

ISSN: 2518-489X



Revista Utesiana de la Facultad de
ARQUITECTURA E INGENIERÍA

Trabajos de investigación

Volumen IV, número IV

WWW.UTESA.EDU

REVISTA UTESIANA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

COMITÉ EDITORIAL

Director: Francisco Orgaz Agüera

Vicerrector de Producción e Investigación Científica
Universidad Tecnológica de Santiago (República Dominicana)
E-mail: franorgaz@utesa.edu

CONSEJO CIENTÍFICO ASESOR Y REVISOR

Raúl Toribio Silverio, Universidad Tecnológica de Santiago
Mario Castellanos Verdugo, Universidad de Sevilla (España)
José Luís Álvarez, Universidad Tecnológica de Santiago
Sebastián Germoso García, Universidad Tecnológica de Santiago
Tomás López-Guzmán, Universidad de Córdoba (España)
Salvador Moral Cuadra, Universidad Tecnológica de Santiago
Juan Antonio Jimber del Río, Universidad de Córdoba
Pablo Cañero Morales, Universidad de Córdoba
José Castillo Jáquez, Universidad Tecnológica de Santiago
Atuey Martínez Durán, Universidad Tecnológica de Santiago
Roberto Gómez, Ministerio de Medio Ambiente (Rep. Dom.)
Carlos Felipe Cabrera, Universidad Tecnológica de Santiago
Vladimir Rodríguez Núñez, Universidad Tecnológica de Santiago
José Díaz Rodríguez, Universidad Tecnológica de Santiago
José. F. Domínguez, Universidad del Caribe (México)
Edwin Marte, Universidad Tecnológica de Santiago
Reymi Then, Universidad Tecnológica de Santiago
Manuel A. Ribeiro, Universidad de Surrey (Reino Unido)
Rafael F. Vargas Martínez, Universidad Tecnológica de Santiago
Huáscar Frías Vilorio, Universidad Tecnológica de Santiago

REVISTA UTESIANA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

ISSN: 2518-489X

Revista de distribución web (Edición Digital)

Edita:

Vicerrectoría de Producción e Investigación Científica
Universidad Tecnológica de Santiago (República Dominicana)
809 582 7156, Ext. 365
investigaciones@utesa.edu
www.utesa.edu

Periodicidad:

Anual (abril)

Bases de datos:

La Revista Utesiana de la Facultad Ciencias de la Salud se encuentra indexada en el Directorio de Latindex y en Google Académico. Actualmente está en evaluación en otras bases de datos.

GUÍA PARA AUTORES

El contenido de la Revista Utesiana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería versará sobre temas de investigación originales vinculados a las siguientes carreras de Ingeniería: Civil, Eléctrica, Electrónica, Sistemas Computacionales, Mecánica e Industrial. También, sobre Arquitectura. La estructura del artículo debe constar, como mínimo, de las siguientes partes: título; nombre, afiliación y correo electrónico de los autores; resumen y palabras clave en español e inglés; introducción; materiales y métodos; resultados y discusión; conclusiones; y bibliografía.

Las comunicaciones enviadas deberán cumplir con las siguientes normas y estructura:

- Extensión del artículo: 5.000 – 7.000 palabras.
- Resumen: no superar las 500 palabras.
- Palabras clave: 5 – 8 palabras.
- No hay máximo de autores.
- Márgenes: 2.5 cm en todos los lados.
- Interlineado: Simple.
- Fuente: Arial, 10 puntos (el título en tamaño 12).
- Títulos de la estructura del texto: Mayúscula y negrita.
- Las tablas, gráficos y figuras deberán ir insertadas en el texto, junto a un título en la parte superior y una fuente en la parte inferior.
- Citas: Modelo APA 2017 (sexta edición) o posteriores.

El incumplimiento de estas normas puede provocar el rechazo del artículo.

Se requiere el compromiso de los autores tanto en la originalidad del artículo como de no enviar el texto, simultáneamente, a otras revistas para su publicación. Los autores serán los únicos responsables de las afirmaciones y declaraciones incluidas en su texto.

Los artículos serán enviados por correo electrónico: **investigaciones@utesa.edu** en formato Word. Los artículos recibidos se someterán a un proceso de revisión por pares anónimos. Los resultados de la evaluación serán remitidos al autor mediante correo electrónico.

ÍNDICE

- Calidad de aire de las ciudades y salud. Una revisión de la literatura** 10
Ortíz Núñez, R.E.
- La realidad virtual como herramienta educativa para la enseñanza de las ciencias morfológicas** 16
Cuello Díaz, E.A., & Castillo Beard, L.A.
- Cultivos forrajeros para mitigar el efecto de la sequía en la ganadería. Una revisión de la literatura** 24
Martínez Durán, A.J.
- Sistema de control de acceso con encriptación AES a 128 BITS** 34
Gómez Collado, C.O., & Suárez Marina, P.A.

Citar este artículo como: Ortíz, R. (2019). Calidad de aire de las ciudades y salud. Una visión de la literatura. *Revista Utesiana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería*, 4(4), 10-15.

CALIDAD DE AIRE DE LAS CIUDADES Y SALUD. UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Ramón Eriberto Ortíz Núñez¹
Universidad Tecnológica de Santiago

RESUMEN: La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, bien sea en los países desarrollados o en los países en desarrollo. Este ensayo pretende resaltar los principales avances científicos de la relación existente entre la calidad del aire en las ciudades y sus efectos en la salud de la población. Se ha evidenciado, en la literatura científica, que la contaminación del aire y sus impactos son menos graves en los países desarrollados que en los países en desarrollo; por lo tanto, se debe prestar más atención a los países en desarrollo emergentes, como República Dominicana, donde se ubican varias ciudades en desarrollo, muy pobladas y dinámicas.

Palabras clave: contaminación, calidad de aire, ciudades, revisión de la literatura.

ABSTRACT: Air pollution represents a significant environmental risk to health, either in developed countries or in developing countries. This essay aims to highlight the main scientific advances in the relationship between air quality in cities and their effects on the health of the population. It has been evidenced in the scientific literature that air pollution and its impacts are less serious in developed countries than in developing countries; therefore, more attention should be given to emerging developing countries, such as the Dominican Republic, where several developing, highly populated and dynamic cities are located.

Key words: pollution, air quality, cities, literature review.

¹ Profesor-investigador de la Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA). Autor para correspondencia: ingramonortiz@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, bien sea en los países desarrollados o en los países en desarrollo (OMS, 2018). En este sentido, este ensayo pretende resaltar los principales avances científicos de la relación existente entre la calidad del aire en las ciudades y sus efectos en la salud de la población. Así, los principales impactos en la salud asociados con la contaminación del aire están relacionados con el material particulado (PM), y se manifiestan en zonas urbanas densamente pobladas (Ortíz *et al.*, 2017), donde el componente principal es de naturaleza antrópica (Querol *et al.*, 2012).

DESARROLLO

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI (Reyes *et al.*, 2016). La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente (Chen *et al.*, 2013). La exposición a la contaminación atmosférica está presente en todos los lugares, especialmente en los sitios urbanos, y puede afectar a toda la población a lo largo del ciclo vital (De Sario *et al.*, 2013). Múltiples estudios y revisiones sistemáticas han catalogado la contaminación atmosférica como una causa establecida de morbilidad y mortalidad, lo cual ha posibilitado el establecimiento de políticas de calidad del aire dentro de los países (Ubilla y Yohannessen, 2017). No obstante, gran parte de la población mundial continúa viviendo en zonas con deficiente calidad del aire y debido a los cambios en las tecnologías de combustión, los combustibles y la producción industrial, posiblemente la toxicidad de la contaminación del aire se vea afectada, así como la exposición de las personas (Ubilla y Yohannessen, 2017).

Los efectos en la salud de la PM están especialmente bien documentados, con una distinción entre dos tipos de efectos, a corto y largo plazo. Existen estudios que vinculan la exposición a PM con un mayor riesgo de muerte. Así, se ha comprobado que una de las principales causas de mortalidad asociadas con la exposición prolongada a PM son algunos tipos de cáncer (Beelen *et al.*, 2008), enfermedades cardiovasculares (Brook *et al.*, 2010), enfermedades respiratorias (Kim *et al.*, 2012), diabetes (Brook *et al.*, 2008), el desarrollo neurológico en niños (Freire *et al.*, 2010) y los trastornos neurológicos en adultos (Ranft *et al.*, 2009); todo esto incrementa el riesgo de muerte (Crouse *et al.*, 2012).

También, hay numerosos estudios que asocian la exposición a corto plazo a la PM (PM₁₀ y PM_{2.5}) con la morbilidad y la mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares (Rückerl *et al.*, 2011), detectándose un efecto mayor en adultos mayores (Jiménez *et al.*, 2010), aunque también hay efectos en la población infantil (Linares y Díaz, 2009). Además, los niveles de PM se han

asociado a corto plazo con variables de nacimiento adversas, incluida la mortalidad fetal (Arroyo *et al.*, 2016).

West *et al.* (2013) encontraron que una disminución de la contaminación del aire daría lugar a millones de muertes prematuras menos en todo el mundo. McCollum *et al.* (2013) encontraron que los esfuerzos de reducción de carbono podrían reducir los impactos a la salud. Un estudio en los Estados Unidos mostró que la mitigación del clima podría prevenir más de 10,000 muertes prematuras en 2050 y 5000 muertes en 2100, debido a una mejora en la calidad del aire. Yang y Teng (2017) descubrieron que si China reduce su intensidad de emisiones de carbono de 2005 en un 60–65%, en comparación con los niveles de 2010, las emisiones de dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y PM2.5 se reducirán en un 78.85%, 77.56% y 83.32%, respectivamente, para 2030.

