

Sistema electrónico con aplicación IoT para el monitoreo ambiental adecuado para el estudiante universitario, con el fin de estimar factores de desconcentración dentro del aula a escala de laboratorio

Stalin W. Realpe, Jaime R. Michilena
swrealpeg@utn.edu.ec, jrmichilena@utn.edu.ec
Universidad Técnica del Norte

Resumen— En el presente trabajo se realizó un estudio estadístico donde se determinó cuál es la temperatura a la que los estudiantes atienden mejor una clase dentro del aula y también cuales son los rangos de temperatura que causan el efecto contrario, para esto se empleó conocimientos sobre redes de sensores inalámbricos (WSN) y se complementó con el Internet de las Cosas (IoT) para manejar los datos desde la nube. Para realizar este estudio se observó a algunos estudiantes que compartían una materia en común, a cómo reaccionan en una clase mientras están siendo sometidos a diferentes temperaturas en ciertos ciclos. En el proceso que involucra la obtención de datos, se utilizó sensores de temperatura que permitieron realizar el testeó del ambiente en diferentes partes del aula, los datos que se obtuvieron se enviaron a un nodo central que cumple la función de gateway para que los datos sean enviados a una base de datos alojados en una plataforma IoT en la Internet. Posterior a la obtención de los datos, se realizó algunos test de atención a los estudiantes en diferentes ambientes de prueba, y de acuerdo a las mejores calificaciones en los resultados del test, se concluyó cuál era el rango de temperatura con el que la mayoría de estudiantes tenía una mejor atención en ese momento.

Índice de Términos—Desconcentración, Internet de las Cosas, IoT, Monitoreo ambiental.

I. INTRODUCCIÓN

El desenvolvimiento académico de algunos estudiantes universitarios, se ve afectado por la falta de concentración en las aulas, esto se refleja al final de un periodo académico a través de las notas obtenidas en este [1]. Quizá antes este problema no

llamaba mucha atención a las diferentes autoridades responsables en la educación, pero ahora para garantizar un buen nivel de educación, se realizan pruebas de acreditación a todas las Universidades del país [2], es por eso que actualmente se está tomando medidas que puedan determinar cómo mejorar la concentración y el rendimiento de un estudiante.

Uno de los problemas que se da en un ambiente académico, es la inadecuada temperatura dentro de las aulas, este caso se manifiesta en el edificio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, el cual cuenta con elevadas temperaturas en momentos cuando incide el sol en las diferentes aulas, o cuando existe un gran número de alumnos en un lugar pequeño, haciendo que se encierre el calor y que los estudiantes presenten sofocación junto a cansancio en el momento de prestar atención en clases, causando así desorden en el aula y provocando que uno o varios compañeros no puedan capacitarse de la manera más conveniente.

Debido a la cantidad de estudiantes que reprobaban las materias en su periodo de capacitación dentro la Universidad, es necesario realizar un estudio acerca del porcentaje de distracción por parte de los estudiantes con relación a cierta temperatura dentro del aula, ya que este puede ser uno de los factores que ha hecho que este problema este presente año tras año en diferentes instituciones.

A partir de un análisis de porcentajes de pruebas hechas a una muestra de estudiantes, se desea obtener un diagnóstico en el cual se pueda determinar si la temperatura es un factor importante que afecta a la atención de los alumnos en el periodo de clase, o son otros factores.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. Internet de las cosas (IoT)

Según la ITU-T, la definición de IoT es: “Una infraestructura global para la sociedad de la información, activa servicios avanzados mediante la interconexión de las cosas (físicas y virtuales) basado en tecnologías de la información y las comunicaciones interoperables existentes y en evolución” [3].

1) Arquitectura IoT

En el desarrollo de IoT se interconectarán miles de millones de dispositivos, es por eso que fue necesario realizar una arquitectura que posea capas flexibles y permita la compatibilidad entre dispositivos. Existen algunas propuestas de arquitecturas para IoT desde la más básica con tres capas, hasta otras que poseen cinco capas [4], en la Figura 1 se muestra algunas de las arquitecturas IoT existentes.

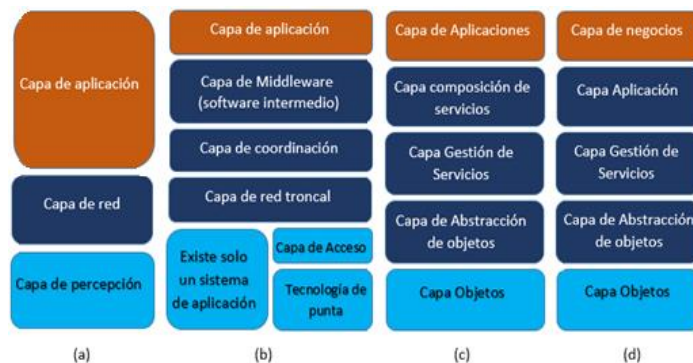


Figura 1. Arquitectura IoT a) 3 capas b) basado en middleware c) basado en SOA d) 5 capas

A continuación, se detalla la función de cada capa del modelo de 5 capas, sin embargo, esta

arquitectura no se debe confundir con la de TCP/IP.

