



E-LEARNING PARA EL DESARROLLO DE COMPONENTES IOT EN TIEMPOS POSTCOVID-19

E-learning for the development of iot components in the post-covid-19 era

YAIR RIVERA, RICARDO SIMANCAS, ELMER VEGA
Corporación Universitaria Americana, Colombia

KEYWORDS

*Internet of Things (IoT)
E-Learning
Smart Cities
Virtual Box
Adafruit*

ABSTRACT

The challenge of educational systems has been to propose virtual scenarios with efficient mediation of technology that facilitate the evidence of technological development. Our proposal aims to define a learning strategy that allows technological development using IoT-based simulators and the interaction of cloud servers for data storage. It is intended to turn the instructor into a specialised guide, verifying the learning results. The proposal facilitates the development of computational competencies focused on technological creation with dynamic and configurable scenarios accessible from the web.

PALABRAS CLAVE

*Internet de las Cosas (IoT)
E-Learning
Ciudades Inteligentes
Virtual Box
Adafruit*

RESUMEN

El reto de los sistemas educativos ha sido proponer escenarios virtuales con mediación eficiente de tecnología que faciliten la evidencia de desarrollo tecnológico. Nuestra propuesta tiene como objetivo definir una estrategia de aprendizaje que permita el desarrollo tecnológico a través del uso de simuladores basados en IoT y la interacción de servidores en la nube para el almacenamiento de datos. Se pretende convertir al instructor en un guía tecnológico que permita verificar los resultados del aprendizaje. La propuesta facilita el desarrollo de competencias computacionales enfocadas a la creación tecnológica con escenarios dinámicos y configurables para ser accesibles desde la web.

Recibido: 01/ 08 / 2022

Aceptado: 24/ 10 / 2022

El presente documento de la Corporación Universitaria Americana nace del proyecto de redes y comunicaciones dirigido por el docente Yair Rivera, "Redes y comunicaciones"

1. Introducción

La crisis generada por la pandemia (COVID-19) ha generado una crisis sin precedentes en ámbitos importantes de la sociedad. En las esferas de la educación no es un hecho aislado, ya que se han visto transformados gradualmente sus métodos de enseñanza y aprendizaje.

La masificación de las redes de datos ha forzado a la comunidad educativa a garantizar que los estudiantes tengan la misma igualdad de oportunidades para acceder a las tecnologías. Sin embargo, se ha tenido que acelerar el proceso de innovación e incorporación de las herramientas digitales basados en entornos totalmente virtuales con el único objetivo de seguir desarrollando las clases y transmitiendo el aprendizaje en la distancia (Apsitis et al., 2012).

Bajo este contexto de la alteración de las clases presenciales, los docentes en tecnología e innovación han tenido la necesidad de mantener la continuidad e intensidad de los laboratorios tecnológicos, han impuesto nuevos desafíos que se han tomado mediante la conectividad y un contexto virtual, medios no presenciales y una adaptación progresiva (Cheung et al., 2009).

No obstante, algunos docentes no están preparados para asumir esta práctica en un entorno multimedia, por lo que la necesidad de estas competencias fue relevante. Este proceso ha sido un catalizador para ejercer las siguientes acciones:

- Estimular el desarrollo de competencias digitales en el aula de clase.
- Reconocer las desigualdades de la población colombiana, especialmente en áreas marginadas y de difícil acceso tecnológico.
- Buscar una diversidad de opciones para atender contextos particulares.
- Despertar la creatividad en el estudiante para gestionar proyectos que mejoren las condiciones de vida a través de proyectos tecnológicos.

Es necesario reconocer las posibilidades de aprendizaje que se pueden obtener mediante el desarrollo de proyectos basados en el Internet de las cosas, siempre que se tengan recursos tecnológicos para el acceso a simuladores. Por todo lo anterior, en el artículo se propone establecer una metodología y/o escenario en un entorno totalmente virtual para el desarrollo del pensamiento computacional. Un desarrollo de competencias relacionadas con la creación de tecnología IoT basada en extensiones ('Sensores y actuadores') simuladas en interacción con la nube a través del protocolo MQTT, en este caso plataformas reales totalmente abiertas para el registro de información censada (Shete & Agrawal, 2016).

La implementación de simuladores virtuales ayuda a crear y promover entornos de aprendizaje, donde por medio de las herramientas tecnológicas los estudiantes corroboran sus conocimientos teóricos, sin la necesidad de estar en forma presencial en un laboratorio físico. Una transformación curricular debido a la pandemia en cuanto a aquellas prácticas de laboratorios realizados con componentes o extensiones electrónicas en recintos de la institución (Yel & Sfenrianto, 2017) governments provide opportunities for online learning, whether formal or informal. However, most of e-learning systems in Indonesia have been used at formal education environments, today. Therefore, this study proposes an E-Learning model to support non-formal education in Indonesia. This model is called as E-learning for the Equivalency Education Program (E-LEEP).

