

**Diseño de una arquitectura de red para un aula inteligente basado en internet de las cosas**

**Design of a network architecture for a smart classroom based on the internet of things**

**Desenho de uma arquitetura de rede para uma sala de aula inteligente baseada na internet das coisas**

Karen Patricia Zambrano Chinga<sup>1</sup>

Universidad Técnica de Manabí

[kzambrano1534@utm.edu.ec](mailto:kzambrano1534@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4690-1464>

Ivan Gasendy Arteaga Pita<sup>2</sup>

Universidad Técnica de Manabí

[gasendy.arteaga@utm.edu.ec](mailto:gasendy.arteaga@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9943-4516>

Marlon Renne Navia Mendoza<sup>3</sup>

Universidad Técnica de Manabí

[marlon.navia@utm.edu.ec](mailto:marlon.navia@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-9775-3778>

**Como citar:**

Zambrano, K., Arteaga, I. & Navia, M. (2022). *Diseño de una arquitectura de red para un aula inteligente basado en internet de las cosas*. *Código Científico Revista de Investigación*, 3(1), 212-237.

**Recibido:** 07/04/2022

**Aceptado:** 20/05/2022

**Publicado:** 30/06/2022

---

<sup>1</sup> Ingeniero en Sistemas Informáticos por la Universidad Técnica de Manabí. Docente de Computación Aplicada e Informática en la Unidad Educativa Jean Piaget centrada en maximizar el potencial del estudiante utilizando estrategias didácticas y tecnológicas especializadas en enseñar a alumnos de todos los niveles con actividades prácticas para impulsar su aprendizaje.

<sup>2</sup> Doctor en Educación por la Universidad Mayor de San Marcos - Perú, magister en Gerencia Educativa, Ingeniero en Sistemas Informáticos. Profesor investigador en temas de Tecnologías de la Información, e-learning, Arquitectura de Software. Se desempeñó como Vicedecano de carrera, Vicedecano de Investigación y gestor tecnológico de la convención internacional de la UTM

<sup>3</sup> Ingeniero en Sistemas Informáticos por la Universidad Técnica de Manabí; Máster Universitario en Ingeniería de Computadores; Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Valencia (España). Actualmente es parte del grupo de Investigación Tecnologías Aplicadas a la Producción y Servicios.

## **Resumen**

En las aulas de clase inteligentes se utilizan dispositivos informáticos que deben interconectarse entre sí, y con la puesta en escena del internet de las cosas, este escenario de interconectividad se ha elevado exponencialmente. El presente trabajo investigativo analiza una arquitectura tradicional de red de datos usualmente utilizada en las aulas de clases de una unidad educativa, se considera la problemática que implica la implementación de sistemas IoT tanto a nivel de infraestructura, así como de factibilidad, y propone el diseño de una arquitectura de red para un aula inteligente que permita una alta calidad de servicio y un alto tráfico de datos que den soporte a dispositivos IoT. Para lograr este objetivo se realizan diversas mediciones para constatar la eficacia de la red implementada en la unidad educativa y luego se compara con la infraestructura propuesta que incluye sistemas de monitoreo y enrutamiento. De esta comparación de las pruebas y métricas obtenidas se pudo evidenciar la superior calidad de servicio de la red propuesta contra la red implementada y se concluye que este modelo puede ser implementado y mejorado en un aula de clases además es importante mantener una monitorización constante de toda la infraestructura para prevenir y corregir rápidamente posibles fallas. Para el monitoreo de ambas redes se utilizó la herramienta CACTI bajo un alto tráfico de datos y en un ambiente simulado, utilizando la aplicación GNS3.

**Palabras-clave:** IoT; Internet de las cosas, Red LAN, Infraestructura, Tecnología educativa

## **Abstract**

Smart classrooms use computing devices that must be interconnected with each other, and with the advent of the Internet of Things, this interconnectivity scenario has increased exponentially. This research work analyzes a traditional data network architecture usually used in the classrooms of an educational unit, considers the problems involved in the implementation of IoT systems both at the level of infrastructure and feasibility, and proposes the design of a network architecture for a smart classroom that allows a high quality of service and high data traffic to support IoT devices. To achieve this goal, several measurements are performed to verify the effectiveness of the network implemented in the educational unit and then compared with the proposed infrastructure that includes monitoring and routing systems. From this comparison of the tests and metrics obtained, it was possible to demonstrate the superior quality of service of the proposed network compared to the implemented network and it is concluded that this model can be implemented and improved in a classroom, in addition it is important to maintain a constant monitoring of the entire infrastructure to prevent and correct possible failures quickly. For the monitoring of both networks, the CACTI tool was used under high data traffic and in a simulated environment, using the GNS3 application.

**Keywords:** Internet of things, LAN Network, Infrastructure, Educational technology.

## **Resumo**

Nas salas de aula inteligentes, são utilizados dispositivos computacionais que devem estar interligados entre si e, com a encenação da Internet das Coisas, esse cenário de interconectividade aumentou exponencialmente. O presente trabalho investigativo analisa

uma arquitetura tradicional de rede de dados usualmente utilizada nas salas de aula de uma unidade educacional, considerase o problema que implica a implementação de sistemas IoT tanto ao nível da infraestrutura, como a viabilidade, e propõe o projeto de um arquitetura de rede para uma sala de aula inteligente que permite alta qualidade de serviço e alto tráfego de dados para dar suporte a dispositivos IoT. Para atingir esse objetivo, são feitas várias medições para verificar a eficácia da rede implementada na unidade educacional e, em seguida, é comparada com a infraestrutura proposta que inclui sistemas de monitoramento e roteamento. A partir desta comparação dos testes e métricas obtidas, foi possível demonstrar a qualidade de serviço superior da rede proposta em relação à rede implementada e conclui-se que este modelo pode ser implementado e melhorado em sala de aula, sendo também importante manter monitoramento constante de toda a infraestrutura para prevenir e corrigir rapidamente possíveis falhas. Para o monitoramento de ambas as redes, foi utilizada a ferramenta CACTI sob alto tráfego de dados e em ambiente simulado, utilizando o aplicativo GNS3.

**Palavras-chave:** IoT; Internet das coisas, Rede LAN, Infraestrutura, Tecnologia educacional.

## Introducción

Aprovechar el potencial de las nuevas tecnologías en general y de las tecnologías de la información en particular como herramientas de aprendizaje para un proceso educativo eficaz es una necesidad real en el mundo actual. Lo que se necesita esencialmente es una integración significativa entre la tecnología, el currículo y el proceso de enseñanza-aprendizaje, para proporcionar a los estudiantes recursos de aprendizaje compartidos y colaborativos, así como espacios de aprendizaje adecuados, que conduzcan a un movimiento hacia el aprendizaje autónomo. (Manas, 2016)

Las aulas inteligentes, son una clara muestra de cómo las nuevas tecnologías han influido en la educación. Estas instalaciones responden al hecho de que, los estudiantes necesitan que el entorno educativo replique su vida diaria, una vida en la que la tecnología tiene una presencia significativa, debido principalmente a que nos encontramos rodeados de objetos tecnológicos, empezando por el celular el cual es un inseparable compañero, drones, cámaras, electrodomésticos, juguetes, y un sin número de “cosas” conectadas a la gran red, a las que cada vez somos más dependientes. Esta tendencia es la fundamentación de un relativamente nuevo paradigma denominado “Internet de las Cosas”.