a) **Capa Objetos:** Esta capa abarca sensores y actuadores, para lo cual se obtiene información como humedad, temperatura, posicionamiento, velocidad, etc. Estos datos se obtienen de objetos que estén interconectados a Internet, para que posteriormente se digitalice la información y se envíe a través de canales seguros a la capa de abstracción de objetos.

b) **Capa de Abstracción de Objetos:** Esta capa envía los datos a la siguiente capa a través de una comunicación LAN o WAN de forma inalámbrica a través de protocolos IEEE 802.15.4, IEEE 802.11, Bluetooth y ZigBee, o de forma cableada con los protocolos Ethernet y alimentación de línea (PLC) [4].

c) **Capa Gestión de Servicios:** Esta es una capa intermedia, la cual procesa los datos que llegan de la capa abstracción de objetos y realiza la toma de decisión a efectuarse, para posteriormente ofrecer servicios a través de protocolos de una red cableada.

d) **Capa Aplicación:** Crea servicios virtuales dedicados a usuarios que los necesiten. Un claro ejemplo son interfaces donde se muestren datos de diferentes sensores ubicados en algún lugar. Los protocolos usados en esta capa son MQTT, COAP, AMQP, XMPP, y DDS [5].

e) **Capa de negocios o gestión:** Se encarga de mejorar los servicios como seguridad para los usuarios, además monitoriza y gestiona las capas subyacentes [6].

2) Machine to Machine (M2M)

En el Internet de las cosas, una de las comunicaciones que es utilizada y muy elemental es la que se realiza de máquina a máquina, y esta comunicación se realiza entre máquinas con capacidades de computación y comunicación sin intervención humana.

M2M utiliza máquinas para monitorear ciertos

eventos con sensores e instruir accionamiento, los eventos capturados se transmiten a través de redes inalámbricas o cableadas a los servidores, los cuales extraen y procesan la información recogida y controlan e instruyen a otras máquinas de forma automática. La red proporciona la conectividad de extremo a extremo entre máquinas [6].

B. Red de Sensores Inalámbricos (WSN)

En las industrias a lo largo de los años han utilizado varios sistemas para la monitorización de sus productos tales como sistemas cableados formados por cables de comunicación y varios tipos de sensores; pero la instalación y mantenimiento de estos cables y sensores resultaba mucho más caro que los propios sensores, notoriamente el costo bajaría si se suprimían los cables de comunicación debido a la reducción de material y su instalación asociada [7].

Esto trajo a que se investigara sobre sistemas inalámbricos y es por eso que en la actualidad ya se cuenta con información sobre Redes de Sensores Inalámbricos “WSN” y también ya se están utilizando en la mayoría de industrias.

Los avances tecnológicos en comunicaciones inalámbricas de los últimos años han hecho que los dispositivos electrónicos sean más económicos y cuenten con un bajo consumo de energía, así también se han desarrollado nuevos sensores para ser utilizados en diferentes aplicaciones y estos brinden características de flexibilidad, alta fiabilidad y un despliegue rápido.

1) Protocolos para una WSN

En una WSN se utilizan algunos protocolos para realizar la comunicación con los distintos nodos sensores, así se lograría adaptar las características que presenta una WSN e identificar sus limitaciones. A continuación, se mencionan algunos protocolos que han sido desarrollados para diferentes requerimientos de una WSN y de acuerdo a su funcionamiento.

- Protocolo IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 define a la capa física (PHY) y de control de acceso al medio (MAC) de manera sencilla, de bajo costo, baja potencia, baja calidad de servicio y baja velocidad de transferencia de datos, y se le conoce también como red inalámbrica de área personal de baja velocidad (LR-WPAN) [8]. Aunque este protocolo no fue hecho específicamente para redes de sensores inalámbricos, es el más previsto para formar una WSN realizando calibraciones en sus parámetros.

Su velocidad de transmisión es compatible con 20, 40, 100 y 250 Kbps, con un alcance que esta alrededor de 10 metros. Posee 16 canales en la banda de 2.4 GHz, 30 canales en la banda de 915 MHz y 3 canales en la banda de 868 MHz.

- Protocolo ZigBee

Este protocolo fue realizado por ZigBee Alliance para aplicaciones con comunicaciones seguras y baja tasa de envío de datos. Mejora al protocolo 802.15.4, ya que añade nuevas capas como son la de red, de seguridad y soporte de aplicación, lo que lo hace un protocolo factible para funcionar en WSN. Combinando IEEE802.15.4 con ZigBee se logra obtener las capas superiores y de esta manera se tiene un protocolo completo para WSN [9].

- Protocolo 6LoWPAN

El protocolo IP en la versión 6 al poseer un direccionamiento más escalable que IPv4 y otras innovaciones, tiende a ser el protocolo estándar para realizar la comunicación con las WSN, ya que no cuenta con las limitaciones que presentan los protocolos antes tratados. Un inconveniente es el incremento del tamaño de la dirección IP, es por eso que se originó 6LoWPAN, para transportar la información por redes inalámbricas de bajo consumo (LowPAN), y para lograr eso se creó una capa de adaptación, donde se codificaron las direcciones y así comprimieron las direcciones IPv6 en encabezados más pequeños hasta de 4 bytes [10].