El artículo está constituido por las siguientes secciones: La Sección 2 define un contexto de las tecnologías actuales para definir la educación en un contexto virtualizado, aquí se establece un análisis bibliométrico para definir como influyen las áreas tecnológicas con respecto a la educación y saber las futuras tendencias. La Sección 3 define los principales componentes tecnológicos para la creación de tecnología IoT conectada a la nube en un contexto virtualizado. La Sección 4 evidencia el funcionamiento de esta arquitectura tecnológica y la forma de registrar las evidencias de aprendizaje para la evaluación de competencias tecnológicas.

2. Estado del Arte

Una integración eficiente tecnológica para la educación pasa a ser una necesidad primordial en un mundo conectado por el internet. El reto de la educación en un periodo de aislamiento social ha apalancado un potencial de desarrollo, no sólo desde el punto de vista de innovación sino también desde el pedagógico y transversal entre las diferentes áreas del conocimiento (CEPAL-UNESCO, 2020).

Se resalta el hecho de que esta integración entre estos diferentes componentes resulta primordial para el progreso del micro currículo, enfocado a la generación de nuevo conocimiento (Martin et al., 2008).

Como consecuencia, nuevas tendencias en contextos virtualizados como el e-Learning, se apoyan en herramientas y laboratorios de última generación como las metodologías tipo STEAM, las cuales se ingresan con nuevos esquemas de enseñanza y un proceso de construcción del conocimiento dinámico, en donde el docente se redefine más como un colaborador y/o orientador tecnológico para alcanzar los fines propuestos en la educación (Llamas et al., 2010).

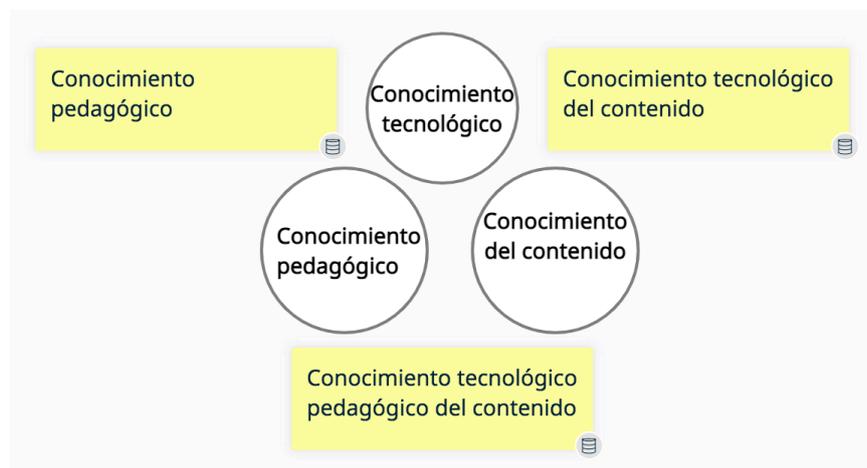
El actual desarrollo de esta nueva experiencia viene acompañado con un aumento gradual del ancho de banda del internet y la creación de una infraestructura tecnológica que permite llevar el internet a zonas remotas y de difícil acceso, de hay que es posible llevar esta metodología de aprendizaje a sitios remotos y de difícil acceso (Gil-Rodríguez & Rebaque-Rivas, 2010; Zhao, 2006).

Se consideran además otros componentes tecnológicos necesarios y relacionados con la arquitectura en la web, los cuales han venido evolucionando en pro del desarrollo de nuevos servicios orientados a mejorar los procesos educativos, en especial los entornos virtuales, entre estos servicios en la web tenemos:

- Almacenamiento homogéneo de la información.
- Disminución de los costos de infraestructura
- Una sola estructura de los datos, así como los protocolos de comunicación
- Utilización de metadatos.
- Desarrollo de plataformas de aprendizaje open source LMS (Learning Management System) para entornos educativos (“Moodle, Virtual U, Top-class”).
- Fácil Implementación de nuevos simuladores IoT compatibles a la web 2.0
- Surgimiento de nuevas herramientas de mensajería (‘Wassup, telegram etc.’) y video conferencia (‘Google Meet, Zoom, etc.’) compatible con dispositivos móviles.

