

**PROTOTIPO IOT PARA MONITOREAR VARIABLES AGROAMBIENTALES
DETERMINANTES EN LA PRODUCTIVIDAD DE FINCAS AGROPECUARIAS****IOT PROTOTYPE TO MONITOR DETERMINING AGRO-ENVIRONMENTAL
VARIABLES IN THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL FARMS**

MSc. Jhon E. Arango Trillos*, **Esp. Luís O. Ramírez Orellano****,
MSc. Darwin Navarro Pino**, **MSc. Miguel A. Rincón Pinzón****

***Centro Agroempresarial Regional Cesar**, Aguachica, Cesar, Colombia.

E-mail: elier_arango@misena.edu.co

****Universidad Popular del Cesar (UPC)**, Seccional Aguachica, Aguachica, Cesar,
Colombia

E-mail: {loramirez, darwinnavarro, miguelrincon}@unicesar.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3472-1223>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3844-3256>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9933-7708>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6827-5209>

Resumen: (IoT) es la sigla que describe “Internet Of Things” comúnmente llamado internet de las cosas, es una expresión utilizada para describir la necesidad de conectar todas las cosas (objetos físicos) a la red de internet convirtiéndose en parte fundamental para el desarrollo de las TIC. El propósito de la investigación fue implementar un prototipo IoT para monitorear variables agroambientales esenciales en la productividad de fincas agropecuarias. El desarrollo metodológico se fundamentó en el prototipo evolutivo cuyo objetivo es elaborar un prototipo rápido para hacer pruebas, retroalimentar y posteriormente hacer mejoras hasta afinarlo. Las fases metodológicas fueron: identificación de requerimientos y especificaciones técnicas, planeación y diseño, elaboración del prototipo, pruebas y ajustes. Los resultados de la investigación demostraron la posibilidad de monitorear en tiempo real las variables agroambientales identificadas desde cualquier parte donde haya conectividad, la identificación de los requerimientos técnicos, tecnológicos y de conexión a la red de los sistemas agropecuarios basados en estudios situacionales en la zona. El desarrollo del proyecto demostró la factibilidad y la relevancia que tiene para la mejora de la productividad agropecuaria la aplicación de tecnologías IoT en cada uno de los procesos.

Palabras claves: IoT, Prototipo, Variables físicas, Conectividad, Agroambientales

Abstract: (IoT) is the acronym that describes “Internet Of Things” commonly called internet of things, it is an expression used to describe the need to connect all things (physical objects) to the internet network becoming a fundamental part for the development of ICT. The purpose of the research was to implement an IoT prototype to monitor essential agro-environmental variables in the productivity of agricultural farms. The methodological development was based on the evolutionary prototype whose objective is to develop a fast prototype to test, provide feedback and subsequently make improvements until getting better of it. The methodological phases were: identification of requirements and technical specifications, planning and design, elaboration of the prototype, tests and adjustments. The results of the research demonstrated the possibility of monitoring in real time the agro-environmental variables identified from anywhere where there is connectivity, the identification of technical, technological and network connection requirements of agricultural systems based on situational studies in the area. The development of the project demonstrated the feasibility and relevance of the application of IoT technologies in each of the processes for improving agricultural productivity.

Keywords: IoT, Prototype, Physical variables, connectivity, agri-environmental

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la propuesta IoT es aprovechar las tecnologías emergentes para conectar objetos a un nodo central por medio de internet en cualquier instante. Las aplicaciones IoT ha sido tendencia extendiéndose desde el orden académico hasta lo industrial desde los más sencillos procedimientos hasta los que en marcan mayor complejidad, guardando las características de compatibilidad entre software y hardware y las tecnologías de estos (Pinzón, 2015). Ahora, IoT se ha trascendido tecnológicamente, tanto es que se ha convertido en una herramienta relevante en el que fundamente el desarrollo de la cuarta revolución industrias (Industria 4.0), acentuando para el caso del agro "la agricultura inteligente (Smart Agriculture) y que se define como el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones en la gestión localizada de cultivos o parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo, para aplicar el tratamiento adecuado en el momento justo" (Ramírez y Mazon, 2018, p.73).