2) Topologías en una WSN

Topología hace referencia a cómo va ser ordenado el hardware y como se comunicarán los datos por medio de esta configuración. Las topologías son implementadas bajo ciertas circunstancias, dependiendo de la aplicación puede haber una topología que sea mejor que otra. ZigBee recoge tres topologías que pueden ser utilizadas en una WSN, y estas son estrella (STAR), árbol (TREE) y malla (MESH) [11], las cuales se pueden apreciar en la Figura 2.

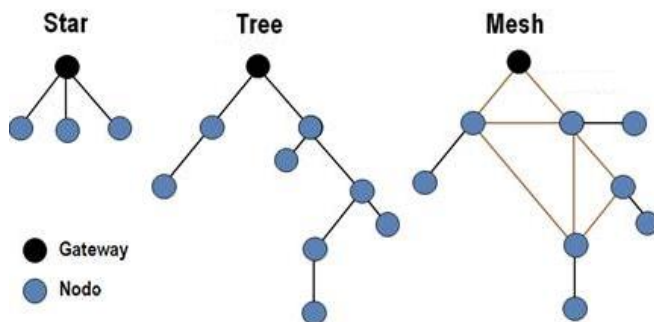


Figura 2. Topologías utilizadas en una WSN

El gateway en una WSN es un dispositivo que sirve de interfaz para conectar con otros dispositivos y permite compartir recursos [12].

C. Temperatura

La temperatura es una descripción del estado de un cuerpo o sistema que está siendo afectado por otro en referencia del nivel de calentamiento, a partir de esto se puede saber si un cuerpo está caliente o frío y determinar un equilibrio térmico en relación a otro cuerpo u objeto [13].

Se considera también como temperatura a una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia; y el calor es la energía que se transfiere de una zona de un cuerpo a otra, o entre diferentes cuerpos que se encuentran a diferente temperatura [14].

D. Desconcentración

La desconcentración o distracción es el resultado

de un desplazamiento de la atención debido, por lo general, a dos factores: ausencia de interés o motivación y la fatiga por la actividad que se está realizando. La distracción es el producto de un conflicto entre dos motivaciones, una motivación consciente y una motivación inconsciente [15].

Por lo tanto, la desconcentración no es una falta de memoria, sino el desarrollo de una memoria en otro lugar indeterminado, una distorsión de la atención que no es bien conocida por la ciencia psicológica [16].

La manera para determinar el nivel de distracción de una persona es realizando diferentes tipos de test que utilicen la psicometría. Sin embargo, aún no se cuenta con algún equipo que pueda determinar con exactitud si una persona se encuentra desconcentrada o no, pues para saberlo se debería analizar algunos parámetros del comportamiento del cerebro humano, donde se verán tanto aptitudes mentales como psicológicas de los individuos [15].

III. MATERIALES Y METODOS

El método que está planteado para ser utilizado en el desarrollo del sistema que ayude en la investigación es el Modelo en V, el cual consentirá desarrollar el proyecto meticulosamente, e ira a la vez verificando que se dé cumplimiento a este proceso de desarrollo. En conjunto a este modelo también se utiliza el estándar ISO/IEEE 29148, el cual facilita de forma unificada el tratamiento de procesos que requieren de ingeniería.

A. Modelo en V

El modelo en V es una técnica utilizada para la gestión de proyectos, el cual utiliza una metodología de evaluación donde describe métodos para la gestión y la elaboración de sistemas. Consiste en un proceso tipo cascada, donde se realiza validaciones y verificaciones en paralelo al proceso de desarrollo [17]. El modelo en V puede ser tan complejo como uno lo desee, sin embargo, el

fundamento es el mismo, ya que los objetivos de este modelo son minimizar los riesgos del proyecto y a la vez mejorar y garantizar la calidad de este.

En la Figura 3 se puede apreciar las dos fases que presenta este modelo.

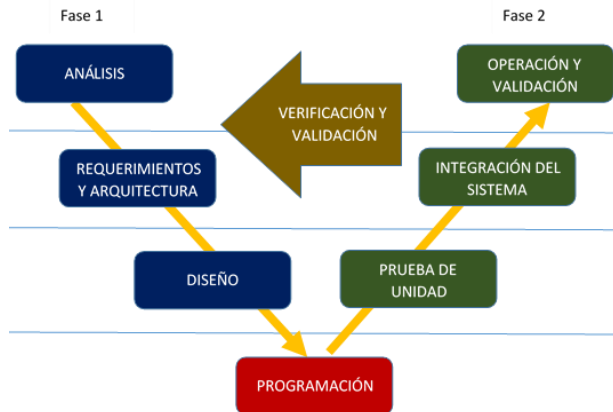


Figura 3. Modelo en V para el desarrollo de sistemas

B. Situación Actual

La Universidad técnica del Norte es una institución de educación superior referente del norte del país, su campus universitario se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, cuenta con cinco facultades que tienen diferentes ofertas de grado, en el primer periodo académico 2016 – 2017 cuenta con 9049 estudiantes matriculados.

La investigación se realizó en la “Facultad de Ciencias Aplicadas”, y con la ayuda de estudiantes de la “Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación”, por la razón de ser estudiante afín a la carrera y por facilitarme tener una mejor relación con los stakeholders que participan en este proyecto.