La exposición a contaminantes nocivos como partículas (PM10, PM2.5) y dióxido de nitrógeno (NO2), provenientes del transporte, industriales, domésticas, agrícolas y naturales, puede reducir la vida saludable y la esperanza de vida a través del aumento de los riesgos de enfermedades cardíacas y accidentes cerebrovasculares, enfermedades respiratorias, cáncer de pulmón y otras afecciones (Brunt y Jones, 2019). Por ejemplo, en Reino Unido se estiman 40,000 muertes tempranas debidas a la contaminación del aire cada año (Brunt y Jones, 2019).

CONCLUSIONES

La mejora de la salud constituye una fracción sustancial de los beneficios potenciales, junto con los costos de adaptación evitados y el daño residual. La cuantificación de los impactos colaterales de la calidad del aire en las ciudades puede convencer a los formuladores de políticas y al público para que formulen estrategias integradas de mitigación y ajusten sus estilos de vida hacia una sociedad verde y baja en carbono (Xie *et al.*, 2016). Sin embargo, los contaminantes del aire dependen en gran medida de las condiciones socioeconómicas y los objetivos de mitigación del clima (Xie *et al.*, 2018).

Para abordar estas incertidumbres, la comunidad de investigación ha realizado grandes avances en el desarrollo de la próxima generación de escenarios (Moss *et al.*, 2010), si bien, y a diferencia de los Estados Unidos y Europa (Samoli *et al.*, 2013), se han realizado pocos estudios en el Caribe. Hasta la fecha, no existen estudios de la contaminación del aire en ciudades de República Dominicana y su relación con los problemas de salud en el país. Así, la contaminación del aire y sus impactos son menos graves en los países desarrollados que en los países en desarrollo; por lo tanto, se debe prestar más atención a los países en desarrollo emergentes (Xie *et al.*, 2018), como República Dominicana, donde se ubican varias ciudades en desarrollo, muy

pobladas y dinámicas. En definitiva, se deben ampliar las investigaciones científicas para conocer el problema a profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

Arroyo, V., Díaz, J., Ortiz, C., Carmona, R., Sáez, M., & Linares, C. (2016). Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). *Environmental Research*, 145, 162-168.

Beelen, R., Hoek, G., van Den Brandt, P. A., Goldbohm, R. A., Fischer, P., Schouten, L. J., & Brunekreef, B. (2007). Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environmental Health Perspectives*, 116(2), 196-202.

Brook, R. D., Jerrett, M., Brook, J. R., Bard, R. L., & Finkelstein, M. M. (2008). The relationship between diabetes mellitus and traffic-related air pollution. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 50(1), 32-38.

Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., & Peters, A. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.

Brunt, H., & Jones, S. J. (2019). A pragmatic public health-driven approach to enhance local air quality management risk assessment in Wales, UK. *Environmental Science & Policy*, 96, 18-26.

Chen, Y., Hu, W., Huang, B., Weindorf, D. C., Rajan, N., Liu, X., & Niedermann, S. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 98, 324-330.

Crouse, D. L., Peters, P. A., van Donkelaar, A., Goldberg, M. S., Villeneuve, P. J., Brion, O., & Brauer, M. (2012). Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 708-714.

De Sario, M., Katsouyanni, K., & Michelozzi, P. (2013). Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe. *European Respiratory Journal*, 42(3), 826-843.

Freire, C., Ramos, R., Puertas, R., Lopez-Espinosa, M. J., Julvez, J., Aguilera, I., ... & Olea, N. (2010). Association of traffic-related air pollution with cognitive development in children. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 64(3), 223-228.

Jiménez, E., Linares, C., Martínez, D., & Díaz, J. (2010). Role of Saharan dust in the relationship between particulate matter and short-term daily mortality among the elderly in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 408(23), 5729-5736.

Kim, S. Y., Peel, J. L., Hannigan, M. P., Dutton, S. J., Sheppard, L., Clark, M. L., & Vedal, S. (2012). The temporal lag structure of short-term associations of fine particulate matter chemical constituents and cardiovascular and respiratory hospitalizations. *Environmental Health Perspectives*, 120(8), 1094-1099.

Linares, C., & Díaz, J. (2009). [Impact of particulate matter with diameter of less than 2.5 microns [PM_{2.5}] on daily hospital admissions in 0-10-year-olds in Madrid. Spain [2003-2005]]. *Gaceta sanitaria*, 23(3), 192-197.

McCollum, D. L., Krey, V., Riahi, K., Kolp, P., Grubler, A., Makowski, M., & Nakicenovic, N. (2013). Climate policies can help resolve energy security and air pollution challenges. *Climatic change*, 119(2), 479-494.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Van Vuuren, D. P., & Meehl, G. A. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747.

OMS (2018). *Calidad del aire y salud*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Información disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Ortíz, C., Linares, C., Carmona, R., & Díaz, J. (2017). Evaluation of short-term mortality attributable to particulate matter pollution in Spain. *Environmental Pollution*, 224, 541-551.

Querol, X. (2012). *Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire* (No. 504 507). e-libro, Madrid, España: CSIC.

Ranft, U., Schikowski, T., Sugiri, D., Krutmann, J., & Krämer, U. (2009). Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly. *Environmental Research*, 109(8), 1004-1011.

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66-77.

Rückerl, R., Schneider, A., Breitner, S., Cyrys, J., & Peters, A. (2011). Health effects of particulate air pollution: a review of epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology*, 23(10), 555-592.

Samoli, E., Stafoggia, M., Rodopoulou, S., Ostro, B., Declercq, C., Alessandrini, E., ... & Pandolfi, P. (2013). Associations between fine and coarse particles and mortality in Mediterranean cities: results from the MED-PARTICLES project. *Environmental health perspectives*, 121(8), 932-938.

Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118.

West, J. J., Smith, S. J., Silva, R. A., Naik, V., Zhang, Y., Adelman, Z., & Lamarque, J. F. (2013). Co-benefits of mitigating global greenhouse gas emissions for future air quality and human health. *Nature climate change*, 3(10), 885.

Xie, R., Sabel, C. E., Lu, X., Zhu, W., Kan, H., Nielsen, C. P., & Wang, H. (2016). Long-term trend and spatial pattern of PM_{2.5} induced premature mortality in China. *Environment international*, 97, 180-186.

Xie, Y., Dai, H., Xu, X., Fujimori, S., Hasegawa, T., Yi, K., & Kurata, G. (2018). Co-benefits of climate mitigation on air quality and human health in Asian countries. *Environment international*, 119, 309-318.

Yang, X., & Teng, F. (2018). Air quality benefit of China's mitigation target to peak its emission by 2030. *Climate Policy*, 18(1), 99-110.

Recibido: 04/04/2019

Reenviado: 12/04/2019

Aceptado: 19/04/2019

Sometido a evaluación de pares anónimos

Citar este artículo como: Cuello Díaz, E.A., & Castillo Beard, L.A. (2019). La realidad virtual como herramienta educativa para la enseñanza de las ciencias morfológicas. *Revista Utesiana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería*, 4(4), 16-23.

LA REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MORFOLÓGICAS

Elizabeth A. Cuello Díaz²

Universidad Tecnológica de Santiago

Luis A. Castillo Beard³

Universidad Tecnológica de Santiago

RESUMEN: La formación profesional, de manera particular la medicina, ha sido impactada por un nueva herramienta didáctica tecnológica, la cual permite la visualización inédita en una nueva forma de ver las cosas como si fueran reales, que resulta de la combinación funcional inmersiva y simultánea de lo real con lo virtual, donde confluyen las personas con los objetos en un escenario de enseñanza-aprendizaje heurísticos, dentro del cual el estudiante tiene facilidad de descubrir, inventar, resolver y crear estrategias para resolver problemas que permitan un aprendizaje eficaz. Este ensayo pretende explorar en la literatura científica el uso de la realidad virtual como herramienta educativa para la enseñanza de las ciencias morfológicas. En este sentido, la literatura pone de manifiesto que el uso de la realidad virtual como modelo educativo en la enseñanza de la carrera de medicina en la República Dominicana, podría mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante de ciencias morfológicas en la carrera de medicina, a la vez que se superan los obstáculos (de costo, riesgos de salud, higiene, conservación, mantenimiento, invariabilidad de los simuladores sintéticos, entre otros) producidos por los métodos de enseñanza tradicionales.

Palabras clave: Medicina, enseñanza, realidad virtual, revisión de la literatura.

ABSTRACT: Professional training, particularly medicine, has been impacted by a new technological didactic tool, which allows unprecedented visualization in a new way of seeing things as if they were real, resulting from the immersive and simultaneous functional combination of the real with the virtual, where people converge with objects in a heuristic teaching-learning scenario, within which the student has the ability to discover, invent, solve and create strategies to solve problems that allow effective learning. This essay aims to explore in the scientific literature the use of virtual reality as an educational tool for the

² Profesora de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería, y de la Facultad Ciencias de la Salud, de la Universidad Tecnológica de Santiago. Autora para correspondencia: ely.cuello@utesa.edu.

³ Profesor y director de la carrera de Psicología de la Universidad Tecnológica de Santiago.

teaching of morphological sciences. In this sense, the literature shows that the use of virtual reality as an educational model in the teaching of medicine in the Dominican Republic, could improve the teaching-learning process of the student of morphological sciences in the medical career , while overcoming obstacles (cost, health risks, hygiene, preservation, maintenance, invariability of synthetic simulators, among others) produced by traditional teaching methods.

Key words: Medicine, teaching, virtual reality, literature review.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la formación profesional, de manera particular la medicina ha sido impactada por un nueva herramienta didáctica tecnológica, la cual permite la visualización inédita en una nueva forma de ver las cosas como si fueran reales, que resulta de la combinación funcional inmersiva y simultánea de lo real con lo virtual, donde confluyen las personas con los objetos en un escenario de enseñanza-aprendizaje heurísticos, dentro del cual el estudiante tiene facilidad de descubrir, inventar, resolver y crear estrategias para resolver problemas que permitan un aprendizaje eficaz.