Colombia es un país dependiente del agro en su estructura social y económica por la cual las equivocadas políticas agrarias implementadas han derivado en muchos problemas sociales (Ramírez, 2012). Sin embargo, estas políticas no son objeto de la presente investigación debido a nula gobernabilidad de esta variable, pero, se pueden plantear soluciones mediante la implementación de tecnologías para el mejoramiento productivo, disminuyendo la brecha tecnológica del agro en Colombia. El proyecto de investigación se desarrolló en Aguachica, municipio de vocación agropecuaria, agroindustrial y de comercio donde cada vez más se ve amenazada por fenómenos globales como el cambio climático (efecto de invernadero) que afecta de manera directa los renglones productivos más importantes de la región y finamente deteriorando la economía repercutiendo en el tejido social. (DNP y Gobernación del Cesar, 2011).

En busca de aportar a la solución de mejorar la productividad agropecuaria en la región mediante el uso de las nuevas tecnologías (emergentes), los grupos de investigación BIOSENA y GIDEATIC del centro Agroempresarial SENA regional Cesar y de la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica respectivamente, por medio del financiamiento de la estrategia SENNOVA se planteó implementar un prototipo IoT para monitorear variables agroambientales esenciales en la productividad de fincas agropecuarias.

IoT dispone de diferentes arquitecturas; para la esta investigación se planteó la arquitectura que describe la figura 1, adaptada de "Internet de las

cosas aplicado a la producción agropecuaria" (p.75), por (Vite et al., 2018), libro titulado "Análisis de datos agropecuarios", donde se identifican cuatro capas relacionadas: capa I: recepción o de sensores, capa II: dominio de red o transmisión, capa3: de abstracción de software o de middleware servicios y funciones y capa 4: dominio de las aplicaciones de usuario (Miao et al., 2010).

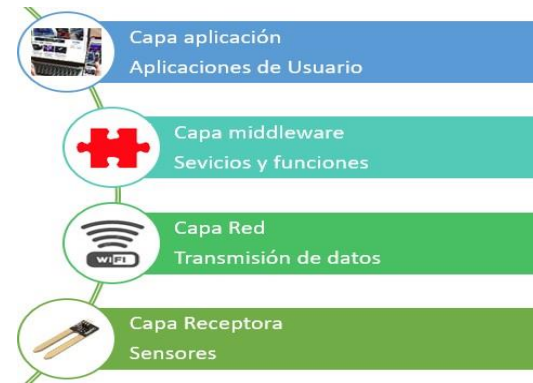


Fig. 1. Capas de abajo-arriba arquitectura IoT seleccionada

La primera capa, la receptora es donde se encuentran los dispositivos en campo conformados por los transductores (sensores y actuadores), micros, elementos electromagnéticos, electrónicos, mecatrónicos y mecánicos en general. En la segunda capa se encuentran los equipos de preprocesado y de conexión para la comunicación inalámbrica entre la red (WSN o RSI) y la plataforma IoT en la transmisión de información. Entre las tecnologías disponibles se tienen: LoRa, Bluetooth, zig-bee, Sigfox, wifi, Low Energy (BLE), entre otras (Quiñones et al., 2017). La tercera capa procesa y almacena la información, para este proceso se hay disponibles varias plataformas cloud computing con sus modelos y arquitecturas de servicio que integrados con IoT aportan a la solución minimizando las problemáticas de almacenamiento de información, proceso y de realizar los análisis y monitoreo de las variables agroambientales (Sethi y Sarangi, 2017). La cuarta y última capa es la de las aplicaciones, donde se hacen las interacciones con el usuario final por medio de una Interfaz Hombre-Maquina (HMI) para la entrega de información relevante (Barrientos et al., 2019).