En términos simples, el Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) hace referencia a la tendencia constante de conectar todo tipo de objetos físicos al Internet, especialmente aquellos que quizá ni se imagina. Puede ser cualquier tipo de elemento, desde objetos domésticos comunes, como los refrigeradores y las bombillas; recursos empresariales, como las etiquetas de envío y los dispositivos médicos; hasta elementos portátiles sin precedentes, dispositivos inteligentes e incluso ciudades inteligentes que solo existen gracias al IoT. (Red Hat, Inc., 2021)

La relación entre la educación y tecnología ha sido larga y compleja. Las herramientas tradicionales que ayudan a los estudiantes a acceder a la información, que miden los resultados y las maneras de transformar esa información en conocimiento, aún se encuentran arraigadas en el corazón de las prácticas pedagógicas. Pero el IoT tiene el suficiente potencial para transformar profundamente la educación y alterar la forma en que los centros de estudio interactúan con los usuarios y los procesos que realizan.

Actualmente, los avances tecnológicos han logrado perfeccionar y hacer más interesante el aprendizaje. El IoT en la educación promete cambiar significativamente los métodos tradicionalmente utilizados en la educación. Es que, la conexión a Internet de las múltiples herramientas y dispositivos que se utilizan en el día a día son útiles y garantizan la revolución total de quienes tienen que ver con el uso de este equipo. (García, 2018)

En este contexto, la presente tesis, “Diseño de una arquitectura de red para un aula inteligente basada en internet de las cosas”, propone analizar y evaluar una infraestructura de red que sirva de base para la implementación de Aulas inteligentes utilizando redes cableadas e inalámbricas y una serie de herramientas tecnológicas que les permitan interconectar diferentes dispositivos y a la vez capturar información del entorno para automatizar los procesos y la toma de decisiones.

Una de las principales características de esta infraestructura es el soporte para un alto flujo de información y que logre entre otras cosas: analítica de imágenes, control biométrico, control de climatización, iluminación, seguridad, control de aglomeraciones. Es decir que la infraestructura planteada debe poseer un alto QoS (Calidad de Servicio).

El trabajo de tesis comienza con el capítulo 1, en donde se desarrolla la situación por la que se pensó en esta investigación. Después, el capítulo 2 “Marco Teórico de la Investigación” propone la teoría relacionada con el proyecto para una mejor comprensión del mismo. En el capítulo 3 “Metodología para el diseño de la Red” se encuentra el proceso y la planeación que llevó esta investigación. En el capítulo 4 “Resultados y Validaciones” se encuentra la información recabada y /el análisis de ésta. Además, se desarrollan las conclusiones a las que se llegó después de analizar los datos recolectados.

Los beneficios de la integración de este tipo de tecnología en el entorno educativo serán múltiples y permitirán ahorrar tiempo, agilizar tareas y acceder a una gestión mucho más eficiente para directivos, profesores y alumnos.

## **Desarrollo**

Para implementar una infraestructura basada en una arquitectura IoT de Aula Inteligente es necesario tener en claro los fundamentos del IoT, Computación en la Nube y en la Niebla, además del procesamiento digital de imágenes ya que la arquitectura será implantada, también es importante conocer el funcionamiento del software GNS3 el cual se utiliza para realizar la práctica. ( Rose y otros, 2015)

## **Aula inteligente**

En las aulas inteligentes se combinan diferentes entornos, tanto físicos como virtuales, para lograr un entorno participativo y colaborativo dentro del contexto del grupo de clase en el que estas aulas se utilizan para adecuar correctamente los recursos, materiales y

metodologías, y a su vez, a eso a través de ellos. Se desarrollan actividades útiles y pedagógicas para todos los estudiantes, bajo la guía de los profesores. En ellos, dichos estudiantes obtienen una participación activa que estimula su creatividad y pensamiento crítico, lo que conduce a un aprendizaje significativo y autorregulado, junto con el desarrollo de la inteligencia y la formación en valores. Además, este aprendizaje se llevará a cabo en mesas, conversaciones, computadoras, etc., y maximizando las capacidades de todos los alumnos.

Las herramientas inteligentes para el aula se han convertido en un éxito en la era digital actual porque los métodos de enseñanza visualmente atractivos que involucran los sentidos audiovisuales han demostrado ser una forma eficaz de aprendizaje. ( Morales & Altamirano, 2016)

### **Internet de las cosas**

Internet de las cosas se refiere a una tecnología basada en la conexión de objetos cotidianos a Internet que intercambian, agregan y procesan información sobre su entorno físico para brindar servicios de valor agregado a los usuarios finales. También reconocen eventos o cambios y pueden reaccionar de manera apropiada. Por tanto, su propósito es proporcionar una infraestructura que supere la barrera entre los objetos y el mundo físico. (Wigmore, 2015)

- **Seguridad de IoT**

Al pensar en los dispositivos de Internet de las cosas, es importante comprender que la seguridad de estos dispositivos no es absoluta. La seguridad de los dispositivos de IoT no es una propuesta binaria segura / insegura. Más bien, es útil conceptualizar la seguridad de IoT como un espectro de vulnerabilidad del dispositivo. El espectro abarca desde dispositivos

totalmente desprotegidos sin ninguna característica de seguridad hasta sistemas altamente seguros con múltiples capas de características de seguridad. (Sotaminga, 2015)

- **Privacidad en IoT**

El modelo de privacidad tradicional de "notificación y consentimiento" en el que los usuarios afirman sus preferencias de privacidad al interactuar directamente con la información que aparece en la pantalla de una computadora o dispositivo móvil (por ejemplo, al hacer clic en "Acepto") deja de funcionar. Cuando los sistemas no ofrecen al usuario ningún mecanismo de interacción. Los dispositivos de IoT a menudo no tienen una interfaz de usuario para establecer preferencias de privacidad y, en muchos entornos, los usuarios no tienen conocimiento ni control sobre cómo se recopilan y utilizan sus datos personales. Esto provoca una brecha entre las preferencias de privacidad del usuario y el comportamiento de recopilación de datos del dispositivo. Sin embargo, la experiencia muestra que, en realidad, los datos que tradicionalmente no se consideran personales podrían ser o convertirse en datos personales si se combinan con otros datos. (Sunkel y otros, 2018)

### **Computación en la nube**

En los últimos años, el rápido crecimiento de Internet y sus servicios ha generado nuevas oportunidades de desarrollo en todos los ámbitos como negocios, educación, salud, etc. La computación en nube podría describirse como los mecanismos que brindan determinadas empresas, ya sean públicas o privadas, para administrar, gestionar y compartir información en Internet directamente. (La Rosa, 2019)