Los estudiantes de la Carrera de Medicina tienen la obligatoriedad de realizar prácticas clínicas, y/o laboratorios durante el desarrollo de su carrera, susceptibles de ser desarrolladas en base a tres variantes: a) la utilización de cadáveres, viseras y elementos óseos; b) modelos anatómicos sintéticos; c) el uso de simuladores clínicos, herramientas y aplicaciones tecnológicas. Aunque los métodos de enseñanza tradicional o convencional acercan más al estudiante con la realidad clínica, sin embargo, esta metodología implica la exposición del estudiante y el docente a los conocidos riesgos biológicos y químicos. Y además las implicaciones éticas que estos acarrear en nuestros tiempos.

Los modelos sintéticos (silicona o de polímero) que reflejan las estructuras anatómicas humanas tienen como desventaja que no transmiten necesariamente la realidad morfofuncional, es decir, que son invariables. Sin embargo, los programas de realidad virtual pueden ser modificables y no acarrear riesgos biológicos, químicos, ni éticos y facilitan que el estudiante desde su dispositivo electrónico puede ponerse en contacto directo con esta práctica y repetir cuantas veces lo necesite para un aprendizaje más significativo y permanente.

En caso de que las prácticas se realicen bajo la modalidad osamentas y disección anatómica (se extraen de la morgue de los hospitales, solicitado desde la universidad, para donar fallecidos que no hayan sido identificado y no reclamado, o que hayan sido reclamado y abandonados, previo la realización de analíticas para descartar la presencia de enfermedades infecto contagiosas, no obstante, esto no garantiza la posibilidad de llevar un cadáver contaminado, ejemplo VIH que tiene una ventana de incubación viral de hasta 6 meses). Además está el riesgo de contraer enfermedades por la exposición directa de los estudiantes y docentes con las sustancias tóxicas utilizadas para el mantenimiento, también estos tienen una utilidad limitada por el deterioro o descomposición de los cuerpos, incluidos los órganos internos que son preservados mediante formol.⁴ En cambio usando la realidad virtual se pueden simular situaciones clínicas como si fueran reales (anatomía digital); pero no solo en el ámbito educativo, la realidad virtual ha implicado un cambio exponencial a tal punto que estudios han demostrado que el uso de esta tecnología contribuye a minimizar los riesgos de un paciente morir en un quirófano, pues la simulación previo a las intervenciones reales disminuye los error clínicos.

Por lo tanto, los métodos de enseñanza tradicionales presentan obstáculos didácticos, sobre todo, cuando se trata de enseñar conceptos científicos complejos y abstractos o modelos y protocolos de actuación (Nadan *et al.*, 2011); además, algunos temas involucran situaciones de peligro o riesgo para el estudiante, como es el caso, por ejemplo, del manejo de sustancias químicas (Bohorquez *et al.*, 2009) o la exposición a cadáveres. En este sentido, la utilización de la tecnología basada en realidad virtual permitirá superar las dificultades mencionadas anteriormente, a la que promoverá la enteractuación de los alumnos con los objetos de estudio, de forma que ninguna otra tecnología haría posible. La experiencia inmersiva e interactiva de la realidad virtual ofrece una nueva forma de observar los datos e informaciones. En definitiva, el principal propósito de utilizar la realidad virtual está relacionado con la aportación de información adicional sobre las temáticas en las que se basa, puesto que se ha confirmado que existen eficacia y calidad en el aprendizaje, innovación, colaboración e interacción y, además, se ha concluido que la realidad virtual contribuye a mejorar la capacidad de aprendizaje, y procura aumentar los niveles de participación entre los mismos como sucede con la gamificación.

Este ensayo pretende explorar en la literatura científica el uso de la realidad virtual como herramienta educativa para la enseñanza de las ciencias morfológicas.

⁴ <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido>

En 2011, el Programa Nacional de Toxicología (National Toxicology Program), integrado por diferentes dependencias del Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., designó al formaldehído como carcinógeno humano conocido en su 12.º Informe sobre Carcinógenos.

DESARROLLO

El término realidad virtual ha sido definido de diferentes maneras, combinando principalmente tres perspectivas: la filosófica, la técnica y la psicológica (Brudniy y Demilhanova, 2012). También se han empleado otros términos para referirse a la realidad virtual, los cuales han sido adoptados como sinónimos: entorno sintético, ciberespacio, realidad artificial o tecnología de simulación (Cruz *et al.*, 2014).

Siguiendo a Lee *et al.* (2010), existen tres tipos de realidad virtual, clasificada según los niveles de interacción y de inmersión: sistemas de realidad virtual de escritorio o no inmersiva, sistema de realidad virtual semi-inmersiva y sistema de realidad virtual de inmersión total. Para promover el proceso de enseñanza-aprendizaje, es más recomendable el sistema de realidad de inmersión, puesto que el usuario está aislado del mundo físico exterior.

Desde 1986, cuando Lanier (1987) usó el término por primera vez, la realidad virtual se ha descrito generalmente como una colección de dispositivos tecnológicos: una computadora capaz de visualización 3D interactiva, una pantalla montada en la cabeza y guantes de datos equipados con uno o más rastreadores de posición. Los rastreadores detectan la posición y orientación del usuario e informan sobre ello a la computadora, que actualiza (en tiempo real) las imágenes para su visualización.

Posteriormente, otros autores (Székely y Satava, 1999; McCloy y Stone, 2001; Rubino, 2002) han compartido la misma visión de la realidad virtual: una colección de tecnologías que permiten a las personas interactuar de manera eficiente con bases de datos computarizadas en 3D en tiempo real, utilizando sus sentidos naturales y habilidades.

De acuerdo con Burdea y Coiffet (2003:3), “la realidad virtual es una interfaz de computador avanzada que involucra simulación en tiempo real e interacciones a través de canales multisensoriales. Sus modalidades sensoriales son visuales, auditivas, táctiles, olfativas y del gusto”. Por su parte, Kirner (2011: 29) define realidad virtual como “una interfaz de computador que permite al usuario interactuar en tiempo real, con un mundo tridimensional generado por computador, usando sus sentidos a través de dispositivos especiales”.

En los últimos años, la realidad virtual generó entusiasmo y confusión, aunque no es una tecnología nueva (Caporal *et al.*, 2019). Los principales avances recientes en la tecnología la han hecho susceptible de nuevos dominios de aplicación que no se limitan a la educación, la psiquiatría y la investigación científica. De hecho, es la convergencia de tres tendencias lo que ha hecho esto posible. Primero, las computadoras de escritorio, ahora, tienen tarjetas gráficas suficientemente potentes para cumplir con los requisitos de representación en tiempo real necesarios para la realidad virtual. En segundo lugar, la tecnología de realidad virtual se ha optimizado para garantizar el

confort visual y el uso ergonómico. Finalmente, la disponibilidad generalizada por parte del consumidor de auriculares de realidad virtual como el HTC Vive, Oculus Rift y la realidad mixta de Windows a precios asequibles ha democratizado su uso (Caporal *et al.*, 2019).

La realidad virtual, en su esencia, es una tecnología que utiliza la percepción visual del mundo real en entornos totalmente artificiales generados por computadora. Concretamente, es la combinación de tres efectos. 1) Una experiencia de inmersión total: los usuarios usan un auricular ópticamente hermético diseñado para bloquear la luz externa; 2) Visión estereoscópica: cada ojo ve la misma escena representada desde un ángulo ligeramente diferente, imitando la forma en que los ojos de las personas ven el mundo en tres dimensiones; 3) Captura de movimiento: la posición de la cabeza y los controladores del usuario se detectan con tres o seis grados de libertad, lo que permite un seguimiento preciso de los movimientos dentro de las escenas (Caporal *et al.*, 2019).

A través de estos efectos, la realidad virtual ofrece un contexto de visualización único que aumenta la percepción de los detalles volumétricos. En comparación con la visualización en un monitor de computadora convencional, donde los usuarios generalmente ven los datos tridimensionales (3D) como un observador pasivo, la experiencia inmersiva de la realidad virtual permite a los usuarios ingresar literalmente dentro de sus datos, de una manera que se siente espacialmente realista. Por esta razón, las experiencias de uso por primera vez con realidad virtual se caracterizan generalmente por una sorpresa o "efecto sorpresa" por parte del usuario (Caporal *et al.*, 2019).

Los protocolos de tratamiento y de enseñanza-aprendizaje mediante realidad virtual se han creado para países desarrollados, donde se realizan la mayor parte de las investigaciones, pero recientemente se llevó a cabo un estudio en República Dominicana, con la finalidad de tratar el trastorno de pánico con agorafobia. Para esta investigación se usó la realidad virtual como herramienta didáctica y terapéutica. Los resultados de la experimentación mostraron que la realidad virtual se posicionó como una herramienta de aprendizaje activa valorada favorablemente por los estudiantes (Payano *et al.*, 2019).

La realidad virtual se utiliza en el campo de la medicina; por ejemplo, para analizar tumores intra-craneales (Lee y Wong, 2019), para realizar exámenes forenses de lesiones (Koller *et al.*, 2019), para tratamientos de medicina cardiovascular (Silva *et al.*, 2018), para cirugía oncológica hepática (Quero *et al.*, 2019), entre otras.

En el campo educativo médico, la realidad virtual puede compensar muchos recursos y equipos inadecuados y mejorar los métodos de enseñanza tradicionales (Hsieh y Lee, 2018). Esta tecnología es ideal para el entrenamiento de simulación quirúrgica, rehabilitación, manejo del dolor o

terapia conductual; lo que permite a los usuarios interactuar con realidad virtual, como si estuvieran inmersos en la escena real. Así, el uso de la realidad virtual, también, puede ayudar a los médicos en su trabajo, permitiendo que los médicos y enfermeras se comuniquen de manera más efectiva con sus pacientes (Hsieh y Lee, 2018).