Las aulas donde se imparten clases, se encuentran en buen estado, sin embargo, hay que tomar en cuenta algunas observaciones respecto al momento en que estas están siendo ocupadas. Existen aulas con diferente capacidad para albergar a varias personas, a la vez hay materias con un alto número

de estudiantes que llenan estos salones de clase en su totalidad.

La ventilación de cada una de las aulas se realiza a través de pequeñas ventanas con apertura practicable; algunas de las ventanas poseen cortinas, mientras que otras carecen de ellas, haciendo así inevitable recibir los rayos del sol a ciertas horas, e incluso ocasionando que se cierre el calor dentro de estos salones.

Es necesario establecer toda la información posible con relación al problema de esta investigación la cual es analizar las diferentes temperaturas que afectan al estudiante en la atención de alguna materia dentro de un aula de clase, para de esta manera determinar si la temperatura es un factor importante para el desenvolvimiento en el proceso de aprendizaje del estudiante.

C. Análisis de requerimientos de elementos electrónicos mediante la norma IEEE 29148

Previo a la selección de elementos electrónicos que se utilizaron en el diseño del sistema electrónico, se tomó en cuenta los parámetros necesarios que ayudarían en el desarrollo de la investigación.

Posteriormente se calificó la mejor opción tanto de hardware como software a ser utilizados de acuerdo a los parámetros necesarios en los requerimientos del sistema electrónico, dejando así a los elementos de la Tabla I como los más óptimos para ser usados.

TABLA I
COMPONENTES ELEGIDOS PARA DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS

Detalle	Requerimiento	Elección
Hardware	Tarjeta Programable	ESP8266 - 07
Hardware	Comunicación Inalambrica	ESP8266 - 07
Hardware	Sensor de temperatura	DS18B20
Software	Software de programación	IDE de Arduino
Software	Plataforma IoT	ThingSpeak

La Tabla I muestra el hardware y software seleccionados de acuerdo a los requerimientos planteados por los stakeholders

D. Diseño

Una vez realizado la elección de hardware y software fue necesario determinar cómo ambas partes se interconectarían para su adecuado funcionamiento, por lo cual se planteó un diagrama de bloques que se muestra en la Figura 4.

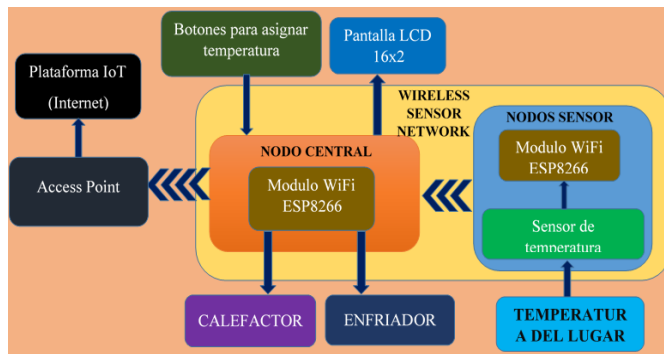


Figura 4. Diagrama de bloques general

Como se pudo observar en el diagrama de bloques general del sistema electrónico, éste está formado por una red de sensores inalámbricos, donde se hace uso de nodos sensores para la adquisición de datos y también de un nodo central el cual tiene la responsabilidad de procesar los datos y enviarlos hacia la plataforma IoT.

El nodo central será el que reciba y procese todos los datos que son transmitidos desde los nodos sensores. El calefactor y enfriador que servirán para cambiar la temperatura dentro del aula de clase, serán activados conforme el nodo central lo crea necesario, y esto lo hará relacionando la temperatura actual del lugar y una temperatura ya asignada.

Se asignó una temperatura, utilizando los botones que el nodo central posee, y se visualizó los datos en una pantalla LCD 16x2. Por último, este nodo se conectará hacia un Access Point que tenga salida a Internet para poder enviar los datos recolectados hacia una plataforma IoT.

E. Desarrollo del algoritmo del sistema electrónico

En el inicio del algoritmo se plantean variables que sirven para asignar una temperatura, esto se lo ejecuta a través del hardware implementado. Para

que el nodo central establezca una conexión con los otros nodos, es necesario declarar el nombre de los SSID de cada nodo sensor al que se va a conectar, junto con una contraseña para que el nodo central se pueda autenticar, ya que este último funcionara en modo estación y los otros nodos en modo de Access Point.

Una vez hecha la declaración de cada una de las direcciones a donde el nodo central se conectará, este entra a un ciclo donde solicitará los datos de cada nodo sensor de manera ordenada, para realizar esto se declara un contador de procesos, donde la conexión con cada nodo sensor es un proceso.

Como uno de los procesos finales el nodo central se conecta a un Access Point con salida a Internet y envía los datos a una plataforma de IoT a través del puerto 80 del protocolo TCP/IP, en esta plataforma se podrá almacenar todos los datos de la temperatura con la hora y fecha en que se recibieron, posteriormente el contador de procesos se vuelve a encerrar para repetir el ciclo.