### **Computación en la niebla**

El objetivo de la niebla es mejorar la eficiencia y reducir la cantidad de datos transportados a la nube para su procesamiento, análisis y almacenamiento. Esto se hace a menudo para mejorar la eficiencia, aunque también se puede utilizar por motivos de

seguridad y cumplimiento. Las aplicaciones populares de computación en la niebla incluyen redes inteligentes, ciudades inteligentes, edificios inteligentes, redes de vehículos y redes definidas por software. (Jiménez, 2022)

La niebla metafórica proviene del término meteorológico para una nube cercana al suelo, al igual que la niebla se concentra en el borde de la red. El término se asocia a menudo con Cisco; Se cree que la directora de línea de productos de la empresa, Ginny Nichols, acuñó el término. "Cisco Fog Computing" es un nombre registrado; La computación en la niebla está abierta a la comunidad en general. (Forensics , 2019)

### **Reconocimiento facial**

El reconocimiento facial es una manera de identificar o confirmar la identidad de una persona mediante su rostro. Los sistemas de reconocimiento facial se pueden utilizar para identificar a las personas en fotos, videos o en tiempo real. El reconocimiento facial es una categoría de seguridad biométrica. Otras formas de software biométrico incluyen el reconocimiento de voz, el reconocimiento de huellas digitales y el reconocimiento de retina o iris. La tecnología se utiliza principalmente para la protección y las fuerzas de seguridad, aunque hay un creciente interés en otras áreas de uso. (Staff , 2020)

### **Simulador y Emulador GNS3**

GNS3 es utilizado para simular emular, configurar, probar y solucionar problemas de redes virtuales y reales. GNS3 permite ejecutar desde pequeñas topologías que constan de solo unos pocos dispositivos, hasta arquitecturas complejas que con muchos dispositivos alojados en múltiples servidores o incluso alojados en la nube. (GNS3, 2020)

Este software no solo es compatible con dispositivos Cisco, también muchos otros proveedores comerciales y de código abierto son compatibles hoy con GNS3. Es decir que es posible probar la interoperabilidad entre dispositivos de varios fabricantes e incluso probar

configuraciones esotéricas usando tecnologías de red con SDN, NFV, Linux y Docker. (Castillo de la Fuente, 2020)

### **Herramientas de monitoreo CACTI.**

Cacti es una completa solución gráfica en red diseñada para aprovechar el poder de la funcionalidad gráfica y de almacenamiento de RRDTOol. Cacti proporciona un sondeador rápido, plantillas de gráficos avanzadas, múltiples métodos de adquisición de datos y funciones de administración de usuarios listas para usar. Todo esto está envuelto en una interfaz intuitiva y fácil de usar que se puede utilizar para instalaciones del tamaño de una LAN hasta redes complejas con miles de dispositivos. (Casco, 2019)

### **Metodología**

Para llevar a cabo este proyecto de investigación, la infraestructura fue simulada utilizando el método clásico del ciclo de vida del software. Este incluye: Recolección, análisis, diseño, implementación y evaluación.

### **Tipo de estudio**

Se realizó un estudio descriptivo, analítico, prospectivo, se describió en la investigación la relación que existe entre variables cualitativas y cuantitativas de la investigación, que determinó los hechos posibles que pueden ocurrir en un futuro, mediante la causa y efecto en un tiempo determinado.

Para su correcta elaboración, se han seguido y guiado de las directrices que son diferentes fuentes de fiabilidad que permitirá y brindara información para poder desengrosar y conocer más sobre el tema tratado, esto se logró hacer mediante textos, informes escritos, artículos e investigaciones realizadas, de los cuales se sacó ideas esenciales, notas claras y precisas, para redactar correctamente y en manera ordenada el artículo original.

### **Enfoque Cuantitativo**

El enfoque cuantitativo de la investigación utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar las preguntas de investigación que se formulan y probar hipótesis establecidas previamente. En este enfoque se elige una idea, que se transforma en una o varias preguntas de investigación. Se desarrollan hipótesis o variables y se desarrolla un plan para probarlas, se miden las variables en un determinado contexto y se analizan las mediciones obtenidas para establecer una serie de conclusiones.

### **Alcance Descriptivo**

Esta investigación tendrá como objeto desarrollar y describir cómo influye el internet de las cosas en el proceso de enseñanza aprendizaje mediante la implementación de un aula inteligente. Este estudio busca especificar las propiedades importantes, los aspectos sobresalientes de equipos, objetos o problemas y someterlos a análisis.

### **Diseño: Experimental**

Este diseño nos permitirá manipular intencionalmente la variable independiente de un modelo para observar y medir sus efectos en la variable dependiente de nuestra investigación, donde se definirá las variables que deben ser observadas, la relación entre elementos, cómo van a ser las variables medidas y cómo procederemos a analizar los datos obtenidos.

### **Manejo de la información**

Un grupo de 3 evaluador independiente realizo la lectura de títulos y abstracts. Tras la lectura independiente del evaluador se estableció si se incluía o no el artículo para lectura de texto completo. Posteriormente, se realizó la síntesis de los artículos revisados donde se extrajo finalmente la información incluida en la revisión. Las discrepancias durante la selección de estudios o extracción de datos se resolvieron mediante discusión y consenso por parte de los autores.

Esta simulación se realizó bajo la herramienta GNS3 la cual permitió emular máquinas virtuales y dispositivos de red como routers y switches que complementan el aula virtual y que no serán implementados físicamente.

El corazón de toda la infraestructura es el servidor Centos en el que hospedarán las aplicaciones necesarias para la analítica de video, el reconocimiento facial, el servidor de streaming y la herramienta para analizar el tráfico de red. En este servidor también se implementará un servidor proxy que gestionará el acceso al internet y servirá de pasarela entre la red interna y el mundo exterior. El sistema en conjunto permitirá obtener varias métricas por medio de GNS3 y Cacti que permitirán analizar el rendimiento y el performance de la infraestructura.

Esta metodología cuenta con 4 fases: Para desarrollar esta propuesta de aula inteligente basado en IoT, así como para seleccionar y validar la utilización de dispositivos IoT, se siguió un procedimiento dividido en las etapas mencionadas anteriormente, las mismas que se detallan a continuación:

- **Fase 1 de descripción general de procesos de investigación:**

Fue necesario en primera instancia un proceso de investigación mediante la revisión bibliográfica de material relacionado con temas de IoT en aulas inteligentes, además de modelos educativos predominantes con el fin de indagar sobre el tema e iniciar con la definición de conceptos, conocer experiencias de aulas inteligentes implementadas en otras instituciones.

- **Fase 2 de análisis de entorno:**

Se hizo un reconocimiento físico de un aula para analizar los puntos importantes a tomar en cuenta al momento de implementar una infraestructura de red.