Una de las aplicaciones más obvias de la realidad virtual es la enseñanza de la anatomía. Las visualizaciones en 3-D del cuerpo humano se pueden manipular y diseccionar fácilmente de manera similar y quizás más precisa que las disecciones de cadáveres. Los cuestionarios y las demostraciones pueden integrarse en el programa creando un entorno de aprendizaje de ejecución automática, siendo esto último muy limitado en los simuladores y en los cadáveres (Al-Jibury, 2017). Por esta razón, el aprendizaje basado en problemas médicos ha sido adoptado por muchas escuelas de medicina en el Reino Unido y otras zonas del mundo (Al-Jibury, 2017).

CONCLUSIONES

En relación con las ciencias de la salud, cabe mencionar que las primeras aplicaciones sanitarias de realidad virtual comenzaron a principios de los años 90, debido a la necesidad del personal médico para visualizar datos médicos complejos, particularmente durante la cirugía y para la planificación de la cirugía (Chinnock, 1994). A partir de ahí, se ha utilizado en muchos campos de la medicina, incluido en el proceso de formación de los futuros médicos (McGrath *et al.*, 2018), aunque, este campo no se ha explorado a profundidad en la República Dominicana.

El uso de la realidad virtual como modelo educativo en la enseñanza de la carrera de medicina en la República Dominicana, podría mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante de ciencias morfológicas en la carrera de medicina, a la vez que se superan los obstáculos (de costo, riesgos de salud, higiene, conservación, mantenimiento, invariabilidad de los simuladores sintéticos, entre otros) producidos por los métodos de enseñanza tradicionales.

Aunque, el uso de la realidad virtual vendría acompañado de la mejora de los programas de las asignaturas, incluida la metodología de enseñanza aplicada, se debería analizar las competencias previas del estudiante y el profesor frente a nuevos modelos de aprendizajes, y cuáles serían las que adquirirían con la incorporación del modelo educativo basado en la realidad virtual.

En definitiva, el uso de la realidad virtual para la enseñanza de las ciencias morfológicas tiene muchas oportunidades para la República Dominicana, si bien, y aunque se ha utilizado en muchos otros países, es necesario realizar investigaciones para conocer el comportamiento de esta herramienta, tanto

para el proceso de enseñanza-aprendizaje, como también de herramienta de estimulación de la motivación del estudiante y del profesor.

BIBLIOGRAFÍA

Al-Jibury, O. (2017). Use of virtual reality in medical education – reality or deception?. *Medical case reports*, 3(1), 3.

Bohorquez, H. J., Boscán, L. F., Hernández, A. I., Salcedo, S., & Morán, R. (2009). La concepción de la simetría en estudiantes como un obstáculo epistemológico para el aprendizaje de la geometría. *Educere*, 13(45), 477-489.

Brudniy, A., & Demilhanova, A. (2012). The Virtual Reality in a Context of the "Mirror Stage". *International Journal of Advances in Psychology*, 1(1), 6-9.

Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. Hoboken, Nueva Jersey: John Wiley & Sons.

Caporal, C., Ostertag, C., Dahan, M., Doutreligne, S., & Masson, J. B. (2019). Virtual reality: beyond visualization. *Journal of molecular biology*, 431(7), 1315-1321.

Chinnock, C. (1994). Virtual reality in surgery and medicine. *Hospital technology series*, 13(18), 1-48.

Cruz, J. A. F., Gallardo, P. C., & Villarreal, E. A. (2014). La Realidad Virtual una Tecnología Innovadora Aplicable al Proceso de Enseñanza de los Estudiantes de Ingeniería. *Apertura*, 6(2), 86-99.

Hsieh, M. C., & Lee, J. J. (2018). Preliminary study of VR and AR applications in medical and healthcare education. *Journal of Nursing Health Studies*, 3(1), 1-5.

Kirner, C. (2011). Prototipagem rápida de aplicações interativas de realidade aumentada. *Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada*, 1(1), 1-29.

Koller, S., Ebert, L. C., Martinez, R. M., & Sieberth, T. (2019). Using virtual reality for forensic examinations of injuries. *Forensic science international*, 295, 30-35.

Lee, C., & Wong, G. K. C. (2019). Virtual reality and augmented reality in the management of intracranial tumors: A review. *Journal of Clinical Neuroscience*, 62, 14-20.

Lee, E. A. L., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). Learning with virtual reality: its effects on students with different learning styles. In *Transactions on edutainment IV* (pp. 79-90). Springer, Berlin, Heidelberg.

Nadan, T., Alexandrov, V., Jamieson, R., & Watson, K. (2011). Is virtual reality a memorable experience in an educational context?. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 6(1), 53-57.

Payano, D. J., Minaya, M. T. C., González, S. J., Castellanos, I. P., & Baldera, P. L. (2019). La Realidad Virtual como herramienta de aprendizaje activo para estudiantes universitarios de Psicología. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 16(31), 83-94.

Quero, G., Lapergola, A., Soler, L., Shabaz, M., Hostettler, A., Collins, T., ... & Pessaux, P. (2019). Virtual and Augmented Reality in Oncologic Liver Surgery. *Surgical Oncology Clinics*, 28(1), 31-44.

Silva, J. N., Southworth, M., Raptis, C., & Silva, J. (2018). Emerging applications of virtual reality in cardiovascular medicine. *JACC: Basic to Translational Science*, 3(3), 420-430.

Recibido: 23/04/2019

Reenviado: 25/04/2019

Aceptado: 26/04/2019

Sometido a evaluación de pares anónimos

Citar este artículo como: Martínez Durán, A.J. (2019). Cultivos forrajeros para mitigar el efecto de la sequía en la ganadería. Una revisión de la literatura. *Revista Utesiana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería*, 4(4), 24-33.

CULTIVOS FORRAJEROS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA SEQUÍA EN LA GANADERÍA. UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Atuey de Jesús Martínez Durán⁵
Universidad Tecnológica de Santiago

RESUMEN: En este artículo se presenta un modelo matemático que permite la determinación del punto quiescente de una polarización dada mediante el uso de artificios matemáticos que, por medio de la utilización de las ecuaciones, que rigen tanto el comportamiento del transistor (FET) como de la polarización utilizada, permite la obtención de los voltajes y corrientes que estarán manejando el transistor bajo esa polarización. En el diseño de amplificadores las polarizaciones permiten distintos modos de interacción entre el transistor y los demás elementos del circuito y la selección del punto quiescente, que es el punto donde converge el comportamiento del transistor con el comportamiento de los demás dispositivos. Es de suma importancia, ya que sin importar la polarización utilizada, el punto Q es lo que permitirá la realización de un buen amplificador. Este método se propone como una herramienta precisa que permita a estudiantes y profesionales de la electrónica realizar cálculos y diseños precisos por medio de procedimientos puramente matemáticos, que contemplan todo el circuito amplificador como una sola ecuación, mediante la cual es posible determinar el punto de operación para cualquier polarización dada.

Palabras clave: quiescente, MOSFET, polarización, ecuación, polinomio.

ABSTRACT: This article presents a mathematical model that allows the determination of the quiescent point of a given polarization through the use of mathematical devices, which by means of the use of the equations that govern both the behavior of the transistor (FET) and the polarization used, allows obtaining the voltages and currents that the transistor will be handling under that polarization. In the design of amplifiers the polarizations allow different modes of interaction between the transistor and the other elements of the circuit and the selection of the quiescent point, which is the point where the behavior of the transistor converges with the behavior of the other devices,

⁵ Profesor de la Universidad Tecnológica de Santiago. Autor para correspondencia: atueymartinez@utesa.edu

is of utmost importance since regardless of the polarization used the Q point is that it will allow the realization of a good amplifier. This method is proposed as an accurate tool that allows students and professionals in electronics to perform accurate calculations and designs by means of purely mathematical procedures that contemplate the entire amplifier circuit as a single equation, through which it is possible to determine the point of operation for any given polarization.

Key words: quiescent, MOSFET, polarization, equation, polynomial.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado investigaciones en relación con el uso de cultivos forrajeros para la alimentación del ganado afectado por problemas de sequía (Parsons *et al.*, 2019). En República Dominicana se implementan diversos cultivos forrajeros, destacando la hierba merker, transvala, caña de azúcar, bermuda costera y maíz. También, la Dirección General de Ganadería ha experimentado con nopal, si bien, todavía no existen resultados concluyentes sobre su utilización.

El mavuno es una variedad que recientemente ha sido introducida al país y, según las informaciones obtenidas, presenta excelente calidad forrajera y productividad, así como un adecuado nivel de rusticidad, acompañado de un sistema radicular profundo y vigoroso que lo hace resistente a la sequía. El sorgo es una planta que dispone de un mecanismo para la absorción del CO₂ que le proporciona un mayor rendimiento fotosintético y, con ello, mayor eficacia en condiciones de sequía y de calor extremo, además de tener un denso sistema radicular que puede descender hasta dos metros de profundidad en los terrenos profundos y bien preparados, es capaz de extraer y utilizar el agua de riego y los nutrientes del suelo con mayor eficacia, resistiendo muy bien a las condiciones de estrés hídrico.

Los cultivos forrajeros mencionados no se han estudiado en profundidad en República Dominicana, aunque sí han sido objeto de investigación en otros países del continente americano. A partir de la literatura consultado, este ensayo pretende explorar las ventajas de la utilización de los cultivos mencionados, sobre todo, en relación con su adaptabilidad al suelo, requerimientos de agua y rendimiento en el ganado.

DESARROLLO

La sequía tiene un amplio impacto en todos los sectores, pero a pesar de los esfuerzos realizados para identificar los efectos de esta en un sector en particular, todavía no hay consenso entre la comunidad científica de cómo este fenómeno atmosférico influye en un sector específico (Parsons *et al.*, 2019), como en este caso es el agroindustrial. Así, es importante analizar que tipo de cultivos forrajeros pueden minimizar los efectos de la sequía en el sector ganadero (Castro *et al.*, 2017; Saylor *et al.*, 2018).