Para finalizar el proceso que realiza el nodo central, este realiza una comparación entre la media aritmética de la temperatura del lugar y la temperatura que se asignó en un inicio, de acuerdo a esto, si la temperatura del lugar es mayor a la temperatura asignada, se encenderá el enfriador, caso contrario estará apagado. Se realiza una comparación semejante a la anterior donde si la temperatura del lugar es menor a la temperatura asignada, se encenderá un calefactor, caso contrario se lo tendrá apagado.

F. Pruebas de Unidad

Previo a la integración de todo el sistema, se realizó pruebas de funcionamiento de cada nodo de la WSN. En la Figura 5 se muestra la conexión básica de los elementos electrónicos utilizados en cada uno de los nodos.

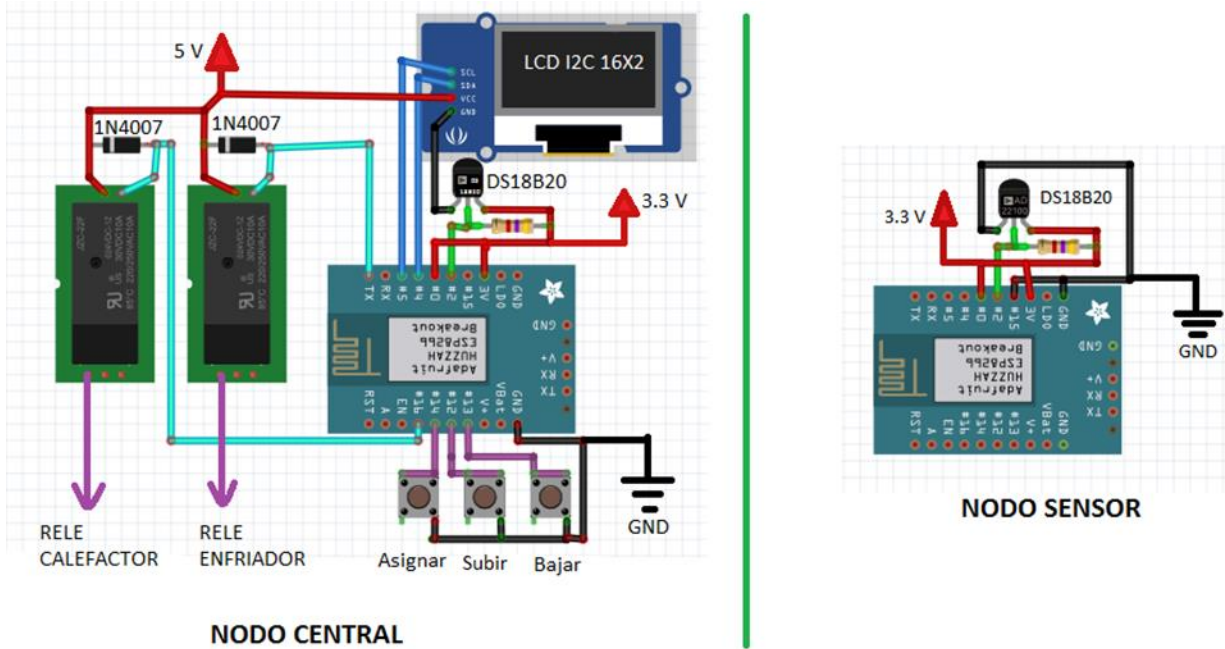


Figura 5. Esquema de conexión de elementos electrónicos en el nodo central y en el nodo sensor

Una vez armado las partes de cada uno de los nodos de la WSN, se verificó que el funcionamiento individual de los nodos responda a las expectativas esperadas con respecto a la recolección de datos.

Posterior a la verificación de funcionamiento de cada nodo, se revisó la forma de comunicación entre los nodos sensores y el nodo central, dando así un resultado óptimo en el funcionamiento de la WSN. En la Figura 6 se indica como el nodo central recibe los datos enviados por los otros nodos.

```
received: Temperatura: 22 #82 from Mesh_Node8485139.
received: Temperatura: 21 #38 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #56 from Mesh_Node15101938.
received: Temperatura: 22 #39 from Mesh_Node507040.
received: Temperatura: 22 #83 from Mesh_Node8485139.
```

Figura 6. Formato de recepción de datos en el nodo central

G. Integración

Para la integración de todo el sistema hubo que determinar la ubicación de los nodos de la WSN y después verificar a través de la plataforma IoT que los datos recolectados sean procesados y almacenados.

La ubicación de cada uno de los nodos que conforman la WSN, fueron distribuidos en los extremos del área de trabajo donde permanecen los estudiantes durante todo el periodo de clases, en la Figura 7 se puede apreciar la posición que se asignó a cada uno de los nodos.

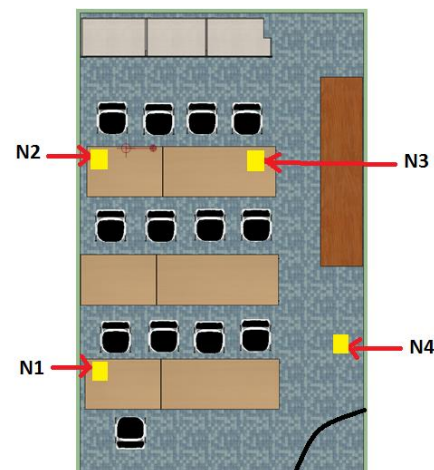


Figura 7. Ubicación de los nodos que conforman la WSN dentro del aula donde se realizan las pruebas

Vale mencionar que la altura a la que se encuentran todos los nodos es de 75 centímetros sobre el piso, ya que esa es la altura intermedia en la cual permanecen sentados los estudiantes durante todo el periodo en que reciben clases. El nodo 4, el cual aparte de medir la temperatura se encarga de

controlarla haciendo uso de equipos de climatización, se encuentra a un costado del aula, ya que en ese lugar existe tomas eléctricas de 110 voltios para conectar los equipos que permitirán aclimatar el aula.