Se analizaron los recursos existentes actualmente en el mercado con los que cuenta una unidad educativa, y así tener una base para poder implementar el aula inteligente y determinar la factibilidad.

Se realizó una observación directa del proceso de enseñanza de las actividades que realizan los estudiantes y docentes, con la finalidad de poder acoplar esas actividades a posibles escenarios que se servirán de la red local del aula inteligente.

Se hizo un levantamiento de información de la red y se duplicó su arquitectura en un ambiente simulado con GNS3.

Finalmente se procede a ordenar y analizar la información recolectada en los puntos anteriores para facilitar la identificación de las necesidades y definir el alcance del proyecto.

- **Fase 3 de selección de la tecnología y herramientas:**

Se analizaron las tecnologías existentes en el medio como referencia para realizar el diseño de la arquitectura.

Como resultado de las investigaciones realizadas, se establece el software necesario para la implementación de la infraestructura y basados en las funcionalidades y características requeridas para un adecuado funcionamiento, se propuso preliminarmente las siguientes herramientas como: GNS3, Virtual Box, Cati, Sistema operativo centos 7 y un router Mikrotik.

- **Fase 4 Probar y optimizar el diseño de la red:**

Una vez simuladas las redes, se genera tráfico descargando archivos de 2gb de peso desde internet en todos los equipos durante tiempo y condiciones similares, se registraron los resultados de los parámetros a validar y se tabularon para realizar gráficos comparativos y determinar visualmente los resultados.

### Esquema de la arquitectura

En el aplicativo GNS3 se procede a plasmar la arquitectura planteada, insertando en el área de trabajo todos los dispositivos necesarios para armar la infraestructura, estos dispositivos son interconectados y están listos para iniciar la configuración de cada uno de ellos.

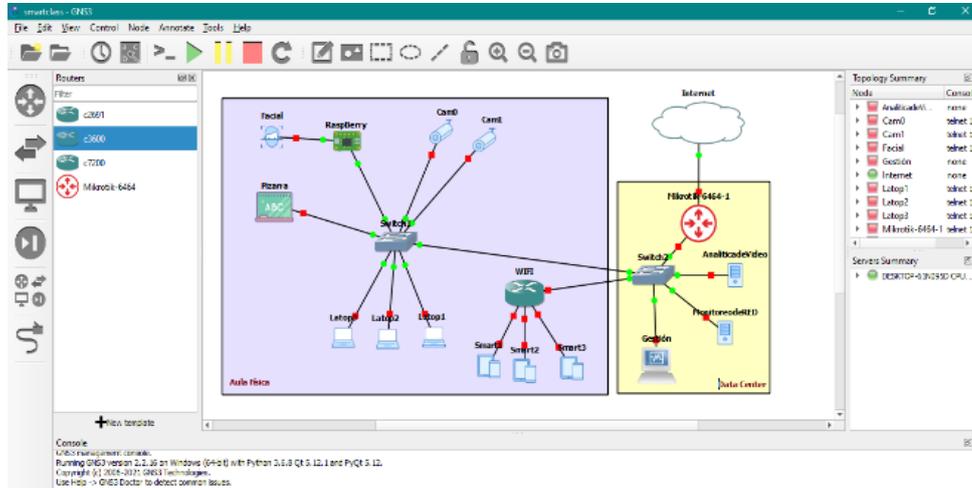


Figura 0.1- Esquema en GNS3 de la Arquitectura

Cada dispositivo de esta infraestructura será configurado según el siguiente direccionamiento:

Dispositivo	IP
Router Mikrotik	10.10.1.1/24
Servidor Analítica de Video	10.10.1.2/24
Servidor Monitoreo	10.10.1.3/24
Computador de Gestión	10.10.1.4/24
Pizarra Interactiva	10.10.1.11/24
Sistema de detección facial	10.10.1.12/24
PC – 1	10.10.1.100/24
PC – n	10.10.1.n/24
Cámara IP-1	10.10.2.1/24
Cámara IP-n	10.10.2.n/24
Móviles – 1	10.10.3.1/24
Móviles – n	10.10.3.n/24

Tabla 0.1- Direccionamiento de la Infraestructura.

Luego se procede a configurar los equipos de ruteo, para el router Mikrotik se utiliza la aplicación WinBox por medio de la cual se establecen los parámetros de red y se definen los modos de funcionamiento.

Este router es el encargado de gestionar las conexiones entrantes y salientes de la infraestructura, además de los servicios de internet.

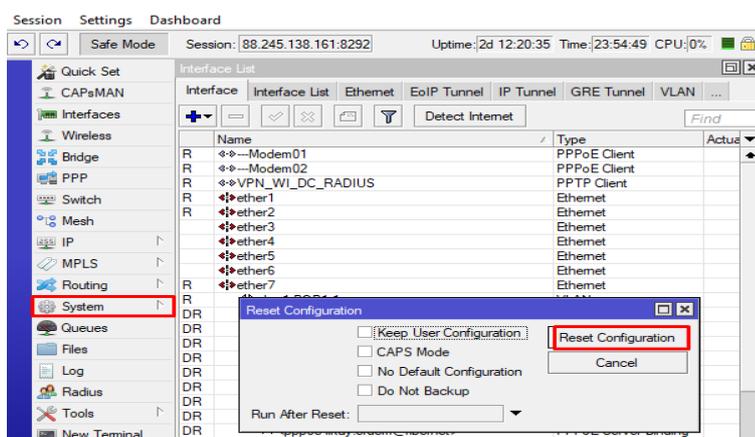


Figura 0.2 - Configuración a través de Win Box

El router encargado de la conexión de equipos móviles es un equipo Cisco c3600 y se configura por medio del terminal SSH, este router se deberá de configurar con las seguridades necesarias para evitar que los dispositivos puedan acceder a la red interna.

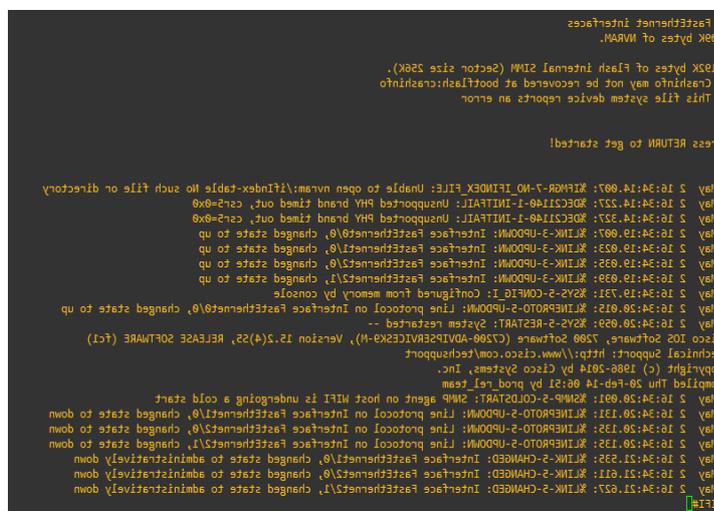


Figura 0.3 – Configuración Router Cisco c3600

- **Monitoreo de la infraestructura.**

Este servidor CENTOS 7, virtualizado en VirtualBox, es el encargado de hospedar las aplicaciones para monitoreo de la infraestructura. Aquí serán necesaria dos procesos: configurar el protocolo SMNP e instalar la aplicación CACTI.

