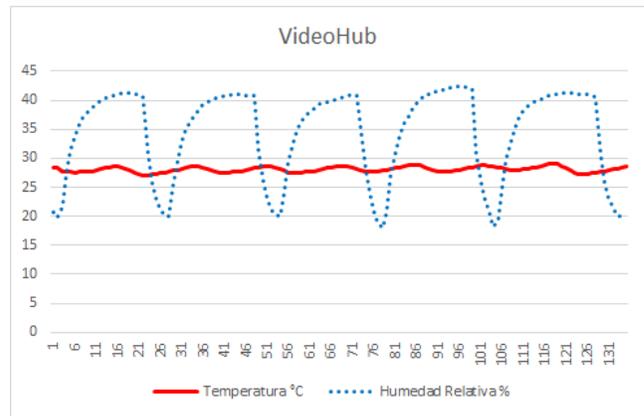
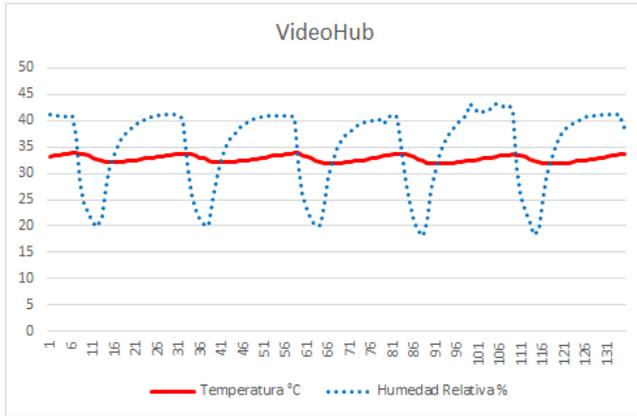


Figura 8
 Comparación de gráficas de temperatura y humedad en el sistema de distribución antes y después del Sistema de control.

Nota. La figura de la izquierda refiere a la temperatura antes de usar el Sistema de control; la figura de la derecha refiere a la temperatura después de usar el Sistema de control.

Y por último, la temperatura promedio en el ambiente del *site* de telecomunicaciones se mantuvo en 19.1°C, 18% menos en comparación con las temperaturas que se obtenían sin el Sistema de control (Figura 9).

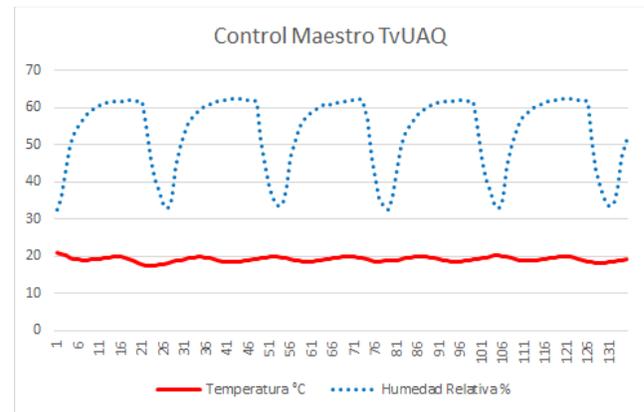
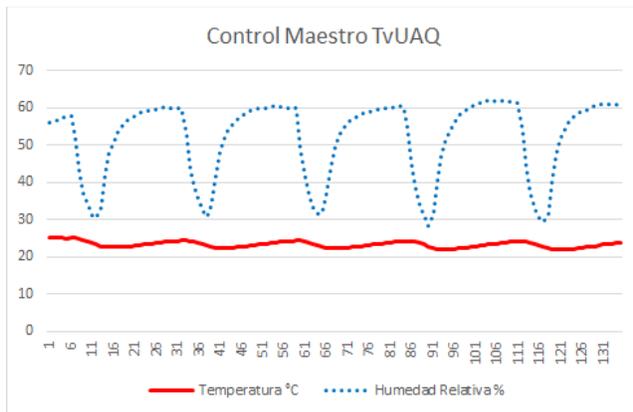


Figura 9
 Comparación de gráficas de temperatura y humedad en el ambiente del *site* antes y después del Sistema de control.