Todos estos componentes han permitido que un entorno de aprendizaje centrado en la web, la cual pasa a de ser un componente pasivo para transformarse a un ecosistema virtual en el cual se pueda interactuar dinámicamente, realizar tutorías semi personalizadas entre el alumnos e instructores, tanto sincrónicas como asincrónicas. Adicionalmente gracias al surgimiento de modelos pedagógicos como el Technological Pedagogical Content Knowledge (Tpack), es factible definir etapas para la formación del conocimiento pedagógico junto al tecnológico, Ver figura 1.

Fig. 1. Modelo TPACK.



Como muestra, el modelo tpack permite identificar los conocimientos necesarios que necesitan los docentes para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de las aplicaciones tecnológicas en la web. El modelo propone el uso de un marco de referencia compuesto por conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar para definir un ambiente eficiente en la implementación herramientas tecnológicas. El reconocimiento de todo este tipo de tecnologías y modelos convergentes aportan al crecimiento de estrategias e-Learning, con el objetivo de mejorar el proceso educativo sobre un entorno virtualizado (Llamas et al., 2010).

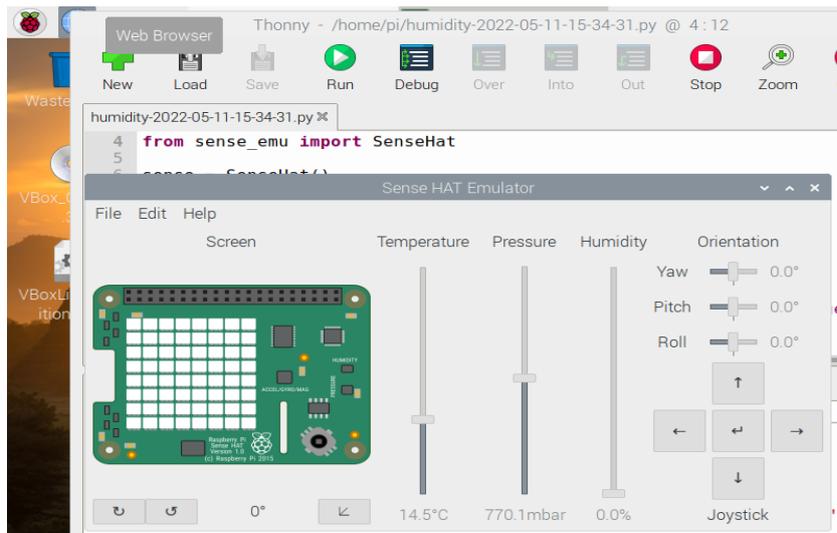
Para ayudar a reconocer ese conjunto de tendencias tecnológicas que han influido en la educación directa o indirectamente, hemos desarrollado un análisis bibliométrico en la figura 2, el cual nos ilustra la correlación entre estas ultimas tendencias tecnológicas, así como aquellas relacionada directamente con los entornos educativos.

Como se determino en el estudio bibliométrico, los tendencias tecnológicas o temáticas que presentan una mayor correlación en investigaciones relacionadas con la educación son: Robots, visualización, herramientas, covid19.

Existen otras tendencias que se resaltan como futuras tendencias a evolucionar y a cambiar en el futuro el concepto de la educación, entre estas: Entrenamiento, task análisis, modelos de datos, modelos predictivos y Deep learning, los cuales están relacionados directamente con desarrollo del pensamiento computacional, de hay que han dado pie a nuevas estrategias pedagógicas centradas en la conectividad.

Por todo lo anterior, se puede encasillar todas estas propuestas dentro de tendencias de desarrollo únicas para la creación de herramientas y entrenamiento a un nivel mas orientado a la creación de contenidos tecnológicos sobre la web (Lopez et al., 2019).

Fig. 3. Sense HAT Emulator: Contiene simuladores virtuales que actúan como sensores para la captura de datos. Adicionalmente posee una pantalla para la salida de caracteres alfanuméricos.



Este simulador se trata de un desarrollo por parte de la Raspberry Pi Foundation junto con Trinket. El objetivo es proporcionar los recursos necesarios de aprendizaje para simular sensores que permiten medir temperatura, humedad, presión y orientación, y mostrar información en su matriz de LED. Para desplegar algún carácter en el dispositivo, en su pantalla LED, se utiliza código Python, como se evidencia en el siguiente algoritmo.