SMNP significa Simple Network Management Protocol. En español, significa Protocolo de Gestión de Redes Simple. Es uno de los protocolos que más tiempo lleva vigente, específicamente desde el año 1988.

Es uno de los protocolos que más tiempo lleva vigente, específicamente desde el año 1988. En un principio, los switches y routers podían ser gestionados por este protocolo, hoy en día, es posible contar con el protocolo SNMP para prácticamente cualquier dispositivo que consiga conectarse a una red. Así también, es posible realizar tanto monitorización y ajustes en la configuración de los dispositivos monitorizados de forma remota. (Fernández, 2020)

Para instalar este protocolo es necesario activar los repositorios donde se hospedan y luego descargar, instalar y configurar. El paso final es reiniciar el servicio SMNP.

## **Resultados**

Para la recolección de datos que permiten manejar el funcionamiento global de la infraestructura se realizó por medio del software Cacti. El cual envía cada 5 minutos consultas a todos los dispositivos conectados a la red por medio de ping ICMP. Y muestra información relevante que facilite el estado de la conexión de cada uno de los periféricos.

En la Figura 4. Identificamos el esquema de la red interna del Aula Inteligente y manejamos como nodo de niebla se implementó un Micro Servidor con sistema operativo Centos 7, este Servidor es el encargado de hospedar el software Cacti.

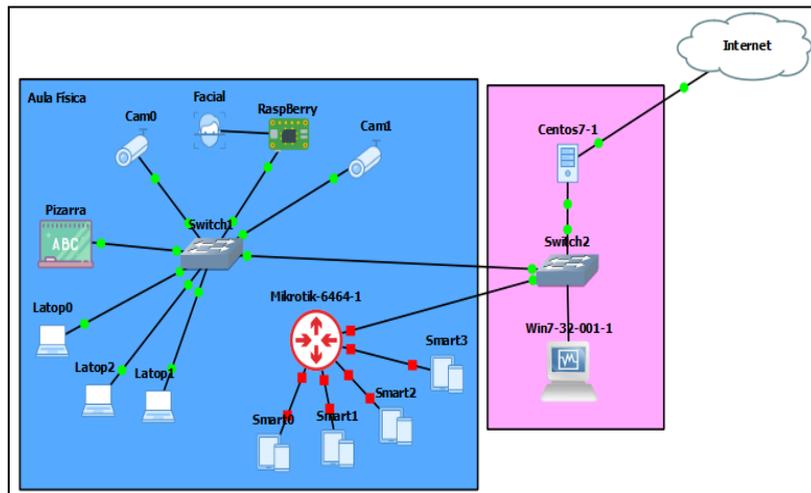


Fig. 4. Esquema de la red interna del Aula Inteligente.

Los diferentes dispositivos de esta infraestructura ya ingresados en el sistema CACTI, son monitorizados constantemente, el objetivo es verificar que las transmisiones de datos se realizan con un buen desempeño y que la salud de los equipos sea verificada cada cierto tiempo. En la Figura 5 se identifica el listado de los dispositivos monitorizados por la herramienta Cacti.

Dispositivos											
Síto	Cualquiera	Recolector de datos	Cualquiera	Plantilla	Cualquiera	Ubicación	Todos	Tr	Restablecer	Exportar	
Buscar	Término de búsqueda	Q	Estado	Cualquiera	Dispositivos	Por Defecto					
Todos 7 Dispositivos											
Descripción de dispositivos	Nombre de equipo	ID	Gráficos	Data Sources	Estado	Here	Último	Hora de sondeo	Tiempo actual (ms)	Promedio (ms)	Disponibilidad
Camara Frontal	192.168.10.51	5	5	5	Up	50m	N/D	0.03	1.14	1.17	100 %
Cliente de Control	192.168.10.2	2	15	22	Up	53m	N/D	36.4	1.16	1.9	45.38 %
Laptop 01	192.168.10.10	3	33	40	Up	53m	N/D	1.08	2.03	1.5	67.24 %
Laptop 02	192.168.10.12	6	4	4	Up	50m	N/D	0.02	1.15	1.16	100 %
Laptop 03	192.168.10.11	7	4	4	Up	50m	N/D	0.14	1.27	1.24	100 %
Pizarra Interactiva	192.168.10.53	4	4	4	Up	50m	N/D	0.02	1.17	1.16	100 %
Servidor Principal	localhost	1	4	5	Up	N/D	N/D	0.23	0	0	100 %
Todos 7 Dispositivos											

Fig. 5. Resultados obtenidos con la herramienta Cacti.

De cada uno de estos dispositivos se obtuvieron información gráfica que muestra el funcionamiento de las interconexiones. Estos gráficos se obtuvieron de la monitorización durante 24 horas de los dispositivos.

- **Servidor Principal.**

Se obtuvieron lecturas en momentos de estrés (Con todos los dispositivos conectados y en estado de procesamiento) en que los valores se incrementaron sin llegar hasta límites de riesgo de colapso del servidor, lo que indica que este periférico se adapta perfectamente a las necesidades del esquema planteado. Como se aprecia en la figura 6, se registraron momentos de carga elevados durante la transmisión de datos, pero se reestablecen rápidamente al concluir la transmisión y el uso de la memoria nunca supero el 50%, estas pruebas se realizaron con acceso de usuarios y sin acceso. ( Banafa, 2015)



**Fig. 6.** Resultados obtenidos con todos los equipos conectados.

- **Computador de Control**

Este equipo permite controlar muchas de las funciones del Servidor principal y en las gráficas se observa que tiene una adecuada comunicación con este. Cabe recalcar que la utilización de este nodo no es de un consumo excesivo de ancho de banda, ya que solo se utiliza para gestión. Como se muestra en la Figura 7, se analizan la difusión de paquetes a la red, y se aprecia que no satura la infraestructura, además de mantener una alta calidad de servicio QoS.