Para comprobar que el sistema funcione correctamente en el lugar donde se realizarían las pruebas, se revisó en la plataforma IoT que se estén registrando los datos captados por la WSN, en la Figura 8 se puede observar cómo se graficaban los datos que fueron enviados por el nodo central.

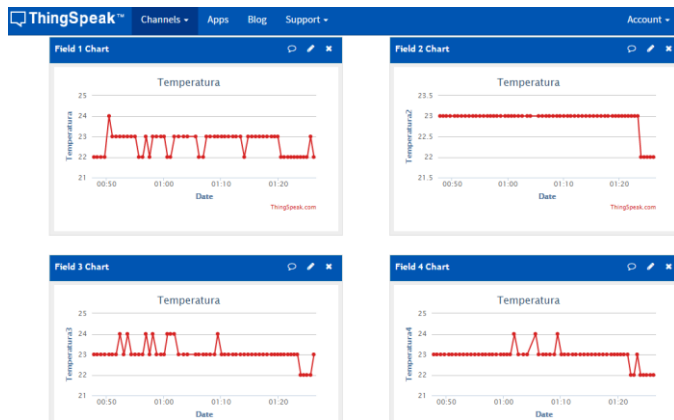


Figura 8. Pruebas de funcionamiento del sistema electrónico

H. Validación

Para determinar una medida referente a la fiabilidad del sistema electrónico diseñado, se utilizó un método que se llama “El alfa de Cronbach”, el cual es un índice cuyo valor varía entre 0 y 1, donde los valores más altos de este índice indican mayor consistencia, si su valor supera el 0.8 se habla de fiabilidad, por el contrario, si el mecanismo no supera el 0.8 se habla de inconsistencia y probablemente inestable [18]. La consideración hecha por el alfa de Cronbach respecto a la fiabilidad de un equipo se muestra en la Figura 9.

Alfa de Cronbach



Figura 9. Consideración de fiabilidad con relación al resultado del alfa de Cronbach

Una forma de calcular el alfa de Cronbach es por medio de la varianza de los ítems evaluados por el sistema, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left| 1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right|$$

Donde:

α = Alfa de Cronbach

K = Número de ítems

V_i = Varianza de cada ítem

V_t = Varianza del total [18]

El resultado proporcionado por el método de varianza de ítems en el alfa de Cronbach fue de 0.86, lo cual se considera como una fiabilidad alta. Mientras más cerca de 1 este el alfa de Cronbach, más alto es el nivel de confiabilidad.

IV. PRUEBAS DE LA INVESTIGACIÓN

Las pruebas para determinar cuál es la mejor temperatura donde los estudiantes prestan mayor atención en un periodo de clases dentro de un aula, se desarrollaron en el laboratorio de fibra óptica que está ubicado en el primer piso de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, el cual posee unas dimensiones de 4,50 metros de ancho por 7,30 metros de largo y 3,40 metros de altura.

Las pruebas fueron realizadas a 12 estudiantes de CIERCOM, con edades entre 22 y 24 años, y se contó con la colaboración del docente a cargo del laboratorio de fibra óptica, Ingeniero Paúl Rosero. Los horarios en los que fueron realizadas las pruebas se comprenden entre las 7 de la mañana a 1 de la tarde, y a partir de 3 a 5 de la tarde, en los

periodos académico Abril – Julio del año 2016 y Septiembre 2016 – Febrero 2017.

La temperatura a la cual se someterá a los estudiantes durante las pruebas de investigación, varía entre 18 y 29 grados centígrados, ya que esta fue la varianza de temperatura con mayor frecuencia que se obtuvo dentro de un aula de la FICA, esta varianza se la obtuvo a través de lecturas hechas por el dispositivo electrónico diseñado en un periodo de 3 semanas que fueron previas a la realización de los test de atención, y dentro del horario en que sale y se oculta el sol.

El test que ayudará a determinar parámetros de atención por parte de estudiantes, es tomado de una aplicación web llamada “PsicoActiva”, la cual posee gran prestigio, ya que sus test son elaborados por profesionales con experiencia en el campo de la psicología. Se puede acceder a esta aplicación a través de la siguiente dirección: “https://www.psicoactiva.com/”; y cuenta con diferentes tipos de test psicotécnicos que verifican la forma en que se desenvuelve el estudiante y la rapidez con que lo hace.

El test de búsqueda de repeticiones evalúa la atención sostenida de una persona, y cuenta con algunas matrices de letras; la prueba consiste en seleccionar filas y columnas que tengan una letra que se repita, un ejemplo de esto se puede ver en la Figura 10, la cual indica solo un fragmento del test.