2. METODOLOGÍA

Las metodologías de prototipado, en especial la de prototipado evolutivo experimental que se sustenta en entregables parciales de la solución inicial, con la intención de ir mejorando el entendimiento de los requerimientos del sistema en su totalidad; una característica fundamental de la metodología es la entrega rápida al cliente de un

prototipo de prueba, con el fin que este interactúe con él, la iteración cliente prototipo ayudará en la retroalimentación a identificar los requerimientos técnicos y tecnológicos con mayor precisión para llegar a una implementación óptima del prototipo (Basili, 1993, como se citó en Amatriain et al., 2016) llevándolo a un punto más refinado de operación para la identificación (Arango et al., 2018).

Según la metodología se desarrollaron las siguientes fases:

Identificación de requerimientos y especificaciones técnicas: Para el desarrollo de esta fase se considera determinar las necesidades de la actividad agropecuaria en la región, específicamente en la granja experimental del Centro Agropesquero SENA denominada “la Chinita” del municipio de Aguachica Cesar. En el documento informe elaborado por investigadores del CAE del área agropecuaria, se identificaron actividades de trabajo como: producción de especies menores y mayores, cultivos agrícolas, manejo de suelos, procesos de compostaje, vivero de especies nativos y arreglos silvopastoriles (Del Valle et al., 2017). De estas áreas de trabajo se listó una serie de variables relevantes para el desarrollo de actividades agropecuarias susceptibles de monitorear mediante IoT como son: la precipitación de lluvias (mm día-1), Temperatura (°C), Índice de la radiación emitida por el sol (MJ m-2 día-1), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), producción de metano y emisión de amoníaco (mg m3-1). La tabla 1 describe la relación actividad agropecuaria y las variables agroambientales.

Tabla 1: Relación de variables a monitorear dependiendo de la actividad agropecuaria

Actividad	precipitación	Temperatura	Radiación solar	Humedad Relativa	Velocidad del viento	Metano	Amoníaco
Producción especies menores	X	X	X				X
Producción especies mayores		X	X				X
Cultivos agrícolas	X	X	X	X	X		
Manejo de suelos	X	X		X	X		
Proceso compostaje		X	X	X			X
Arreglos silvopastoriles	X	X	X	X	X		

El estudio de necesidad de las actividades agro finalizó con la identificación de variables físicas agroambientales, esta identificación permitió a los investigadores del área de las TIC de los grupos de investigación BIOSENA y GIDEATIC definir las especificaciones y requerimientos

tecnológicos para la construcción del prototipo IoT basados en las características particulares del área agro y de la accesibilidad a las redes disponibles en la finca para determinar los requerimientos tanto funcionales como no funcionales como sigue: dentro de los funcionales, se identificaron las lecturas de magnitudes físicas, su almacenamiento, control de actuadores, capacidad de funcionar offline, acceso a la aplicación, escalabilidad, notificación, y presupuesto de puesta en marcha y mantenimiento del prototipo. Para los no funcionales se determinó la seguridad, portabilidad, usabilidad, rendimiento y desempeño.

Planeación y diseño: el paradigma IoT puede llegar a ser considerado un compuesto de diversas y abundantes tecnología emergentes y con la intención de garantizar el logro de objetivos de la investigación, se elaboró un análisis documental para identificar y seleccionar la arquitectura que permitiera utilizar un lenguaje común. La revisión permitió determinar en primer lugar la arquitectura IoT, que para el presente estudio se estableció utilizar una de cuatro capas como se muestra en la figura 1, segundo, las necesidades de hardware, software, conectividad y plataformas partiendo de los requerimientos funcionales y no funcionales para su desarrollo, definiendo la arquitectura o modelo a seguir de manera clara y entendible tanto para los desarrolladores como los usuarios, los componentes necesarios que permitieron conformar las diferentes capas o dominios de la arquitectura IoT del prototipo ilustrada en la figura 2, y adaptada de “Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications” (p.2), por (Sethi y Sarangi, 2017), Journal of Electrical and Computer Engineering, v. 2017.