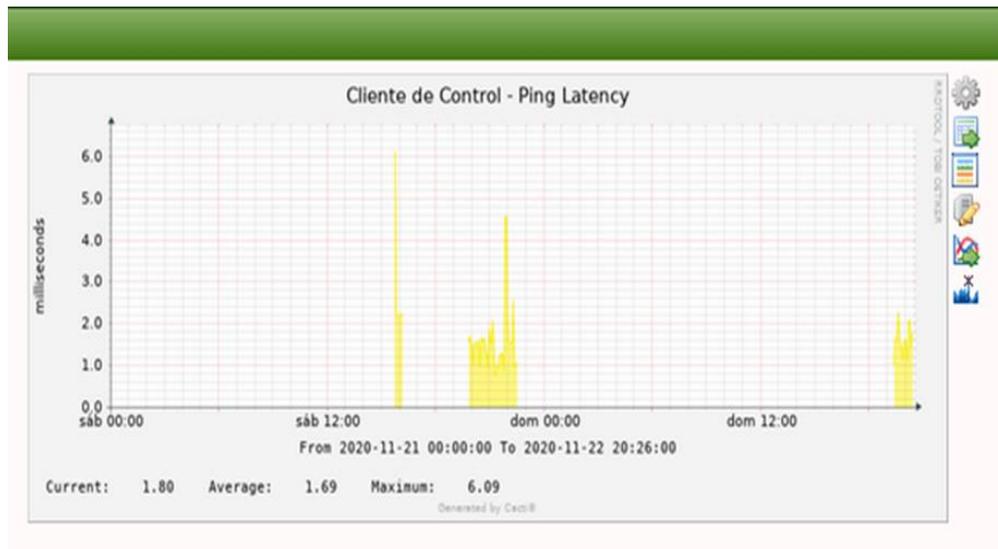


Fig. 7. Resultados obtenidos de la gestión.

- **Identificación de Laptops**

Estos equipos demostraron en la monitorización un funcionamiento adecuado realizando tareas básicas como navegación en internet y manejo de utilitarios. En la muestra se utilizaron 3 equipos funcionando al mismo tiempo, pero podrían ser muchos más sin afectar en gran medida el rendimiento de la red. Como se muestra en la figura 8, se comprueba la disponibilidad del dispositivo por medio de un control de latencia en el ping cuando el CPU se encontraba trabajando en un 100% de su capacidad.

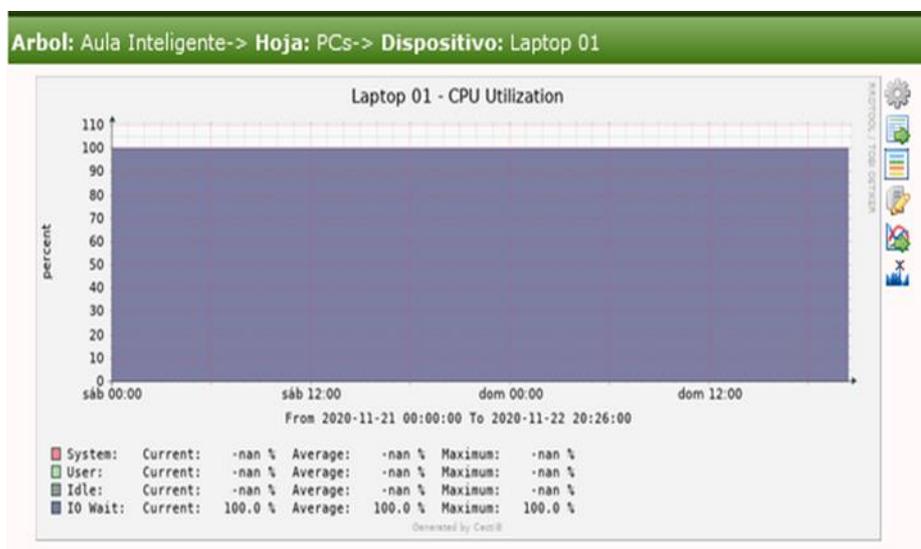


Fig.8. Identificación de Laptops.

- Cámaras IP

En esta figura 9. El muestreo demostró una adecuada transmisión con casi nula latencia hacia el servidor en las dos cámaras presentes en el esquema, esta prueba fue realizada midiendo la latencia en el ping hacia y desde la cámara, comprobando en todo momento su disponibilidad.

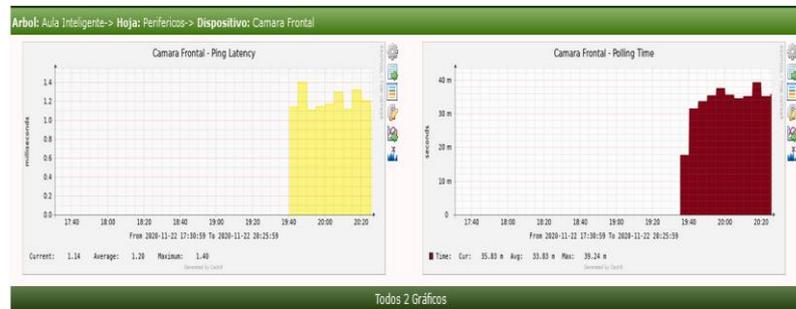
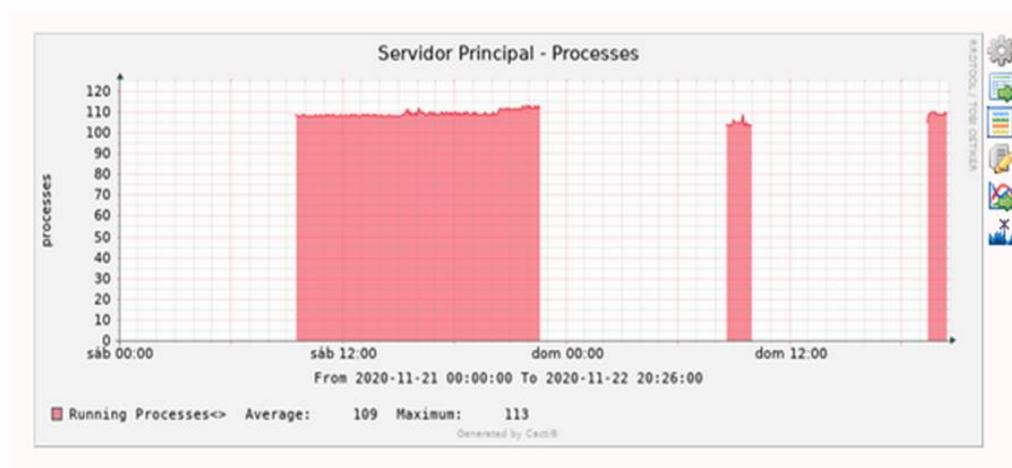


Fig.9. Resultados obtenidos de la transmisión hacia el servidor.

### Validación

- Descripción de los Experimentos

El proceso de validación se realizó con muestras de 24 horas de operación de infraestructura y con altos valores de estrés en la transmisión de datos con la herramienta CACTI. Para esto se llevaron a cabo procesos de alto consumo de CPU, tal como se muestran en figura 3.17, donde el consumo de CPU se encuentra en niveles cercanos al 100%.