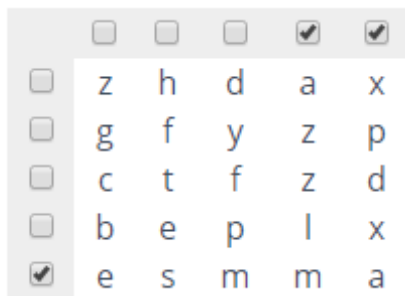


Figura 10. Imagen con una muestra del test psicotécnico de búsqueda de repeticiones

La evaluación consta de 18 matrices y de un tiempo límite de 2 minutos con 57 segundos para terminarla, al vencer este tiempo la aplicación

genera resultados porcentuales acerca de la fiabilidad con la que se realizó el test, y una puntuación global.

Esta evaluación requiere de gran concentración, ya que las diferentes letras dentro de la matriz, ocasionan distracción al individuo que la está realizando, además de esto, al tener en cuenta que existe un tiempo límite para desarrollar todo el test, genera inquietud en el estudiante. Cada vez que se acceda a este test, se obtendrá uno distinto, y se evaluará una vez por semana a los 12 estudiantes, siendo sometidos estos a un rango de temperatura diferente durante cada la clase.

La prueba de atención, de acuerdo a los resultados obtenidos, indica si una persona se encuentra dentro de una media de atención razonable, esta observación la realiza de acuerdo al porcentaje obtenido de la puntuación global del individuo de prueba. En la Tabla II se muestra la consideración que realiza el test de acuerdo a la puntuación global [19].

TABLA II
CONSIDERACIÓN HECHA POR EL TEST ACERCA DE LA MEDIA DE ATENCIÓN DE UN INDIVIDUO

Porcentaje de la puntuación global	Consideración
0% a 39%	Por debajo de la media de atención
40% a 59 %	Dentro de la media de atención
60% a 80%	Encima de la media de atención
81% a 100%	Muy por encima de la media de atención

A. Análisis de resultados de todas las evaluaciones hechas a los estudiantes

En la Figura 11, se indican los porcentajes de estudiantes que se encuentran dentro la consideración hecha por el test psicotécnico, con relación a la media de atención normal de una persona, posteriormente se concluye en base a los resultados.

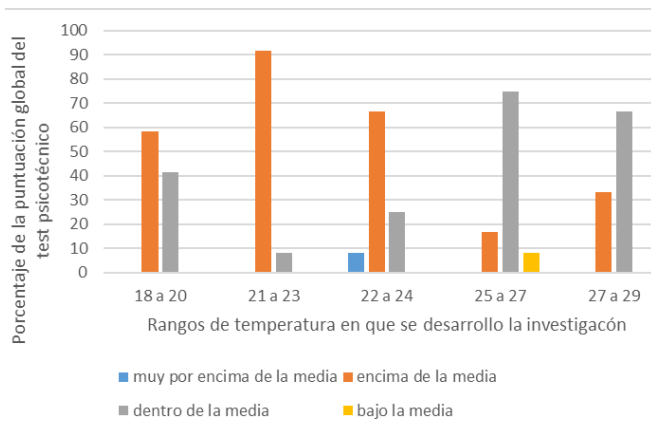


Figura 11. Resumen de resultados de las pruebas de atención hechas a los estudiantes con diferentes rangos de temperatura

De acuerdo a los resultados generales de las pruebas que ayudan a determinar la atención, se concluye que la temperatura con la que mejor trabajan los estudiantes dentro de un aula de clases, se encuentra dentro del rango de temperatura que comprende los 21 y 23 grados centígrados.

V. CONCLUSIONES

Se desarrolló el sistema electrónico con aplicación IoT que ayudo a estimar factores ambientales adecuados para el estudiante universitario en el aula a escala de laboratorio, y que funciona de acuerdo a los parámetros del diseño.

No se puede medir exactamente la desconcentración en un estudiante, debido a que el proyecto se enfoca a trabajar únicamente con la temperatura, y en lo que se refiere a desconcentración intervienen otros parámetros, como pueden ser la falta de luminosidad en las aulas, ruidos externos, falto de interés, entre otros, los cuales pueden llegar a alterar los resultados en los test de atención.

De acuerdo a los test realizados, la temperatura con la cual los estudiantes mostraron una mejor atención dentro del aula oscilaba en un rango entre 21 y 23 grados centígrados, por otro lado, la temperatura con la que mostraron mayor desconcentración se encuentra en un rango entre 25 y 29 grados centígrados.

La temperatura dentro de un aula podría mejorar

el confort térmico de los estudiantes, pero no es determinante, ya que este confort es diferente en cada persona, y depende de múltiples componentes que pueden ser: la vestimenta, la postura, número de individuos dentro del lugar y otros.

La norma IEEE 29148 fue parte fundamental como ayuda para determinar a través de los stakeholders, los requerimientos del sistema electrónico, y así mismo para la elección de hardware y software adecuados.

VI. RECOMENDACIONES

Si se desea mejorar el rendimiento de los estudiantes al momento de prestar atención, las instituciones de educación superior, deberían implementar equipos para aclimatar el aula donde se recibe clases.