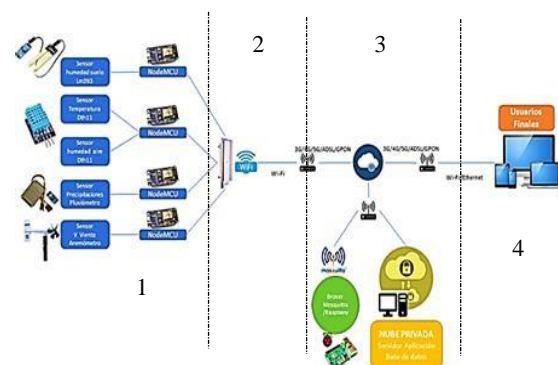


Fig. 2. Arquitectura IoT desarrollada en el proyecto. 1. dominio de sensores, 2. Dominio de red, 3. Dominio middleware y 4. Dominio de aplicación.

Elaboración del prototipo: tomando como base la arquitectura propuesta de 4 capas, se seleccionan los objetos físicos necesarios para la primera capa cuyo propósito es recopilar

información de las variables físicas, a través de placas de desarrollo como Arduino con módulos basados con chip ESP 8266 o NodeMCU logrando la gestión dicha información (Muñoz, 2020). Para intercambiar los datos entre la red de sensores inalámbricos denominados objetos inteligentes con el bróker se mantiene una comunicación fluida de los mismos a través de una conexión Wi-Fi 802.11n, por otra parte, los datos son transmitidos por el bróker al servidor para ser recopilados en la base de datos (Amaguaya, 2020). Para prototipar los objetos inteligentes se utilizó NodeMCU SoC ESP 8266 con un microcontrolador de 32 bit de bajo consumo con lo cual se logró un bajo costo y sencillez en su construcción (Raijada et al., 2019).

Para la adquisición y medición de las variables físicas definidas para el sistema IoT se utilizaron sensores entre los cuales se describen a continuación: para la medición térmica y la humedad en el aire (sensor DTH22), sensor para Humedad del suelo, la velocidad, direccionamiento del viento y cantidad de lluvia (precipitación) una estación meteorológica.

El entorno de desarrollo integrado de Arduino (IDE) fue el utilizado para programar la placa NodeMCU (Minchev y Dimitrov, 2018). La transmisión de los datos se hace por la misma placa NodeMCU, en esta se brinda una banda de frecuencias para trabajar de uso libre entre 5 y 2.4 GHz dispuesta por un módulo Wi-Fi 802.11 b/g/n que alcanza velocidades máximas de 150 Mbps, por lo que fue necesario, construir una red inalámbrica con Access point enlazados entre si como en una topología Mesh (Gupta et al., 2021).

Fue necesario identificar a los agentes externos comerciales proveedores de servicios de Internet (ISP) y su disponibilidad de conectividad en la región, en particular la zona rural donde se desarrolló el estudio arrojó que predominan los que dan cobertura por medio de tecnologías inalámbricas como LTE/4G/3G para celulares, para mejorar la calidad de la conexión se instaló un modem/router MIFI Alcatel 4GLTE LINK ZONE en el cual se inserta una SIM del ISP de la zona que permite tener accesibilidad a internet. Para conectar los servidores de la nube privada que se implementó, se encontró que los ISP tenían cobertura en tecnologías GPON en canales en fibra óptica que ofrecen conexiones más rápidas y estables.

Para la capa middleware se construyó una nube privada para conectar el servidor mariaDB para la base de datos, y el de la aplicación web para el usuario final, en el caso del broker MQTT se

utilizó Mosquitto instalado sobre una placa de desarrollo de bajo costo Raspberry Pi (Roza et al., 2020), para el cual se proponen dos ubicaciones diferentes según la disponibilidad de conectividad.

En la figura 2, la topología ubica el bróker en la misma red de los objetos inteligentes, la figura 3, muestra el bróker ubicado en la nube privada.

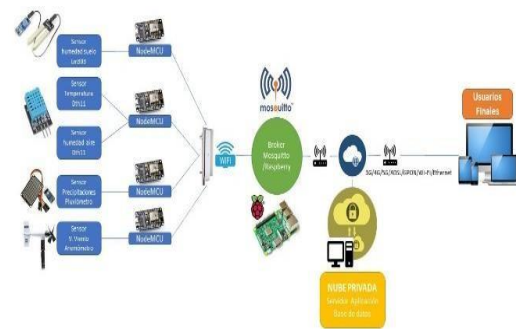


Fig. 3. Topología con el bróker en la nube privada.