Figuran 10 Procesos en el servidor principal. (Elaboración Propia)

De la herramienta se obtuvo valores del volumen sobre el tráfico de entrada y el tráfico de salida en Kilobytes, por esta razón se usará la siguiente fórmula para obtener la velocidad en kbit/s.

$$Velocidad = \frac{Volumen \times 8 \times 1024}{3600s \times 24} = kbit/s$$

La siguiente formula se utilizará para obtener la velocidad de los paquetes/s.

$$VelocidadPaq = \frac{Volumen}{3600s} = Paquetes/s$$

• **Resultados de los experimentos**

Con base en los experimentos realizados y las métricas obtenidas, se valida que el diseño de una arquitectura de red basada en el Internet de las Cosas, implementado en un entorno emulado por el software GNS3, es una propuesta viable para implementar en un aula inteligente.

**Latencia.** El promedio de los retardos temporales dentro de una red representa la latencia.

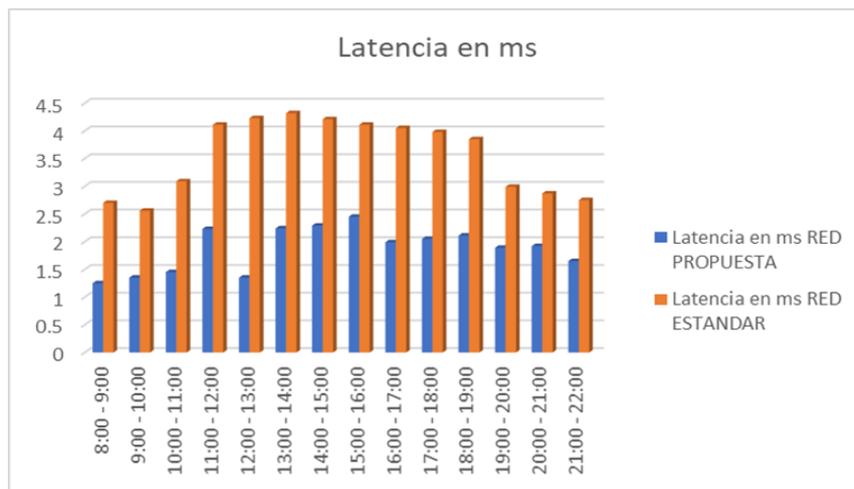


Fig.11. Latencia en MS

**Análisis**

En la figura 11 se observa los valores del tiempo de latencia en milisegundos en el tráfico de las redes. Se aprecia que a partir de las 10 hasta las 20 horas, este valor se

incrementa. Según los valores obtenidos se puede observar una mayor latencia en la red estándar con valores de diferencia entre 1ms y 2ms con la red propuesta, alcanzando picos más altos entre las 11h00 y las 19h00, debido a que en esas horas existe un mayor tráfico de los usuarios en la red.

### Perdida de paquetes

La pérdida de paquetes se produce cuando los grupos de datos que se envían a través de una red no llegan al receptor. En la mayoría de los casos, esto resulta en la pérdida de parte de la información que se transfiere a través de una red.

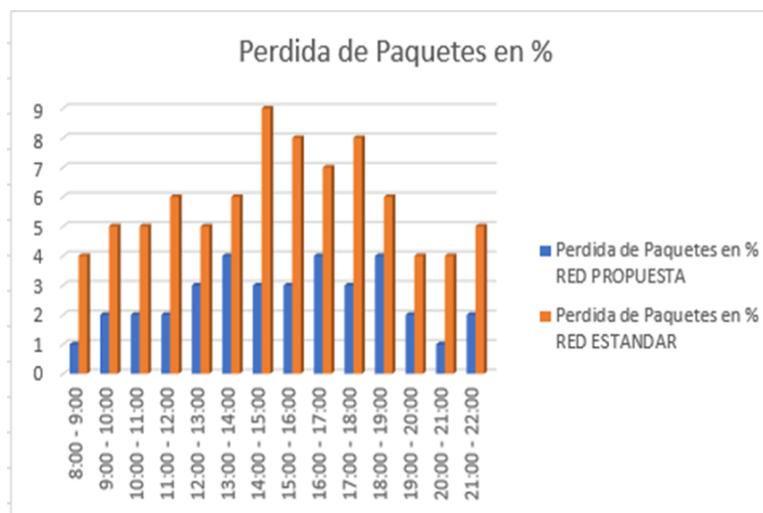


Fig.12. Perdida de Paquetes.

### Análisis

En la figura 12 se observa los valores de pérdidas de paquetes que siguen un patrón concordante con las horas de mayor tráfico en la red. Según los valores obtenidos se puede observar que existe un mayor porcentaje de pérdida de paquetes en la red estándar llegando hasta triplicarse en puntos porcentuales, lo que indica una mayor estabilidad de los datos transmitidos en la red propuesta.

### Jitter

Indica la variación estadística en milisegundos del retardo de recepción del paquete transmitido, para este cálculo se tomaron 12 muestras por hora en el que se suman todas las

diferencias entre muestra y muestra, para luego promediar este resultado, utilizando la siguiente formula:

$$Jitter = \frac{|m_1 - m_2| + |m_2 - m_3| + \dots + |m_{11} - m_{12}|}{12}$$

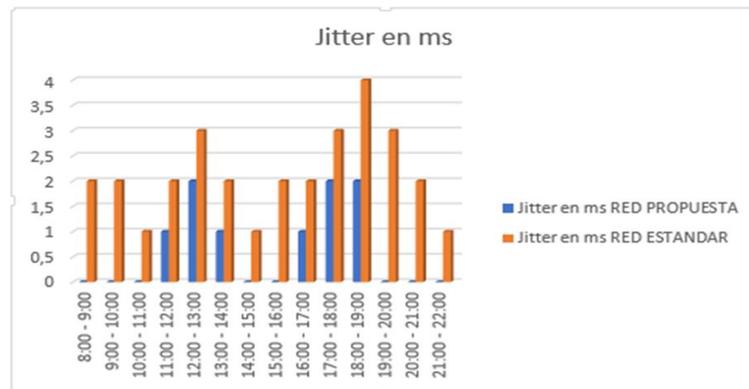


Fig.13. Jitter en ms.

### Análisis

En la figura 13 se observa los valores de jitter en la red, en la red estándar se aprecia una mayor variación en el transcurso del día, mientras que, en la red propuesta, existe una estabilidad con un bajo jitter. Según los valores obtenidos se puede observar una mayor variación de jitter con más tiempo en la red estándar, especialmente en horas de alto tráfico. No obstante, en la red propuesta los valores de jitter se mantienen entre 1.01 y 2.32 milisegundos.

### Discusión

Los resultados obtenidos de diseño de una arquitectura de red basada en el Internet de las Cosas coinciden con ciertos estudios e información, pero como es visible en la mayoría de los casos existen cosas diferentes en vista que con el pasar del tiempo el internet de las cosas va evolucionando.

De acuerdo con los datos mostrados en la figura 11, las Latencias comparadas entre la Red Estándar y la Red Propuesta muestran una diferencia significativa. Esto indica que la red propuesta permitiría el análisis de parámetros e integridad de los factores que intervienen

para que las comunicaciones entre dispositivos se realicen de una forma inicial exitosa, tal como afirma (Lopez, 2021) en su trabajo de Titulación

En la figura 12 podemos observar los valores de pérdidas de paquetes en ambas infraestructuras, del análisis efectuado se puede recalcar que el desempeño de un segmento tiene una fuerte dependencia de cómo se interconecta a otros enlaces o segmentos, de la misma forma lo afirma (Noroño, 2012) en su Artículo Científico y además concluye que esto podría evidenciar aún más el comportamiento probabilístico en la transmisión de datos en enlaces de este tipo.