Algoritmo 1:

```

from sense_hat import SenseHat
sense = SenseHat()
sense.show_message ("Hola mundo")
    
```

De igual forma es posible obtener los datos de cada sensor simulado, como se evidencia el siguiente algoritmo, el cual captura el valor de la humedad y lo despliega en pantalla:

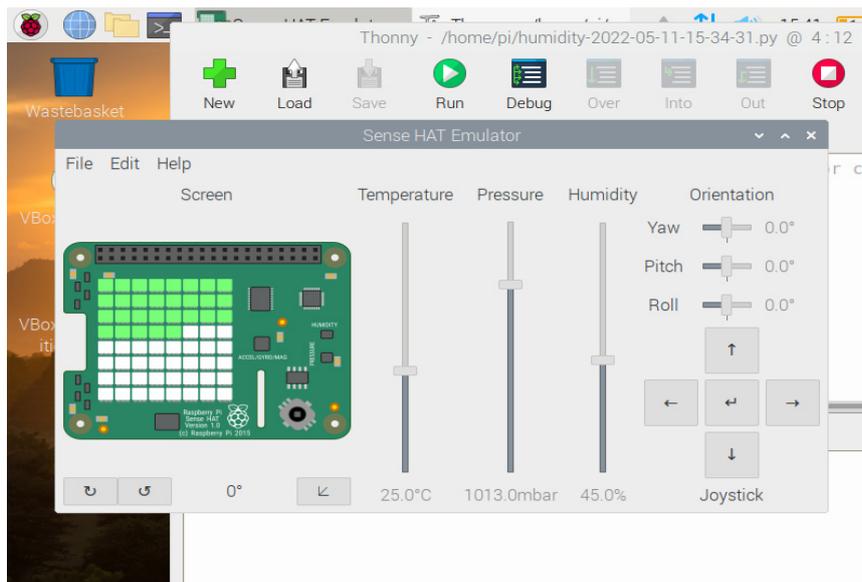
Algoritmo 2:

```

from sense_emu import SenseHat
sense = SenseHat()
green = (0, 255, 0)
white = (255, 255, 255)
while True:
    humidity = sense.humidity
    humidity_value = 64 * humidity / 100
    pixels = [green if i < humidity_value else white for i in range(64)]
    sense.set_pixels(pixels)
    
```

La información tomada por el sensor es desplegada a través del led en forma de barra de desplazamiento o indicador, como se observa en la siguiente figura:

Fig. 4. Salida de datos a través de la matriz LED.



Gracias a su fácil implementación es posible pensar y enviar datos a la nube a través de la implementación de librerías nativas y rutinas API(Application Programming Interface) del sistema adaptadas al Hardware de la plataforma, cual tiene una pantalla con salida de caracteres alfanumericos.

Para esto es indispensable obtener una Key(Clave identificadora) de la plataforma en la nube e implementarla en el dispositivo a través de código Python, como se ilustra en la figura 5(Javvaji et al., 2020; Paavan Lakshmana Chowdary et al., 2019; Shete & Agrawal, 2016).