Los dispositivos electrónicos disponibles para la aplicación del usuario final (Front-end) se resumen en PC, Tablet y Smartphone que para la cual se debe contar el navegador web o la APP cliente para aquellos equipos que disponen de sistema operativo Android, la aplicación les entrega a los usuarios información recolectado por los diversos sensores para monitorear en tiempo real. La aplicación corre sobre un servidor Web Nginx, se programó bajo lenguajes como javaScript, HTML, Python, Php; framework Flask se utilizó para acelerar el desarrollo (Aguilera et al., 2021; Machado y Coto, 2017).

3. RESULTADOS

El principal resultado del estudio fue el prototipo electrónico IoT que permite censar en tiempo real diversas magnitudes agroambientales; la figura 4 adaptada de “Experiencias de Análisis de Consumo Energético en Redes de Sensores” (p.873), por (Medina et al., 2019) muestra como están construido los objetos inteligentes, del cual, se puede resaltar que gracias al uso de plataformas de desarrollo hardware, las conexiones electrónicas se simplifican y se generalizan para la mayoría de los sensores.

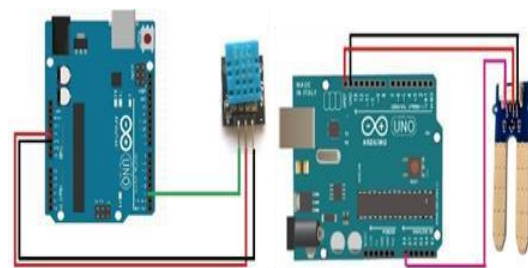


Fig. 4. Diagrama de conexiones del objeto IoT

La figura 5 muestra los objetos inteligentes instalados en sitio, los cuales se conectan directamente a un radio Wi-Fi que conforma la WLAN, este radio se seleccionó por sus características de potencia de transmisión y nivel recepción, además, en el caso que se requiera aumentar la cobertura en una finca de gran extensión tiene la posibilidad de implementar una topología mesh.



Fig. 5. Estación meteorológica instalada en la finca para monitoreo de variables físicas por medio IoT

Los objetos inteligentes fueron programados para recolectar los datos y enviarlos al bróker Mosquitto, el cual, según las opciones de conectividad a la internet de la región puede ser instalado del lado de la WLAN de la finca, y de esta manera tener la posibilidad de funcionar offline con capacidades limitadas, o colocar el bróker en la misma infraestructura de nube privada como muestran las figuras 2 y 3.

Durante el estudio se revisaron tecnologías como Sigfox y LoRa, aunque son una buena opción en lugares donde no existe disponibilidad de proveedores de internet se optó por la implementación de redes WLAN Wi-Fi por su accesibilidad y bajo costo.

Al broker se suscribe el servidor de base de datos, para ello, se construyó un script en Python para realizar esta tarea como se muestra en la figura 6.

```
from flask_mqtt import Mqtt
from flask_socketio import SocketIO

eventlet.monkey_patch()

app = Flask(__name__)
app.config['TEMPLATES_AUTO_RELOAD'] = True
app.config['MQTT_BROKER_URI'] = '192.168.1.64'
app.config['MQTT_BROKER_PORT'] = 1883
app.config['MQTT_USERNAME'] = 'biosena'
app.config['MQTT_PASSWORD'] = 'gideatic'
app.config['MQTT_KEEPALIVE'] = 5
app.config['MQTT_ILS_ENABLED'] = False
app.config['MQTT_CLEAN_SESSION'] = True
```

Fig. 6. Programación en el IDLE de Python para gestionar la comunicación del Broker con la aplicación Web

Una vista de la aplicación IoT se puede observar en la figura 7, aquí los usuarios pueden acceder a mediciones en tiempo real y a la data histórica recolectada, la toma de datos se hizo a una frecuencia determinada por las características de la misma variable agroambiental y se define en la programación y no es dependiente de la aplicación IoT.