De acuerdo con los valores en la figura 13 se observa los valores de jitter en la red, en la red estándar se aprecia una mayor variación que, en la red propuesta, existe una estabilidad con un bajo jitter, es decir en los escenarios tradicionales de red, presentan valores elevados, esto se debe a que cada router compare las rutas con sus nodos vecinos para reconocer las tablas de enrutamiento, aumentando significativamente el tiempo de respuesta. Esto lo analiza (Martin, 2014) en su trabajo de titulación.

Los resultados de esta investigación evidencian que una infraestructura de red basada en IoT en un aula inteligente, optimiza la disponibilidad y calidad de los servicios de la red en un aula de clases. Esta afirmación está acorde a lo expuesto por otros autores que han realizado estudios basados en esta temática.

Es importante aclarar que la calidad del servicio en los dispositivos IoT también depende de los protocolos utilizados para interconectar estos dispositivos.

En una implementación real de esta arquitectura junto con la utilización adecuada de los protocolos propios de dispositivos IoT, permitirá construir una infraestructura estable y con niveles de transmisión de datos de alta disponibilidad.

## Conclusiones

Luego de culminar este proyecto y considerando los objetivos planteados inicialmente, se puede concluir lo siguiente:

- ✓ Esta arquitectura planteada puede ser actualizada y mejorada para adaptarla a las necesidades de una Aula real, además de escalar más dispositivos IoT, sin que esto desmejore el desempeño de la infraestructura.
- ✓ El monitoreo constante de las infraestructuras simuladas fue de vital importancia para el correcto funcionamiento de estas y la obtención de datos para la comparación.
- ✓ En la comparación de las dos infraestructuras, se observó que las mediciones en forma general fueron favorables a la infraestructura planteada, lo cual se vio plasmado en los datos obtenidos en las mediciones.
- ✓ En la simulación realizada del esquema se observó un adecuado funcionamiento de toda la infraestructura, los valores mostrados en los gráficos permiten concluir que el esquema es apto para la implementación de un Aula Inteligente basada en IoT. Y que puede servir como apoyo a la toma de decisiones en el Aula de clases.

## Referencias bibliográficas

- Banafa, A. (27 de Junio de 2015). *Internet de las cosas y computación de la niebla*. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/internet-de-las-cosas-y-computacion-de-la-niebla/>
- Morales, E. R., & Altamirano Capelo, F. X. (2016). *Computación en la nube*. *ESPOCH*. <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-17-210847-computaci%C3%B3n%20en%20la%20nube-comprimido.pdf>
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *La internet de las cosas una breve reseña*. *Internet Society*, 23. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- Casco, N. (2019). *Simulación y evaluación de una arquitectura iptv*. *Tesis*. Escuela superior politécnica de chimborazo, chimborazo, Ecuador. <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/12637/1/20T01255.pdf>

- Castillo de la Fuente, M. (8 de Abril de 2020). *La doble cara del reconocimiento facial: entre las ventajas de su uso y el impacto en nuestra privacidad*. 1. <https://www.legaltoday.com/opinion/blogs/nuevas-tecnologias-blogs/blog-prodat/la-doble-cara-del-reconocimiento-facial-entre-las-ventajas-de-su-uso-y-el-impacto-en-nuestra-privacidad-2020-04-08/>
- Forensics , P. (15 de Junio de 2019). Cacti 1.2.19 released: Network traffic graphics monitoring and analysis tools. *FORENSICS / NETWORKING*, 2,3. <https://securityonline.info/cacti/>
- Garcia, A. (2018). El iot en la educación. Aplicaciones educativas android. *Tecnologia*, 2. Retrieved 2022, from <https://tecnologiadelfuturo.es/tecnologia-educacion/aplicaciones-educativas-android/>
- GNS3. (2020). *Getting Started with GNS3*. <https://docs.gns3.com/docs/>
- Jiménez, J. (11 de Marzo de 2022). Simuladores para virtualizar redes y aprender routing y switching. *Redeszone*, 3. <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/programas-simular-red/>
- Karen Rose. (ctubre de 2015). *la internet de las cosas* . <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- Karl, M. (2019). ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? *Red Hat*, 1. Retrieved 2022, from <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- La Rosa, A. (17 de Junio de 2019). *Emulación de redes y cómo traer condiciones del mundo real al ambiente de prueba*. Pandorafms: <https://pandorafms.com/blog/es/emulacion-de-redes/>.
- Manas Ranjan , P. (2016). Resource Book on Integrated Teacher Education. *Cenca*, 23. [https://www.cemca.org/ckfinder/userfiles/files/ICT%20Integrated%20Teacher%20Education-Final\\_Low%20with%20Cover%20Back.pdf](https://www.cemca.org/ckfinder/userfiles/files/ICT%20Integrated%20Teacher%20Education-Final_Low%20with%20Cover%20Back.pdf)
- Moisés Barrio , A. (2018). Internet de las cosas. *REUS*, 12. [https://www.editorialreus.es/static/pdf/primeraspaginas\\_9788429020380\\_internetdela-scosas.pdf](https://www.editorialreus.es/static/pdf/primeraspaginas_9788429020380_internetdela-scosas.pdf)
- Renzo , A., Cavigelli , L., Davide, R., & Benini, L. (5 de Marzo de 2018). *Hyperdrive: un motor de inferencia CNN de peso binario sistólicamente escalable de varios chips*. <https://arxiv.org/abs/1804.00623>
- Sofía Pennella . (abril de 2021). *Aprendiendo Arduino, Conectividad IoT* . [https://www.gotoiot.com/pages/articles/iot\\_protocols\\_intro/index.html](https://www.gotoiot.com/pages/articles/iot_protocols_intro/index.html)
- Sotaminga, M. (2015). *Aula inteligente*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Aula\\_inteligente](https://es.wikipedia.org/wiki/Aula_inteligente)
- Staff , A. (3 de Enero de 2020). *¿Qué es el monitoreo de TI?* <http://blog.alestra.com.mx/que-es-el-monitoreo-de-ti>

Sunkel, G., Trucco, D., & Espejo, A. (2018). *La integración de la tecnología digitales*.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/21681/S2013023\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/21681/S2013023_es.pdf)

Wigmore, I. (2015). *Computación de niebla/redes de niebla (fog computing, fog networking, fogging)*. <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Computacion-de-niebla-redes-de-niebla-fog-computing-fog-networking-fogging#:~:text=La%20computaci%C3%B3n%20de%20niebla%2C%20tambi%C3%A9n,de%20datos%20y%20la%20nube>.