Fig. 5. La API HTTP (Hypertext Transfer Protocol) de Adafruit IO y la librería MQTTclient((Message Queue Telemetry Transport) permiten a través de un proceso de autenticación enviar información a la nube, estos datos pueden ser procesador directamente a través de tableros el servidor llamado Feed, en este caso se han instanciado dos feeds para el registro de información en la web(one y two), uno para presión y otro para temperatura.

```

proyecto.py *
1
2 import random
3 import sys
4 import time
5
6
7 from Adafruit_IO import MQTTClient
8
9 ADAFRUIT_IO_KEY = 'aio_jFLX1410Yi7ZlibdbWvyzj13zu6E'
10 ADAFRUIT_IO_USERNAME = 'JoseTorres'
11
12
13 group_name = 'grouptest'
14
15 group_feed_one = 'one'
16 group_feed_two = 'two'
17
18

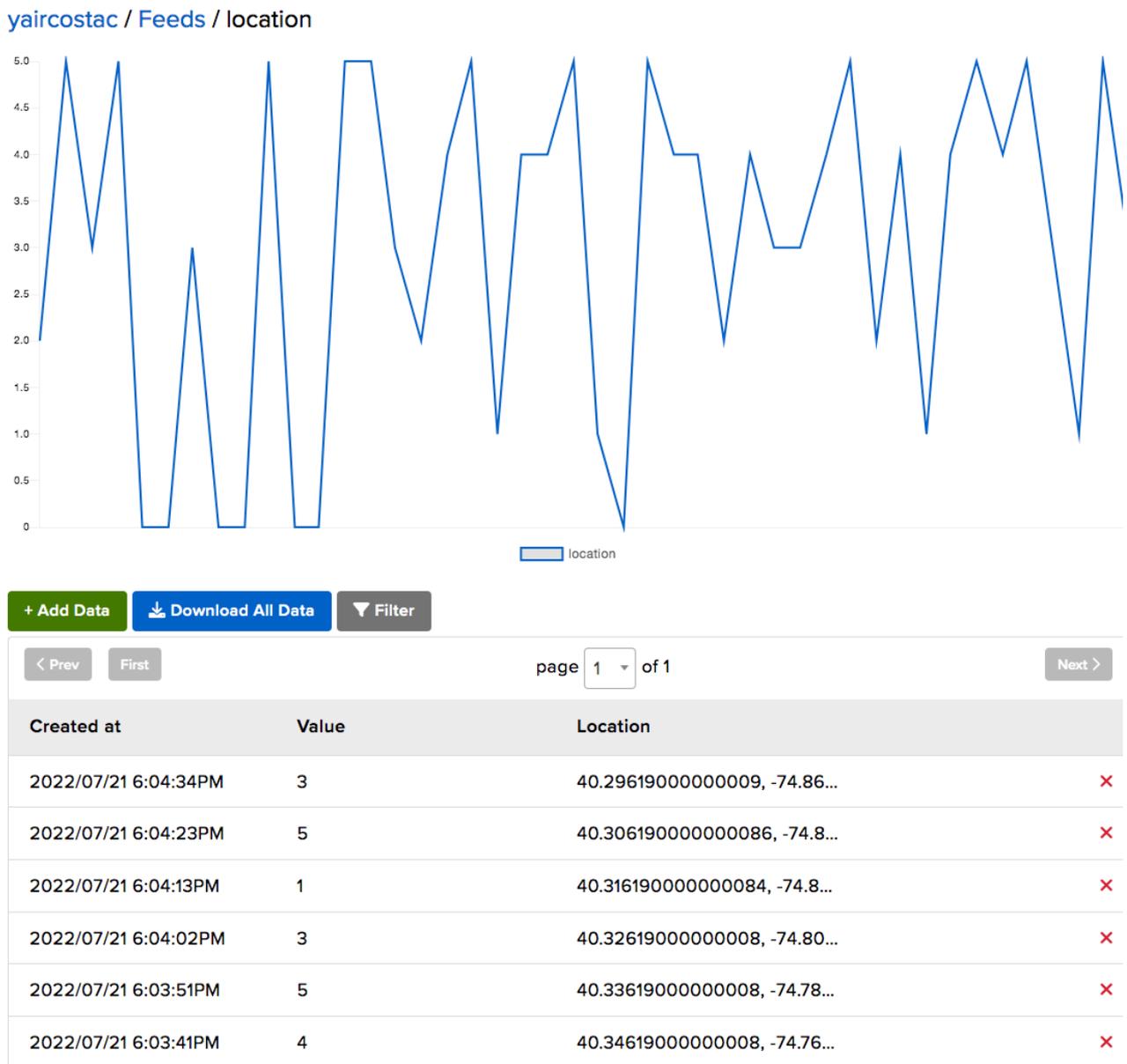
```

Annotations:

- (random)** Permiten obtener de distintos modos números aleatorios o, para ser rigurosos, pseudoaleatorios
- (sys)** Este módulo provee acceso a algunas variables usadas o mantenidas por el intérprete y a funciones que interactúan fuertemente con el intérprete.
- (time)** Proporciona un conjunto de funciones para trabajar con fechas y/o horas
- Importamos nuestro cliente creado en Adafruit IO MQTT. User Name y Key.
- Colocamos el nombre del grupo y los Feed creados con anterioridad. Trabajaremos con las variables:
 - group_name = Grupo de nuestros feeds.
 - group_feed_one = feed 1
 - group_feed_two = feed 2

Cada envío de datos hacia la nube esta relacionado directamente con un Feed del sistema o tablero de registro. Esta configuración permite graficar desde la web, los datos obtenido desde cada terminal Sense Hat. En otras palabras, Cada valor registrado desde cada dispositivo IoT a través de sus sensores, es enviado en tiempo real, almacenado y graficado desde un tablero ubicado en la Web(Bhagat et al., 2018; Colaco & Lohani, 2020; Sriyanka & Patil, 2018). Finalmente podemos consultar lo valores registrados a través de LA WEB, como se observa en la Figura6.

Fig. 6. Datos consultables en el tablero “one” desde cualquier dispositivo que se pueda conectar a la Web, con una previa autenticación desde el servidor.



Con este registro de datos a través de dispositivo IoT podemos analizar los datos y detectar los posibles problemas, así como encontrar las acciones que podemos llevar a cabo para solucionarlos como guías de aprendizaje(Bhagat et al., 2018).