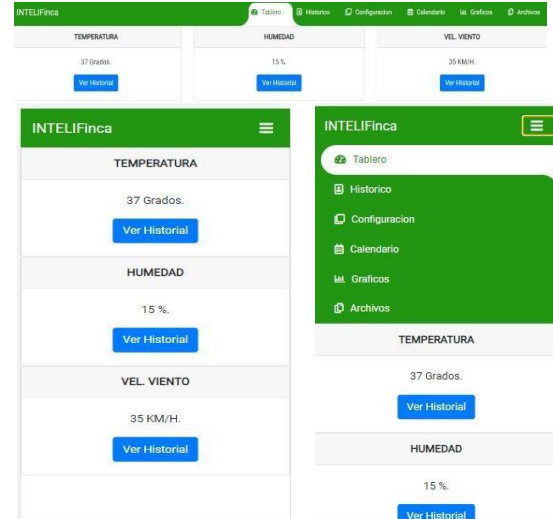


Fig. 7. Aplicación IoT del usuario final.

4. RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a DIOS por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA (SENNOVA) quien financió el proyecto, al Centro Agroempresarial Regional Cesar (CAE) por canalizar los recursos, dirigir y administrar su ejecución aportando talento humano experto vinculado al Grupo de Investigación en Desarrollo Empresarial, Tecnologías y Ciencias Agrarias (BIOSENA) para el desarrollo de objetivos del área agropecuaria y tecnológicas, a la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica (UPC) que desde el Grupo de Investigación en Desarrollo y Aplicación de Tecnologías de Información y la Comunicación (GIDEATIC) dispuso talento humano experto en el área de sistemas y tecnologías IoT para el desarrollo del proyecto.

5. CONCLUSIONES

Finalmente, los resultados obtenidos confirman que a través del desarrollo de la investigación se demostraron que para la construcción de sistemas IoT ajustables a las necesidades particulares y de bajo costo es suficiente usar de manera integral las plataformas de desarrollo tecnológicas a nivel de hardware y software. Se aclara que en esta investigación por razones de: flexibilidad, de evitar restricciones que existen cuando se operan servicios cloud computing, un control total y poder valorar otras tecnologías permitiendo mantener en

operación la infraestructura construida se implementó una nube privada. Ahora, para instalación de servidores con aplicaciones, bases de datos para el almacenamiento de información y el bróker se recomienda contar con una nube pública de tipo IaaS.

Las personas que desarrollan soluciones con base en IoT se encuentran con una limitante recurrente e importante en el país y es encontrar una cobertura de conectividad de características óptimas como de alta velocidad y disponibilidad. Esta dificultad puede mitigarse con este tipo de sistemas gracias a que requieren bajo consumo energético y baja transferencia de datos.

La energía que alimenta los circuitos fue suministrada por medio de pequeños paneles solares y baterías que se instalaron en los módulos de recolección de la información, esta alimentación de los circuitos puede suministrar una autonomía de aproximadamente 2 meses por carga lo que indica que el dispositivo nunca va a descargar totalmente la batería siempre y cuando el sistema de suministro energético solar se mantenga en correcto funcionamiento.

La posibilidad de mantener en operación por un largo plazo en el tiempo dado en años para capturar y almacenar una data genera la alternativa de que la aplicación IoT pueda predecir e identificar microclimas a partir del análisis de datos y, hacer recomendaciones acerca de los mejores tiempos para cada actividad agropecuaria, entre otras que permitan minimizar riesgos y contribuya al mejoramiento de la productividad agropecuaria.