La temperatura es solo uno de los factores que puede afectar a la desconcentración, es por eso que se debería compaginar con otras investigaciones donde se parta desde otras variables, de esa manera se podrían obtener más indicadores de desconcentración o formas de captar mejor la atención de los estudiantes.

En una WSN se puede optimizar el funcionamiento y el intercambio de información, utilizando el protocolo de acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones "CSMA/CA", de esta manera se evitará saturar al nodo central al momento de la recepción de datos enviados por los nodos sensores.

Es aconsejable utilizar sensores con salida de datos digital, de esta forma es menos propenso a tener interferencias de señales ajenas.

VII. REFERENCIAS

- [1] Sánchez, I., Fuentes, F. P., & García, S. S. (s.f.). Rendimiento académico final: ¿reflejo del trabajo continuo en el aula? Obtenido de <https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2015/documentos/tema-3/410764.pdf>
- [2] Constitución Política del Ecuador 2008 - Disposición transitoria vigésima

- [3] Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, VOL. 1 NO. 4, 2, 8, 9.
- [4] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS*, 17(4), 2, 7, 8, 9, 10. Recuperado el 18 de Abril de 2016
- [5] Kaur, J., & Kaur, K. (2016). Availing Internet of Things in Industrial Decision Making -A Survey. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, 1, 2. Obtenido de <http://iceeot.org/papers/OR0693.pdf>
- [6] Kim, J., Lee, J., Kim, J., & Yun, J. (2014). M2M Service Platforms: Survey, Issues, and Enabling Technologies. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, VOL. 16, NO. 1, 1, 4, 6, 7.
- [7] Gutiérrez, J., Durocher, D., Lu, B., Harley, R., & Habetler, T. (2006). Applying Wireless Sensor Networks in Industrial Plant Energy Evaluation and Planning Systems. *IEEE IAS PULP AND PAPER INDUSTRY CONFERENCE IN APPLETON*, 1.
- [8] Kumar, P., Guenes, M., Al Basset, A., & Hussain, I. (2008). Enhancing IEEE 802.15.4 for Low-latency, Bandwidth, and Energy Critical WSN Applications. *IEEE-ICET International Conference on Emerging Technologies*, 1-2.
- [9] Somani, N. A., & Patel, Y. (2012). ZIGBEE: A LOW POWER WIRELESS TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS. *International Journal of Control Theory and Computer Modelling (IJCTCM)* Vol.2, No.3, 2, 5, 6.
- [10] García Davis, E. (23 de Julio de 2009). Implementación de Protocolos de Transporte en Redes de Sensores. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7480/PFM-ERNESTOGARCIADAVIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] Bernal, I. (6 de Abril de 2006). Comunicaciones Inalámbricas ZigBee. Obtenido de <http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Marzo07Agosto07/Actualizacion/ZigBeeNov06.pdf>
- [12] Fernández Martínez, R., Ordieres Meré, J., Martínez, F. J., Gonzáles Marcos, A., Alba, F., Lostado Lorza, R., & Pernía Espinoza, A. V. (2009). Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica. *Universidad de la Rioja*, 24.
- [13] Andrade Gutierrez, J., Padilla Ortega, A., & Valencia Espinoza, C. (28 de Febrero de 2010). Calor y Temperatura OAXACA. Obtenido de <https://sites.google.com/site/calorotemperatura/justificacion>
- [14] Cisneros Maciel, M., & Pérez Pérez, M. (2008). Física II. México, México: EMSAD. Recuperado el 16 de Abril de 2016, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXJYWxvcm90ZW1wZXJhdHVyYXxneDo0YTJhNzE5MGY5MzQ4ZmZi>
- [15] Martínez, Y. (1 de Junio de 2007). Tendencias 21. Tendencias Científicas. Recuperado el 10 de Marzo de 2016, de http://www.tendencias21.net/Crean-el-primer-indicador-cientifico-de-la-distraccion_a1597.html
- [16] Martínez, Y. (6 de Octubre de 2011), La atención puede distorsionar la percepción, revela un estudio. Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de http://www.tendencias21.net/notes/La-atencion-puede-distorsionar-la-percepcion-revela-un-estudio_b3330843.html
- [17] Rodríguez, J. (28 de Septiembre de 2008). Metodología de desarrollo de software. El Modelo en V o de Cuatro Niveles. Obtenido de <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>
- [18] BIOESTADISTICO (Dirección). (2014). Alfa de Cronbach [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=scCL458Eqyw>
- [19] PsicoActiva. (2013). Test psicotécnico de búsqueda de repeticiones. Obtenido de <https://www.psicooactiva.com/tests/buscar-repeticiones.htm?nivel=1>

Autores



Stalin W. Realpe

Nació en Atuntaqui provincia de Imbabura el 14 de Octubre de 1991. Realizo sus estudios primarios en la Escuela “Fe y Alegría”. En el año 2009 obtuvo su título de bachiller en Ciencias, con especialización Físico Matemático en la Unidad Educativa Experimental “Teodoro Gómez de la Torre”. Actualmente es egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte.



Jaime R. Michilena

Nació en Atuntaqui provincia de Imbabura el 19 de Febrero de 1983. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional en 2006. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador, obtuvo la Maestría en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.