El sector agrícola es particularmente sensible a la sequía y la escasez de agua (Wilhite *et al.*, 2014), ya que depende directamente de la precipitación y la evapotranspiración. Las sequías pueden disminuir los rendimientos y la calidad de los cultivos (Rey *et al.*, 2016) y afectar al ganado al reducir la disponibilidad de pasto y alimento (Parsons *et al.*, 2019). Por esta razón, se han realizado estudios que han analizado el cultivo de maíz para el ganado vacuno ubicado en zonas afectadas por la sequía (Mojica *et al.*, 2013; Tui *et al.*, 2015). Otros autores han analizado la producción de cultivos forrajeros en diferentes sistemas ganaderos (Castro *et al.*, 2017).

En Latinoamérica se han evaluado diferentes cultivos de cobertura en diferentes sistemas de producción agropecuaria, entre los que destacan *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*, *Canavalia ensiformis*, *Centrosema molle*, *Clitoria ternatea*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Desmanthus virgatus*, *Indigofera tinctoria*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*, *Stylosanthes guianensis*, *Teramnus uncinatus* y *Vigna* (Thurston, 1996; Cherr *et al.*, 2006). En Nicaragua, por ejemplo, se ha analizado el uso de *Canavalia brasiliensis*, comprobándose que es una especie que se adapta perfectamente a la sequía (Douxchamps, 2010).

El desarrollo de investigaciones sobre forrajes para ganadería permite tener una mayor eficiencia en la producción y se estima que pueden contribuir, entre un 60-80%, al secuestro de carbono emitido por la ganadería (Peters *et al.*, 2012). Así, se ha comprobado que las gramíneas tienen una baja productiva (Wilkins, 2000), siendo difícil de cultivar en épocas de sequía, lo que se relaciona con una disminución del peso de la vaca y una disminución de la producción de leche (Barahona *et al.*, 2014).

Investigaciones realizadas con *Brachiaria mutica* (pasto) muestran que esta especie tiene un sistema radical que maximiza la extracción de humedad a lo largo del perfil del suelo, lo que permite mantener la turgencia y la actividad fotosintética hasta agotar la humedad disponible, haciendo propicia su utilización en suelos ganaderos con limitaciones de agua (Ellsworth *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2013; Hernández, 2015).

En especies como *B. decumbens* y *B. brizantha*, el patrón de extracción de humedad se restringe a los primeros horizontes (0-30 cm), respondiendo al

déficit hídrico con un rápido cierre estomático y una menor producción de biomasa foliar, lo que permite inferir una adaptación a periodos de sequía cortos y/o suelos con una alta humedad disponible en los horizontes superficiales. En cuanto a las *B. humidícola* y *B. dictyoneura*, estas tienen una menor variación en la producción de biomasa, contenido de agua y fotosíntesis al ser sometidas a la sequía, por lo cual pueden ser más exitosas en periodos de sequías más largos (Brodersen *et al.*, 2016).

Las especies leguminosas tienen alta resistencia a la sequía, debido a que las raíces pivotantes les permiten extraer agua de las capas más profundas del suelo; destacan, como forrajes potenciales para la alimentación del ganado vacuno en épocas secas, la *Cratylia argétea*, *Lablab purpureus*, *Desmanthus virgatus* y *Canavalia brasiliensis* (Kabirizi *et al.*, 2013). Incluso, las leguminosas son especies que también pueden contribuir a la reducción de las emisiones de metano entre un 15-30% (Kamra *et al.*, 2010).

La resistencia de los cultivos forrajeros a condiciones de sequía permite que el suministro de alimento para el ganado vacuno sea estable, mitigando incluso el efecto de los agentes erosivos y, por ende, contribuyendo con el ciclo hidrológico (Castro *et al.*, 2017). Aún así, no hay consenso sobre qué tipo de cultivo representa un mejor desarrollo ante la sequía y sus efectos en la industria agropecuaria, ya que esto depende del tipo de suelo (Zargar *et al.*, 2011).

De esta forma, y aunque hay estudios sobre diferentes variables producidas por la sequía y su relación con la producción agrícola y ganadera, estos carecen de una consideración explícita de informaciones relativas a la retención de agua en el suelo o las respuestas de los cultivos (Parsons *et al.*, 2019).

En zonas áridas de Estados Unidos, la sequía es uno de los problemas más importantes que amenazan a la industria láctea en la actualidad. Para los productores, el riego destinado a alimentos en crecimiento presenta el mayor desafío, por la utilización de agua (Saylor *et al.*, 2018). De hecho, el agua utilizada para cultivar los forrajes que alimentan al ganado de estas regiones, representa más del 90% del agua utilizada para apoyar la producción de leche. Y este problema se agrava con la disminución de los niveles de agua subterránea. Esto hace que no se puedan producir alimentos como alfalfa y maíz, que son cultivos de forraje con importantes demandas de agua (Saylor *et al.*, 2018).

Los cultivos forrajeros eficientes en agua con un valor nutricional aceptable podrían resultar una alternativa atractiva a los cultivos forrajeros tradicionales. El *Eragrostis tef* (llamado comúnmente como teff o tef) es un césped, originario de Etiopía, que está bien adaptado a las condiciones áridas, y ha sido utilizado como un cultivo de grano para el consumo humano y cultivo de forraje (Miller,

2011). Se ha comprobado que este producto es altamente nutritivo para el ganado (Saylor *et al.*, 2018).

El sorgo es de mucho interés como alimento para el ganado por su uso como cultivo bioenergético. Es un cultivo resistente a la sequía y al calor, siendo muy utilizado en las regiones áridas. Este cultivo requiere temperaturas altas para su desarrollo y suele tener una mayor adherencia a suelos alcalinos, con un pH entre 6,2 y 7,8. Las características de este cultivo suelen manifestarse por una buena producción del grano, un tallo fuerte, uniformidad de altura y no suele presentar macollos secundarios (INFOAGRO, 2019).

Se han realizado estudios sobre la relación entre el sorgo y su producción de biomasa y la acumulación de dióxido de carbono (Wu *et al.*, 2009). También, se ha comprobado que el uso de biosólidos, provenientes de plantas de tratamiento de aceite proveniente de olivas, mejora los principales parámetros agro-fisiológicos y bioquímicos del sorgo, como la altura de los tallos, el grosor de los tallos, el número de hojas, las circunferencias de las hojas, la longitud de las raíces, la productividad de las plantas, el contenido de proteínas y las tasas de elementos minerales esenciales para las plantas (Bargougui *et al.*, 2019).

La hierba merker es otro tipo de forraje, basado en yerba de corte. Estas plantas tienen contenidos nutricionales modestos, pero con manejos adecuados pueden jugar un gran papel en la explotación ganadera en general y lechera en particular (De Lara, 2014). En relación con el cultivo de transvala, esta tiene un valor nutritivo con un rango que va desde 3 a 13% de contenido de proteína cruda y una digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica entre el 45 a 73%. El pasto transvala se utiliza como fuente de fibra para la nutrición de ganado (Guanapacas, 2012).

Por su parte, y según la FAO (2019), la caña de azúcar es una planta rica en carbohidratos, pero pobre en proteínas (3%). Su digestibilidad se encuentra alrededor del 60%, lo que la coloca como un forraje de baja calidad, el cual debe ser suplementado adecuadamente con proteínas, urea y minerales para mejorar la respuesta animal. El consumo de su corteza no causa efectos negativos en el comportamiento animal (Preston *et al.*, 1977).

La caña de azúcar constituye una fuente de forraje en los periodos de sequía, debido a que posee gran adaptación al medio; también presenta un alto rendimiento, es tolerante a insectos, plagas y enfermedades y tiene una alta digestibilidad aun en estado de madurez del 50 a 65 %; su forraje es rico en carbohidratos solubles (16 a 22° Brix) y en fibra (48%), pero pobre en proteínas. Algunos estudios aún no dejan clara la relación entre consumo de caña de azúcar y rendimiento del ganado (Chizzotti *et al.*, 2015).

En relación con el cultivo del maíz, este se ha comprobado que mejora el rendimiento y la eficiencia de alimentación en el ganado lechero (Ferraretto

et al., 2013). El maíz puede aumentar la síntesis de proteínas microbianas (Bernard *et al.*, 2004). También se conoce que el nivel de proteínas puede cambiar la ingesta, la digestibilidad y el comportamiento alimentario de las vacas lecheras de alta producción (Rafiee-Yarandi *et al.*, 2019). Para algunos investigadores, y transfiriendo genes a la planta, este cultivo puede ser tolerante a la sequía (Nguyen *et al.*, 2013).

El nopal, por su parte, es una planta altamente resistente a la sequía, debido a su fisiología, estructura anatómica y morfológica, siendo una alternativa real para los suelos de regiones semiáridas. Es una alternativa potencial para la alimentación del ganado, por su alto contenido en agua (hasta 90%) y energía (3.8kcal/kg MS), lo que favorece su aprovechamiento como fuente de suministro de agua y energía para el ganado (DIGEGA, 2018). En relación con el mavuno híbrido, este genera una alta producción de biomasa de excelente calidad bromatológica, presentando un elevado nivel de digestibilidad; tiene un sistema radicular robusto que le permite resistir la sequía y tener un rápido rebrote (LEGUMINUTRE, 2019).

La bermuda costera es muy utilizada en regiones de clima cálido por varias razones. Las principales son: a) una mayor producción de pasto y de heno por hectárea a un menor costo que otros forrajes; b) una mayor tolerancia al sobrepastoreo; c) una mayor cantidad de materia seca (de 25 a 30%) cuando se corta; y d) una mayor tolerancia a la sequía. Los híbridos de pasto bermuda no toleran bien los suelos con drenaje pobre donde se acumula el agua. Este pasto es muy competitivo y suele propagarse muy rápidamente, por lo que no se cultiva en combinación con otros pastos, pero sí puede cultivarse junto con algunas leguminosas que sean también competitivas (Meleán, 2014).