Nota. La figura de la izquierda refiere a la temperatura antes de usar el Sistema de control; la figura de la derecha refiere a la temperatura después de usar el Sistema de control.

Todos estos resultados también se ven reflejados en el funcionamiento de los equipos, ya que se eliminaron los macro-pixeles que se proyectaban en el sistema de

monitoreo y transmisión. Asimismo, el sistema de enrutamiento y distribución de medios operaba de forma correcta dando como resultado final una señal limpia y libre de errores que, para la audiencia del canal TvUAQ, resultaba en una mejor experiencia de consumo.

4. Conclusiones

Los resultados presentados sugieren que el prototipo funciona correctamente, de acuerdo al objetivo que se planteó, el cual consistía en mejorar la eficiencia del Aire Acondicionado para que los equipos que integran el *site* de telecomunicaciones operaran de forma óptima. El rango óptimo de temperatura fueron establecidos por los fabricantes. Los datos mostrados comprueban la eficiencia del sistema de control y monitoreo de temperatura debido a que las temperaturas en los equipos registrados fueron reducidas hasta un 25% en comparación con el funcionamiento único del Mini Split,

Estos resultados, además de reducir la temperatura de los equipos para que operen de forma óptima, también tienen un impacto notorio en cuanto a la duración del tiempo de vida de cada equipo electrónico. Con ello, se reduce la inversión monetaria para mantener funcionando el canal de televisión. Asimismo, el Control Maestro de TvUAQ garantiza la entrega de una señal clara y libre de interferencias para la audiencia televisiva.

Cabe resaltar que esta investigación fue desarrollada con el apoyo del programa *Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría* (FOPER 2020) de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cual es un programa que busca contribuir con la formación de los estudiantes e impulsar el desarrollo de proyectos innovadores que puedan servir para mejora dentro de la Universidad (Universidad Autónoma de Querétaro, 2020).

Referencias

- Blackmagic Design. (2018, junio). Installation and Operation Manual - Blackmagic MultiView. <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/BlackmagicMultiViewManual.pdf?v=1528959793000>
- Blackmagic Design. (2020, febrero). Installation and Operation Manual - Videohub. <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/VideohubInstallation.pdf?v=1574928012000>
- Escobar Gallardo, E., & Villazón, A. (2018). Sistema de monitoreo energético y control doméstico basado en tecnología "internet de las cosas". *Investigación & Desarrollo*, 18(1), 103–116. <https://doi.org/10.23881/idupbo.018.1-8i>
- Espressif Systems. (2021). ESP32 Series - Datasheet. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Industries, A. (s. f.-a). DHT11 basic temperature-humidity sensor + extras. Adafruit Industries. Recuperado 20 de julio de 2021, de <https://www.adafruit.com/product/386>
- Industries, A. (s. f.-b). DHT22 temperature-humidity sensor + extras. Adafruit Industries. Recuperado 20 de julio de 2021, de <https://www.adafruit.com/product/385>
- Ortega, J. A. & Universidad Nacional Autónoma de México. (2019). Dirección de transmisión en un canal de televisión público (N.o 1). <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/16537/Informe.pdf?sequence=3>
- Prado, J. G. & Universidad de Guadalajara. (2011). *El Laboratorio de Televisión como espacio didáctico* [Libro electrónico]. Amaya Ediciones S. de R.L. de C.V. https://cuci.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/manual_de_television.pdf
- Universidad Autónoma de Querétaro. (2020, 13 enero). Convocatoria FOPER 2020. CONVOCATORIA-FOPER-2020-PUBLICADO-I. <https://rectoria.uaq.mx/index.php/foper/convocatoria-foper-2020>
- Yu, T., Sekar, V., Seshan, S., Agarwal, Y., & Xu, C. (2015). Handling a trillion (unfixable) flaws on a billion devices. *Proceedings of the 14th ACM Workshop on Hot Topics in Networks*. <https://doi.org/10.1145/2834050.2834095>