4. Laboratorios tecnológicos

Para el desarrollo de las tareas de aprendizajes es necesario la interacción con un protocolo de comunicación de mensajería desarrollado para dispositivos IoT, para esto se instala MQTT, el cual es un protocolo de mensajería ligero de publicación/suscripción diseñado para telemetría en entornos de bajo ancho de banda, lo que permite

implementarlo desde lugares de difícil acceso. Estas herramientas permiten crear entornos tecnológicos es donde se pueden experimentar laboratorios tecnológicos ubicados en los siguientes escenarios:

4.1. Ciudades inteligentes

Cada dispositivos o sensor diseñado o instalado permitirán recolectar información del entorno útil para el ciudadano o el gobierno de la ciudad entre estos: la gestión del tráfico, el mantenimiento de parques o iluminación, niveles de ruido, Contaminación o criminalidad, entre otras.

4.2. IoT Industrial (IIoT)

Se induce una visión global e individualizada de cada empresa industrializada, ellos son: previsión de fallos mediante análisis de la información recolectada de los sensores, gestión de productos en el almacén con respecto a pedidos.

4.3. Puertos inteligentes

Se ha visto el beneficio con la implementación IoT, en especial con la integración entre ciudad y puerto con el objetivo de aportar valor agregado para el manejo inteligente de la carga y optimizar así la logística.

4.4. Hogares inteligentes o domótica

La domótica están ofreciendo experiencias únicas a cada usuario, que van desde el control de la temperatura, hasta el control de los dispositivos para el ahorro de energía eléctrica. Todo gracias a la conexión de los dispositivos IoT.

4.5. Monitores de salud en tiempo real

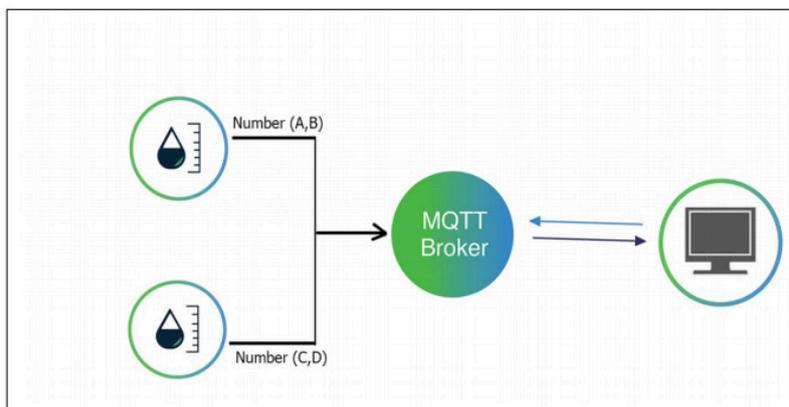
Gracias a estos esquemas tecnológicos, sensores adheridos a personas con enfermedades crónicas, detectarán anomalías a través de la medición de señales biomédicas(pulso cardiaco, temperatura, nivel de respiración) y otras alteraciones en tiempo real, las cuales una vez enviadas, almacenadas y analizadas, podrán informar al sistema medico cualquier situación de emergencia, incluso a través de algoritmos inteligentes se podrán predecir anomalías en el cuerpo humano.

Servicios en tiempo real: se podrán informar alertas de cualquier sistema en tiempo real, por ejemplo: los sensores en automóviles envían información a servidores ubicados en la nube, lo cual informa a compañías de seguros, cuerpos de emergencia y el sistema de tránsito. Este sistema de inmediato genera alertas para crear eventos.

Por todo lo anterior MQTT, se está convirtiendo rápidamente en uno de los principales protocolos para despliegues de IOT.

Este protocolo contiene dos componentes principales: el Broker, es el servidor que distribuye la información a los clientes interesados conectados al servidor y el Cliente o dispositivo que se conecta al broker para enviar o recibir información, como se ilustra en la figura 7.

Fig. 7. Cada dispositivo IoT puede enviar los datos simultáneamente al bróker. Estos datos quedan registrados para su posterior consulta.



5. Metodología y registro del aprendizaje.

Antes de la implementación de cualquier proyecto, se deben reunir online los equipos de trabajo a examinar de la tecnología. Luego, el equipo debe analizar a fondo todo el proceso. Esto se debe a que muchos sistemas interactúan entre sí durante los procesos de IoT.