CONCLUSIONES

En los últimos años se han realizados numerosas investigaciones en relación con el uso de cultivos forrajeros en industrias ganaderas afectadas por problemas de sequía (Parsons *et al.*, 2019). En República Dominicana se implementan diversos cultivos forrajeros, destacando la hierba merker, transvala, caña de azúcar, bermuda costera y maíz. Según ganaderos de la región noroeste, estos cultivos son habituales para alimentar el ganado. Aunque en República Dominicana no se han estudiado en profundidad, sí han sido objeto de investigación en otros países del continente americano.

Por tanto, realizar investigaciones científicas para conocer el comportamiento de estas variedades de forrajes es de suma importancia para garantizar el desarrollo sostenible de la industria agropecuaria. De esta manera, se aportarían nuevos conocimientos acerca del potencial nutricional y resistencia a la sequía de los diferentes cultivos forrajeros que se utilizan en la República Dominicana.

De esta manera, se sentarían las bases para el uso eficiente y sostenible de los recursos forrajeros destinados a consumo de ganado vacuno, pudiendo así establecer informaciones que disminuyan los recursos que el Gobierno invierte para mitigar los efectos de la sequía en la ganadería.

BIBLIOGRAFIA

Bargougui, L., Guergueb, Z., Chaieb, M., Braham, M., & Mekki, A. (2019). Agro-physiological and biochemical responses of Sorghum bicolor in soil amended by olive mill wastewater. *Agricultural Water Management*, 212, 60-67.

Bernard, J. K., Chandler, P. T., West, J. W., Parks, A. H., Amos, H. A., Froetschel, M. A., & Trammell, D. S. (2004). Effect of supplemental L-lysine-HCl and corn source on rumen fermentation and amino acid flow to the small intestine. *Journal of dairy science*, 87(2), 399-405.

Brodersen, C. R., Rico, C., Guenni, O., & Pittermann, J. (2016). Embolism spread in the primary xylem of Polystichum munitum: implications for water transport during seasonal drought. *Plant, Cell & Environment*, 39(2), 338-346.

Castro, R. E., Sierra, E., Mojica, J. E., Carulla, J. E., & Lascano, C. E. (2017). Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. *Archivos de Zootecnia*, 66(253), 99-106.

Chizzotti, F. H. M., Pereira, O. G., Valadares Filho, S. C., Chizzotti, M. L., Rodrigues, R. T. S., Tedeschi, L. O., & Silva, T. C. (2015). Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle? *Animal Feed Science and Technology*, 203, 23-32.

DIGEGA (2018). *Modelo ganadero para zonas secas de la República Dominicana*. Santo Domingo, Dirección General de Ganadería (DIGEGA).

Douxchamps, S. (2010). Integration of Canavalia brasiliensis into the crop-livestock system of the Nicaraguan hillsides: environmental adaptation and nitrogen dynamics. *Dissertation submitted to degree of Doctor of Sciences*. ETH Zurich. Group of Plant Nutrition, Institute of Plant Sciences, ETH Zurich, pp. 26.

Ellsworth, L. M., Litton, C. M., Taylor, A. D., & Kauffman, J. B. (2013). Spatial and temporal variability of guinea grass (Megathyrsus maximus) fuel loads and moisture on Oahu, Hawaii. *International Journal of Wildland Fire*, 22(8), 1083-1092.

Ferraretto, L. F., Crump, P. M., & Shaver, R. D. (2013). Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and

milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 533-550.

Gómez, S., Guenni, O., & Bravo de Guenni, L. (2013). Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *B rachiaria decumbens* Stapf. *Grass and Forage Science*, 68(3), 395-407.

Hernández, F. (2015). Establecimiento y evaluación del guineo *Panicum maximum* cv. Massai en la hacienda Guachicono del Bordo, Patía (Cauca). *Revista Ciencia Animal*, 1(9), 125-154.

INFOAGRO (2019). El cultivo del sorgo. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>

Kabirizi, J., Ziiwa, E., Mugerwa, S., Ndikumana, J., & Nanyennya, W. (2013). Dry season forages for improving dairy production in smallholder systems in Uganda. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 1(2), 212-214.

Kamra, D. N., Chaudhary, L. C., Singh, R., & Pathak, N. N. (2010). Influence of feeding probiotics on growth performance and nutrient digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 4(2), 85-88.

LEGUMINUTRE (2019). Mavuno. Disponible en: <http://leguminutre.com/mavuno.pdf>

Meleán, G. (2014). Algunos tipos de pasto de bermuda para forraje. Información disponible en: <http://agric-inter.blogspot.com/2014/12/algunos-tipos-de-pasto-bermuda-para.html>

Miller, D. (211). *Teff grass: Crop overview and forage production guide*. Disponible en: <http://teffgrass.com/wp-content/themes/tg/downloads/TeffGrassManagementGuide.pdf>

Mojica, R.J.E., Castro, R.E., Hortua, C.H., Silva, Z.J.E., & García, L. (2013). Producción y calidad composicional de la leche en función de la alimentación en ganaderías doble propósito del departamento del Cesar. *Boletín de investigación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. Valledupar, Colombia: CORPOICA.

Nguyen, T. X., Nguyen, T., Alameldin, H., Goheen, B., Loescher, W., & Sticklen, M. (2013). Transgene pyramiding of the HVA1 and mt1D in T3 maize (*Zea mays* L.) plants confers drought and salt tolerance, along with an increase in crop biomass. *International Journal of Agronomy*, 1-10.

Parsons, D. J., Rey, D., Tanguy, M., & Holman, I. P. (2019). Regional variations in the link between drought indices and reported agricultural impacts of drought. *Agricultural Systems*, 173, 119-129.

Peters, M., Rao, I. M., Fisher, M. J., Subbarao, G. V., Martens, S., Herrero, G., & Hyman, G. (2012). *Tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions*. Palmira, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Preston, T. R. (1977). Nutritive value of sugar cane for ruminants. *Tropical Animal Production*, 2(2), 125-142.

Rafiee-Yarandi, H., Alikhani, M., Ghorbani, G. R., Heydari, M., & Rezamand, P. (2019). Dietary protein level and corn processing method: Intake, digestibility, and feeding behavior of lactating dairy cows. *Livestock Science*, 221, 19-27.

Rey, D., Holman, I. P., Daccache, A., Morris, J., Weatherhead, E. K., & Knox, J. W. (2016). Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate. *Agricultural Water Management*, 173, 13-22.

Saylor, B. A., Min, D. H., & Bradford, B. J. (2018). Productivity of lactating dairy cows fed diets with teff hay as the sole forage. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 5984-5990.

Tui, S. H. K., Valbuena, D., Masikati, P., Descheemaeker, K., Nyamangara, J., Claessens, L., ... & Nkomboni, D. (2015). Economic trade-offs of biomass use in crop-livestock systems: Exploring more sustainable options in semi-arid Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 134, 48-60.

Wilhite, D. A., Sivakumar, M. V., & Pulwarty, R. (2014). Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. *Weather and Climate Extremes*, 3, 4-13.

Wilkins, R. J. (2000). Forages and their role in animal systems. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*, CAB International, 1-14.

Wu, H., Tang, S., Zhang, X., Guo, J., Song, Z., Tian, S., & Smith, D. L. (2009). Using elevated CO₂ to increase the biomass of a *Sorghum vulgare* × *Sorghum vulgare* var. *sudanense* hybrid and *Trifolium pratense* L. and to trigger hyperaccumulation of cesium. *Journal of hazardous materials*, 170(2-3), 861-870.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., & Khan, F.I. (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19, 333-349.

Recibido: 17/04/2019

Reenviado: 21/04/2019

Aceptado: 26/04/2019

Sometido a evaluación de pares anónimo

Citar este artículo como: Gómez Collado, C.O., & Suárez Marina, P.A. (2019). Sistema de control de acceso con encriptación AES a 128 bits. *Revista Utesiana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería*, 4(4), 34-43.

SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO CON ENCRIPCIÓN AES A 128 BITS

Cristhian O. Gómez Collado⁶

Universidad Tecnológica de Santiago

Paul A. Suárez Marina⁷

Universidad Tecnológica de Santiago

RESUMEN: Este artículo presentará con detalle el funcionamiento del sistema de control de acceso con encriptación AES a 128 bits. Este producto debe controlar, monitorear y registrar los eventos que ocurren en un portal mediante el uso un software de computadora. Todo control de acceso básico está compuesto por un identificador de usuario que en el caso de este sistema es un lector de RFID, cerradura electrónica en este caso se utilizó electromagnético. En cuanto a los aspectos de comunicación del servidor, los controles de acceso convencionales utilizan el estándar Ethernet, sin embargo este producto le ofrece la opción al cliente de comunicarse con el servidor mediante de manera inalámbrica mediante el protocolo WIFI.

Palabras clave: sistema control de acceso, encriptación AES, computadora, software.

ABSTRACT: This paper will present in detail the operation of the access control system with AES 128-bit encryption. This product must control, monitor and record the events that occur in a portal through the use of computer software. All basic access control is composed of a user identifier that in the case of this system is an RFID reader, electronic lock in this case electromagnetic was used. Regarding the communication aspects of the server, the conventional access controls use the Ethernet standard, however, this product offers the option to the client to communicate with the server mediated wirelessly through the WIFI protocol.

Key words: access control system, AES encryption, computer, software.

⁶ Estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Tecnológica de Santiago. Autor para correspondencia: crishtiangomez1@alumno.utesa.edu

⁷ Estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Tecnológica de Santiago.