REFERENCIAS

- Aguilera, L., Rodríguez, L., & González, H. (2021). Internal Configurations for the Hardening Security in Nginx Resumen. *Telemática*, 20(1), 12–26.
- Amaguaya, R. (2020). *Escuela politécnica nacional*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Amatriain, H., Baldizzoni, E., Martins, S., Bianco, S., Diez, E., & García, R. (2016). FORMULACIÓN DE UN MODELO DE PROCESO PARA INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO. In *XVIII Workshop de Investigadores En Ciencias de La*
- Computación, 553–556.
- Arango, J., Durán, C., Lizarazo, J., & Duarte, J. (2018). Revista colombiana de tecnologías de avanzada. *Revista Colombiana De Tecnologías De Avanzada (Rcta)*, 1(29), 81–91.
http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinve/s/index.php/RCTA/article/view/2490/1246
- Barrientos, E., Rico, D., Coronel, L., & Cuesta, F. (2019). Granja inteligente: Definición de infraestructura basada en internet de las cosas, IPv6 y redes definidas por software. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, E17, 15.
- Del Valle, R., Arango, J., Orozco, J., & Roper, J. (2017). SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO CON *Leucaena leucocephala* Y PASTOS MEJORADOS (*Panicum máximum*) PARA LA PRODUCCIÓN OVINO-CAPRINO. *INNOCAE*, 1, 5–16.
<http://revistas.sena.edu.co/index.php/innocae/article/view/3167/3653>
- Departamento Nacional de Planeación, & Gobernación del Cesar. (2011). *Cesar Caribe 2032: Un departamento en crecimiento*. 83.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/DesarrolloTerritorial/VISIONCESAR.pdf>
- Gupta, V., Khera, S., & Turk, N. (2021). MQTT protocol employing IOT based home safety system with ABE encryption. *Multimedia Tools and Applications*, 80(2), 2931–2949.
<https://doi.org/10.1007/s11042-020-09750-4>
- Machado, E., & Coto, H. (2017). Sistema de adquisición de datos con Python y Arduino. *Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 3(October 2017), 3.
https://www.researchgate.net/publication/321184191_Sistema_de_adquisicion_de_datos_con_Python_y_Arduino
- Medina, S., Romero, F., De Giusti, A., & Tinetti, F. G. (2019). Experiencias de Análisis de Consumo Energético en Redes de Sensores. *XXV Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC) (Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 14 Al 18 de Octubre de 2019)*, 868–878.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/91138/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

- Miao, W., Ting, L., Fei, L., Jing, S., & Hui, Y. (2010). Research on the application-driven architecture in internet of things. *ICAETE*, 293, 458–465. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-722-1-458>
- Minchev, D., & Dimitrov, A. (2018). Home automation system based on ESP8266. *2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA)*, 1–4.
- Muñoz, A. (2020). *DESPLIEGUE DE UNA RED DE SENSORES BASADA EN CHIPS ESP-8266* (Vol. 8) [UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID]. https://eprints.ucm.es/59217/1/ALDA_MARTIN_MUNOZ_TFM_final_ALDA_MARTIN_4286349_13984931.pdf
- Pinzón, D. (2015). Panorama de Aplicación de Internet de las Cosas (IoT) [Universidad Santo Tomás]. In *Universidad Santo Tomás*. [https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/672/Panorama de aplicacion de internet de las cosas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/672/Panorama%20de%20aplicacion%20de%20internet%20de%20las%20cosas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Quiñones, M., González, V., Jumbo, M., & Torres, R. (2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas. *Enfoque UTE*, 8(1), 329–343. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- Raijada, A., Vijay, T., & Mansi, M. (2019). A New Usability of ESP-8266 as an Internet Accessing Device under IOT. *The Journey of Indian Languages: Perspectives on Culture and Society*, 2(August), 282–288.
- Ramirez, C. (2012). EL PROBLEMA AGRARIO EN COLOMBIA: CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES. *Econografos Escuela de Administración y Contaduría Pública*, 20.
- Ramírez, I., & Mazon, B. (2018). Análisis dedatos agropecuarios. In *Universidad Técnica de Machala (UTMACH)*.
- Rozo, M., Acevedo, P., Ramírez, J., Moreno, F., Puerto, K., & Sanchez, K. (2020). DISEÑO DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN DE BAJO COSTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN SISTEMA HIDRÁULICO. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 3, 63–71.
- Sethi, P., & Sarangi, S. (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9324035>
- Vite, H., Vargas, O., Vargas, L., & Vargas, J. (2018). *Internet De Las Cosas Aplicado a La Producción Agropecuaria* (Grupo Comp, Issue 22).