El equipo puede estar formado por estudiantes de otras áreas, algunos de los expertos en TI, telecomunicaciones, fabricación, computadora, software, electrónico, mecánico, mecatrónica, o estudiantes de ingeniería de automatización. Los expertos seleccionados dependen de su objetivo para IoT. Una vez que su equipo ha sido ensamblado, se diseña la implementación y prueba del prototipo a través de los simuladores. Un paso crucial para implementar estos laboratorios virtuales es recopilar datos suficientes. Se pueden usar varios sensores para esto. Cada dispositivo puede estar generando terabytes de datos diariamente. Los datos generados y almacenados deben analizarse para proponer un modelo de correlación con ayuda de las matemáticas. El análisis de datos a través de Los modelos matemáticos permitirá la toma de decisiones con un menor sesgo de la información. De esta manera los datos son clasificados o interpretados por sistemas integrados (Azabache et al., 2019; Zhuang et al., 2011). Vinculado a esto, la definición de estas herramientas tecnológicas de fácil implementación y abiertas a la comunidad académica son importantes para el progreso de la educación en un contexto virtualizado, pero su eficacia depende del docente, de como utilice las estrategias didácticas y el registro de cada actividad y competencia a través de listas de chequeo, como se ilustra en la figura 8. Este modelo conceptual origina un proceso dinamizador en el aprendizaje cooperativo, emplear un lenguaje sencillo a los participantes, aclarando algunos conceptos técnicos previamente, de manera que la interacción sea fluida para poder cumplir con los objetivos de enseñanza y aprendizaje de cada guía tecnológica.

Fig. 8. Lista de chequeo para desarrollo tecnológico IoT.

Paso	Item	R	NR	Observaciones	Recomendaciones
Herramienta programada y configurada					
Envío de datos a la nube					
Configuración del servidor					
Registros de las API					
Buena configuración de los sensores					
Programación clara a través de python					
Configuración del direccionamiento					

Es necesario registrar estas competencias dentro de una estrategia de aprendizaje Basada en Proyectos (ABP), la cual considera un modelo de instrucción auténtica en el que los estudiantes diseñan y desarrollan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase.

Además, que se considera como una excelente opción al reconocerle que en los estudiantes aumenta la motivación y compromiso con su propio aprendizaje, aprendiendo los conceptos de manera práctica. Por todo lo anterior es necesario identificar el concepto de la Educación en Tecnología ya que el desarrollo tecnológico de componentes se ha venido transformando en uno de los factores más fundamentales en la sociedad moderna (Geertshuis et al., 2000; Lin et al., 2008).

El abordaje que se ha realizado en torno a la formación y evaluación en un entorno virtualizado, nos sitúa en una perspectiva metodológica que favorece el desarrollo autónomo del aprendizaje del estudiante para la creación de escenarios tecnológicos con un potencial de desarrollo sobre la industria. De ahí la importancia de su desarrollo en asignaturas centradas en la ingeniería y las matemáticas aplicadas.

6. Conclusiones

El uso de entornos virtuales aplicados a las nuevas estrategias de aprendizajes en el ámbito de la educación ha crecido significativamente y de manera acelerada. La elaboración de proyectos tecnológicos tradicionales se puede ver muy simplificadas a través de simuladores y plataformas en línea. La mayor ventaja de estas estrategias se obtiene cuando equipos interdisciplinarios de diferentes carreras tecnológicas comparten modelos de manera proyectistas y analistas, en donde se puedan evaluar diversas alternativas, comprender decisiones de diseño tecnológico y colaborar para cumplir los requerimientos funcionales que implica la elaboración del prototipo tecnológico.

Esta interacción requiere una plataforma tanto en servidores como en el equipo clientes, software con capacidades de almacenamiento y cálculo local para el censado y almacenamiento de la información. Finalmente, las plataformas de simulación ofrecen nuevas capacidades para resolver problemas más complejos y dinámicos sin hacer muchos costes de inversión.