INTRODUCCIÓN

El presente artículo desglosara de manera detallada todos los procesos realizados durante la asignatura de diseño electrónico. Este trabajo busca explicar el procedimiento utilizado para convertir un prototipo en un producto. El prototipo el cual se analizara a lo largo de esta asignatura es el sistema de control de acceso con encriptación AES a 128 bits. Un control de acceso es un dispositivo que identifica una entidad o persona, es decir, que autentifica mediante clave, tarjetas, huellas digitales y otros dispositivos de identificación que la persona es quien dice ser. Dado a que es un sistema, es lógico asumir que existen más elementos o mecanismos que lo componen.

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

Este sistema busca controlar y monitorear la entrada y salida de personal de una o más sucursales de manera electrónica a través de 2 módulos de comunicación, donde uno se comunicará con los servidores mediante vía ETHERNET y el otro se comunicará vía WIFI. Dicha información será cifrada bajo el estándar AES (Encriptación Estándar Avanzada, por sus siglas en inglés) con un tamaño de 128 bits.

NORMATIVAS

- Norma ISO/IEC JTC 1/SC 25: estándar para sistemas de microprocesadores, microcontroladores protocolos, interfaces, redes, entradas, salidas y construcción eléctricas.
- Norma ISO / IEC JTC 1 / SC 22: estándar para el uso de lenguajes de programación.
- IPC-2518: estándar para la inclusión del listado de piezas que componen un diseño.
- IPC-2221B: estándar del diseño de PCB.
- EIA-485, ANSI/TIA/EIA-485-A-1998: estándar de especificación de características eléctricas que debe poseer la comunicación entre dispositivos.
- IEEE 802.11: estándar para la comunicación inalámbrica WIFI.
- IEEE 801.11: estándar para la comunicación alámbrica Ethernet.
- FCC: estándar que regula que los dispositivos no pueden crear interferencia o señales no deseadas en otros sistemas.
- SSC/PCI/PA-DSS: estándar que regula la seguridad de datos.
- IPC-D-279: Instrucciones de diseño para montaje en superficie Impreso.
- ISO / IEC 25030: proporciona requisitos y recomendaciones para la especificación de los requisitos de calidad del software.
- ISO/IEC 15504: es un modelo para la mejora, evaluación de los procesos de desarrollo, mantenimiento de sistemas de información y productos de software.

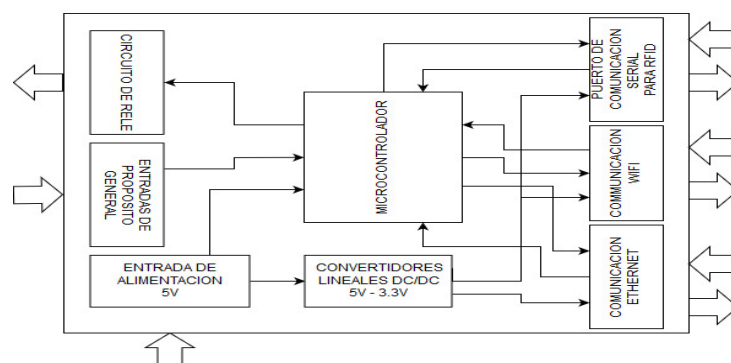
- ISO/IEC 27001: normativa que regula la implementación de seguridad de la información.
- ISO/IEC 7816: estándar que regula las tarjetas de identificación electrónicas.
- ISO/IEC/IEEE 42010: norma que regula la descripción de la arquitectura de un sistema.
- ISO/IEC 14598: regula la calidad y estructura de software de computadora.
- La Norma ISO 924: es la norma enfocada a la calidad en usabilidad y ergonomía tanto de hardware como de software, fue creada por la ISO y la IEC.

ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

- Estándar avanzado de encriptación (AES) a 128 bits.
- Interfaz Ethernet RJ35.
- Comunicación WIFI 2.4 GHz.
- Protocolo de red TCP/IP.
- 2 salidas de 125VAC-30VDC.
- Software de monitoreo en tiempo real.
- Control de portal.
- Asignación de usuarios maestros.
- Modificación de llave de encriptación.
- Registro de usuarios.
- Capacidad para 20 usuarios normales.
- Capacidad para 3 usuarios maestros.
- Lector de tarjetas RFID de 125kHz.
- Switch de selección de comunicación con servidor.
- Botón de reinicio.
- Voltaje de entrada 5 Vdc.
- LED indicador de transmisión de datos Wifi.

DIAGRAMA DE BLOQUES Y DE FLUJO

Figura 1. Diagrama de bloque del MCC.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se definen las etapas:

- Etapa de alimentación: En esta etapa tenemos un circuito con un LM 317 que regulará el voltaje de entrada de 5v a 3.3v. Este circuito tendrá un puerto de alimentación hembra de 5.5mm que alimentará el regulador. Este circuito se necesita para alimentar el controlador de la comunicación Ethernet (USRTCP232) y el módulo de comunicación WIFI (ESP8260).
- Etapa de salida de portal: El Prototipo manejará 2 salidas relé que son necesarios para la activación de los dispositivos electromecánicos que se encargaran del cierre y la apertura de los portales.
- Etapa de entrada de portal: A través de entradas de propósito general se detectará el estado de las puertas.
- Etapa de comunicación Wifi: Para poder transmitir información a la red de manera inalámbrica se utilizó un módulo esp8266.
- Etapa de comunicación Ethernet: Se utilizó el módulo USRTCP232 que convierte la información serial UART RS232 en paquetes de datos TCP.
- Etapa de lectura de datos de RFID: Se utilizará una lectora ID12LA, para recibir los datos desde las tarjetas de 125 Khz. Este módulo envía los datos mediante el protocolo UART RS232.
- Etapa de procesamiento de datos: Para este prototipo utilizaremos un micro controlador PIC18f25k22 creado por la empresa microchip de arquitectura tipo RISC que por su siglas en ingles significa computador de conjunto de instrucciones reducidas. Este se encargará de recibir, encriptar y enviar la información de la tarjeta de RFID hacia el servidor.

PROGRAMADOR DE SOFTWARE

- Inicio: Inmediatamente se le subministra alimentación al módulo de comunicación y control Ethernet/wifi, el software iniciará automáticamente el programa o firmware.
- Inicialización de fusible/bits de configuración: En la familia de los micros controladores PIC existen a nivel de programación unos bits de configuración que necesitan ser inicializados para que el micro pueda operar de manera correcta; también se le conocen como fusibles. La mayoría de estos fusibles poseen de manera predeterminada una configuración y no necesitan ser inicializados.
- Configuración de puertos: En este segmento declaramos los puertos que se utilizaran como entrada y salida.
- Inclusión de librerías: En esta parte procedemos a incluir las librerías que se necesitan para manejar de manera más prácticas algunos elementos del microcontrolador ,como pueden ser el manejo de los módulos Ethernet, WIFI y encriptación AES128 bits.

- Declaración de variables globales y funciones: En esta parte del programa declaramos todas las variables globales que estarán presentes en varios de los procesos a realizar y también las funciones.
- Inicialización de comunicación uart (rs232): En esta parte del programa procedemos a enviar la información de configuración para habilitar los tipos de comunicación que vamos a utilizar. Para el módulo wifi necesitamos comunicación rs232 y para el modulo Ethernet y rfid necesita comunicación uart.
- Inicialización de módulos Ethernet & wifi y verificación de comunicación: En esta parte a inicializamos lo módulos utilizando librerías, y enviamos los parámetros de configuración que se necesitan para que comience la comunicación. Mediante un método de verificación detectaremos cual módulos está conectado; dependiendo de esto inicializamos uno de los 2; en el caso de que ninguno esté conectado se le enviará una señal al usuario que le indicará error en la conexión de los módulos.
- Establecer comunicación con servidor: En esta etapa del programa, una vez que se confirme que medio de comunicación, se utilizará y se establecerá comunicación entre el software de la computadora y el módulo de comunicación y control. En el caso de que la comunicación con el servidor sea negativa se le indicará al usuario que hay un error en la comunicación con el servidor.
- Verificar estado de portales: En esta parte del programa utilizaremos una entrada análoga y una entrada digital para verificar el estado de las puertas y de estar abierta se mandará un dato de notificación al servidor.
- Leer puerto rfid: En esta parte del programa entra en un bucle infinito donde siempre se mantendrá leyendo el registro del puerto serial de donde proviene la información de la lectora rfid. En caso de que se detecte la presencia de datos, el programa ejecutará una sub rutina a la que hemos llamado "sub-proceso a".
- Verificar estado del botón: En esta parte del programa se verifica a través de una entrada digital si el botón de salida fue pulsado. En el caso de que el caso positivo entraremos en una sub rutina a la que hemos llamado "sub-proceso b".
- Lectura de datos desde el servidor para apertura de puerta: En esta parte del programa se mantendrá leyendo el registro del puerto serial para verificar si alguna información llega desde el servidor. En el caso de que la señal que llega desde el servidor, luego de ser descryptado, si se verifica que es el dato para abrir la puerta de manera remota desde el servidor se enviara la señal para abrir la puerta.
- Verificación de estado de portal: En esta parte del programa utilizaremos una entrada análoga que nos indicará si el estado de la puerta está abierto y cerrado y en el caso de se detecte que este abierto el programa el programa entrara en la sub rutina "sub-proceso b".
- Encriptar datos: En esta parte de la sub rutina se le aplicará una serie de procesos lógicos y matemáticos al mensaje proveniente desde la

lectora rfid. La particularidad de este tipo de encriptación requiere de una clave definida por el diseño y que se mezclan con el mensaje procesado.

- Enviar datos al servidor: Esta parte de la sub rutina se envían los datos encriptados al servidor a través del puerto serial cuyo protocolo de comunicación va a depender del módulo que esté conectado que previamente fue detectado.
- Verificación de datos desde el servidor: En esta etapa de la sub rutina el programa espera la respuesta de confirmación de que el mensaje llego de manera exitosa. En caso de que no reciba una respuesta del servidor, el micro notificará al usuario y buscará la información en la memoria eeprom del micro. En el caso de que la información del usuario este en la memoria, se enviará la señal para la apertura de la puerta. De lo contrario terminara la sub rutina.
- Esperar respuesta del servidor: Para el caso de que la confirmación del mensaje sea exitosa, el programa se quedará esperando respuesta del servidor. En el caso de que el servidor confirme que la información suministrada coincide con la base de datos, se envía la señal de apertura de puerta. Para el caso contrario, termina la sub rutina.
- Encriptar datos: En esta parte de la sub rutina se le aplicará una serie de procesos lógicos y matemáticos al mensaje proveniente desde la lectora RFID. La particularidad de este tipo de encriptación requiere de una clave definida por el diseño y que se mezclan con el mensaje procesado.
- Enviar datos al servidor: Esta parte de la sub rutina se envían los datos encriptados al servidor a través del puerto serial cuyo protocolo de comunicación va a depender del módulo que esté conectado, que previamente fue detectado.
- Verificación de datos desde el servidor: En esta etapa de la sub rutina el programa espera la respuesta de confirmación de que el mensaje llego de manera exitosa. En caso de no recibir la confirmación del servidor, notificará al usuario y terminará la sub rutina. En el caso de que se reciba la confirmación del servidor simplemente termina la sub rutina.

VERIFICACIÓN Y PRUEBAS PRELIMINARES

- Definición de prueba de encriptación y desencriptacion de datos del módulo de comunicación y control: En esta prueba se busca cifrar y descifrar datos utilizando el estándar americano de encriptación (AES por sus siglas en inglés) a un tamaño de 128 bits.
- Definición de prueba de comunicación con red Ethernet a otros dispositivos: En esta prueba se busca enviar y recibir datos desde el módulo de comunicación y control hacia una computadora vía Ethernet utilizando un cable RJ45 y mediante el protocolo de comunicación SPI en el firmware. El mismo será visualizado utilizando el

programa HÉRCULES UTILITY que permite ver el tráfico de información presente en la red local.

- Definición de prueba de lectura válida de tarjeta RFID: En esta prueba se busca recibir datos de una tarjeta RFID utilizando el módulo ID12LA mediante el protocolo de comunicación serial UART por software. El dato recibido por el módulo de comunicación y control será enviado nuevamente a través del puerto serial nativo del PIC hacia una tarjeta de arduino que hará el papel de monitor serial.
- Definición de prueba de comunicación en red wifi con otros dispositivos: En esta prueba se busca establecer conexión y enviar datos a un ordenador, desde el módulo de comunicación y control, utilizando el módulo ESP8266. Dichos datos deberán ser visualizados en un software que actuará como monitor serial del puerto que se seleccionará para recibir estos datos. También requieren que se le proporcione una dirección de IP con la que el módulo ESP8266 establecerá la conexión.
- Definición de prueba de encriptación de información de tarjeta RFID: En esta prueba se busca integrar la lectura de la tarjeta RFID utilizando el módulo ID12LA y la encriptación de esa información mediante el algoritmo AES a 128 bit. Dicha información será enviada de manera serial al servidor mediante el protocolo UART nativo del microcontrolador; el servidor deberá mostrar el dato encriptado de la tarjeta.
- Definición de prueba de distancia máxima de operación comunicación wifi: En esta prueba se busca determinar cuál es la distancia máxima que debe haber entre el módulo de comunicación y control y el ordenador para que el sistema pueda operar correctamente utilizando la comunicación wifi. Esta prueba se realizará solo para determinar la distancia, por lo que no deberá haber obstáculos entre ambos.
- Definición de prueba de comunicación wifi entre módulo y ordenador: Lo que se hará es leer el valor de varias tarjetas de RFID 125 kHz utilizando el módulo ID12LA; una vez se tenga la información se enviará hacia el ordenador y se visualizará a través de un software que muestra el tránsito de paquetes TCP.
- Definición de prueba de desencriptación del servidor: En esta prueba se busca visualizar a través del software del servidor la desencriptación de los datos provenientes del módulo de comunicación y control. Dichos datos serán proporcionados por el módulo lector de RFID ID12LA y se transmitirán mediante vía WIFI mediante el protocolo TCP, utilizando el dispositivo ESP8266.
- Definición de prueba de comunicación entre servidor y módulo de com. y control: En esta prueba se busca establecer comunicación entre el módulo de comunicación y control y el software servidor. Lo que se hará primero es establecer comunicación para luego enviar un paquete de datos utilizando el protocolo TCP mediante módulo wifi ESP8266. El IP del módulo de comunicación y control será 192.168.43.54, mientras que el del servidor será 192.168.43.109 y se comunicaran a través del puerto 80001. Por otro lado, el dato que se enviará será ID de la tarjeta

encriptado, luego se le enviara un dato al módulo de comunicación y control para que accione los relés.

Tal y como se demostró en un ensayo realizado en la herramienta proteos, se espera que el momento de iniciar la prueba el microcontrolador auxiliar comience a enviar datos no cifrados de manera serial (UART), y que el módulo de comunicación y control aplique el algoritmo de encriptación AES, que sin importar el tamaño del dato de origen, el dato resultante debe ser de 128 bits.

Durante una simulación emulamos el comportamiento de la lectora de tarjeta RFID utilizando un micro controlador que se encargará en enviar datos a través del puerto serial de la misma manera en que el módulo transmite la información de la tarjeta, resultado en la recepción correcta de datos. Por lo que se espera que al momento de aproximar la tarjeta RFID se pueda visualizar el valor de la tarjeta en el monitor serial, Se espera recibir de 16 a 32 caracteres debido a experiencia con otros lectores de RFID.

Los primeros ensayos con el módulo ESP8266 fueron escribirle directamente desde la terminal de un ordenador. Luego de que la información llega al ordenador, se visualiza a través del programa WILDSHARK el dato encriptado y a través del software servidor se visualiza el dato de la tarjeta RFID. Se espera que en el ensayo 3 que tendrá una distancia de 20 metros haya deficiencia en la comunicación causando un retraso en el tiempo de respuesta. Los resultados de las muestras revelan como el software servidor es capaz de desencriptar los datos recibidos desde el módulo de comunicación y control.

Luego de llevar a cabo esta prueba podemos decir que el módulo de comunicación y control es capaz de encriptar y desencriptar datos mediante el uso del estándar americano de encriptación (AES) a un tamaño de 128 bits. Sin importar el tamaño del mensaje original el módulo envía un dato encriptado de 128 bits, lo que sugiere que no hay ningún error en la traslación en el algoritmos de encriptación.

RESULTADOS

- Luego de que pasaran 60 segundos no se encontró el dispositivo en la red local.
- Al momento de leer el puerto UDP (10001) y la dirección de IP asignado al módulo a través del firmware, no se recibieron datos de parte del mismo.

Resultado de prueba de lectura valida de tarjeta rfid:

- Al momento de realizar la prueba con la tarjeta identificada como "cristhian" obtuvimos a través del monitor serial su valor

correspondiente, donde el primer carácter es una información redundante teniendo un así el siguiente código valido: 5500849084C5.

- Se recibió un dato desde el IP (192.168.43.65) con un tamaño de 16 bytes por el puerto 8001. Y también se tiene que desde el ordenador cuyo IP es 192.168.43.109 no envió respuesta hacia el módulo de comunicación y control.
- Análisis de prueba de descifrado de información de tarjeta RFID: Tomando en cuenta los resultados de esta prueba y de las pruebas preliminares, podemos decir que el módulo de comunicación y control es capaz de llevar a cabo el algoritmo de encriptación AES a 128 bits.
- Análisis de prueba de comunicación wifi entre módulo y ordenador: Según las pruebas realizadas, se comprobó que el módulo de comunicación y control es capaz de conectar y enviar paquetes de datos encriptados usando el protocolo TCP a través del módulo ESP8266; y que también somos capaces de confirmar si dicha información coincide con la de la tarjeta RFID.
- Análisis de prueba de descifrado del servidor: Durante las pruebas se pudo observar que el dato encriptado por el módulo de comunicación y control no coincide el que encripta el software, debido a la manera en que el visual estudio maneja la librería de criptografía.
- Análisis de prueba de comunicación entre servidor y módulo de com. Y control: Basado en los resultados obtenidos, podemos concluir que el sistema tiene la capacidad de comunicarse entre sus componentes, pudimos confirmar que el servidor es capaz de encriptar y descifrar datos; también que el módulo de comunicación y control es capaz de encriptar datos y enviarlos inalámbricamente vía wifi.

PRUEBAS DE FIABILIDAD

El sistema de control de acceso con encriptación AES a 128 bits, es un producto cuyas etapas no son reparables por razones económicas; el mantenimiento del dispositivo es enteramente de software y firmware, es decir, que el módulo de comunicación y control no está constituido por componentes que se degraden a corto plazo.

CONCLUSIONES

El sistema de control de acceso con encriptación AES a 128 bits es un producto dedicado a entidades bancarias y financieras que necesitan monitoreo constante de las personas que entran a un área determinada, y que esta información llegue al servidor de manera segura.

Durante el proceso de desarrollo de este producto se han realizado modificaciones importantes como fueron el cambio de la lectora de tarjetas de RFID, el cual en un principio era un módulo RC522 de la compañía

Microchip, que utiliza una comunicación SPI. Este fue remplazado por el módulo ID12LA por motivos de capacidad de memoria de programa.

También se cambió el módulo de comunicación Ethernet ENC28J60, por el USRTCP232 para agilizar el tiempo de respuesta entre el módulo de comunicación y control y el servidor. Esta modificación implicó el rediseño de la tarjeta, lo cual altera el costo de producción que representa un aumento en los precios final del producto.

El estudio económico indica que se necesita de una inversión total inicial de RD\$ 889,296.33 para cubrir los gastos legales y de infraestructura que se necesitan para arrancar y también para sostener el proyecto durante los primeros 5 meses.

Recibido: 21/04/2019

Reenviado: 27/04/2019

Aceptado: 28/04/2019

Sometido a evaluación de pares anónimos