Referencias

- Apse-Apsitis, P., Avotins, A., Krievs, O., & Ribickis, L. (2012). Practically oriented e-learning workshop for knowledge improvement in engineering education computer control of electrical technology. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201108>
- Azabache, I. P., Rodriguez, C. R., & Gonzales, P. L. (2019). M-Learning applied to the improvement of the learning of university engineering students. *2019 International Symposium on Engineering Accreditation and Education (ICACIT)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9130215/>
- Bhagat, U., Gujar, N., & Patel, S. (2018). Implementation of IOT in development of intelligent campus lighting system using mesh network. *Proceedings of the International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2018*, 251–256. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT.2018.8748314>
- CEPAL-UNESCO. (2020). La educación en tiempos de la pandemia COVID-19. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe, Santiago Oficina Regional de Educación Para América Latina y El Caribe de La Organización de Las Naciones Unidas Para La Educación La Ciencia y La Cultura*, 11, 11–13. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374075?posInSet=1&queryId=9ccf4a39-7c50-43e4-856b-a09632daa7a2>
- Cheung, K. S., Lam, J., Im, T., & Szeto, R. (2009). Some principles for good practices of E-learning in continuing education institutions. *2009 International Conference on Education Technology and Computer, ICETC 2009*, 69–72. <https://doi.org/10.1109/ICETC.2009.61>
- Colaco, J., & Lohani, R. B. (2020). Health Care System for Home Quarantine People. *2020 IEEE International Conference for Convergence in Engineering, ICCE 2020 - Proceedings*, 147–151. <https://doi.org/10.1109/ICCE50343.2020.9290557>
- Geertshuis, S. A., Bristol, A., Holmes, M. E. A., M, Clancy, D. M., M, & Sambrook, S. (2000). Learning and business: supporting lifelong learning and the knowledge worker through the design of quality learning systems. *Proceedings International Workshop on Advanced Learning Technologies. IWALT 2000. Advanced Learning Technology: Design and Development Issues*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/890604/>
- Gil-Rodríguez, E. P., & Rebaque-Rivas, P. (2010). Mobile Learning & Commuting: Contextual Inquiry and Design of Mobile Scenarios. *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5572677/>
- Javvaji, K. S. S., Nelakuditi, U. R., & Dadi, B. P. (2020). IoT Based Cost Effective Home Automation and Security System. *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT49239.2020.9225557>
- Li, Y., Cheng, J., & Wang, X. (2020). An Optophone Based on Raspberry Pi and Android Wireless Communication. *Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications, AEECA 2020*, 952–956. <https://doi.org/10.1109/AEECA49918.2020.9213587>
- Lili, W., Yansong, W., Yan, Z., Xianjun, M., Lei, Y., & Fengqing, Z. (2011). Determination of raspberry ketone in raspberry by high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Proceedings 2011 International Conference on Human Health and Biomedical Engineering, HHBE 2011*, 62–65. <https://doi.org/10.1109/HHBE.2011.6027897>
- Lin, Z., Jin, Y., & Lin, H. (2008). The Research of Mobile Support Synergistic Learning. *2008 Seventh International Conference on Web-Based Learning*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5163785/>
- Llamas, M., Caeiro, M., Castro, M., Tovar, E., Plaza, I., Arcega, F., Díaz, G., Sánchez, J. Á., Mur, F., Pastor, R., Sánchez, F., Jurado, F., Carpio, J., Falcone, F., & Domínguez, M. (2010). Use of E-Learning functionalities: Results of a survey along Spain. *2010 IEEE Education Engineering Conference, EDUCON 2010*, 1441–1450. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2010.5492359>
- Lopez, F., Torres, F. J., Ramirez, V. A., Nunez, D. A., Corona, R., & Lopez, A. R. (2019). Raspberry pi for implementation of web technology in an automation process. *2019 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing, ROPEC 2019*. <https://doi.org/10.1109/ROPEC48299.2019.9057040>
- Martin, S., Gil, R., Diaz, G., Sancristobal, E., Castro, M., & Peire, J. (2008). From e-learning to m-learning through b-learning and s-learning. *2008 50th International Symposium ELMAR*, 2. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4747513/>
- Paavan Lakshmana Chowdary, S., Sai Teja, G., & Naga Mahesh, K. (2019). An IoT based smart garbage alert system. *Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2019, 2019-April*, 425–430. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2019.8862518>
- Qu, Z., & Qi, Y. (2008). Application of WAP PUSH in M-learning. *2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing*, 1. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5070084/>
- Shete, R., & Agrawal, S. (2016). IoT based urban climate monitoring using Raspberry Pi. *International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016*, 2008–2012. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754526>

- Sriyanka, & Patil, S. R. (2018). Smart Environmental Monitoring through Internet of Things (IoT) using RaspberryPi 3. *International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication, CTCEEC 2017*, 595–600. <https://doi.org/10.1109/CTCEEC.2017.8455056>
- Vishwakarma, S. K., Upadhyaya, P., Kumari, B., & Mishra, A. K. (2019). Smart Energy Efficient Home Automation System Using IoT. *Proceedings - 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages, IoT-SIU 2019*. <https://doi.org/10.1109/IOT-SIU.2019.8777607>
- Yamin, M., Al-Ismail, M., Gedeon, T., & Sankaranarayana, R. (2016). M-learning preferences and learning preferences. *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7724488/>
- Yel, M. B., & Sfenrianto, S. (2017). E-Learning model for equivalency education program in Indonesia. *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 2017-December*. <https://doi.org/10.1109/EECSI.2017.8239198>
- Zhao, X. (2006). An M-Learning System Model for the Taxi Driver. *2006 First International Symposium on Pervasive Computing and Applications*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4079179/>
- Zhuang, S., Hu, L., Xu, H., & Tian, Y. (2011). M-Learning Design Based on Personal Knowledge Management. *2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6116863/>