

InGeni

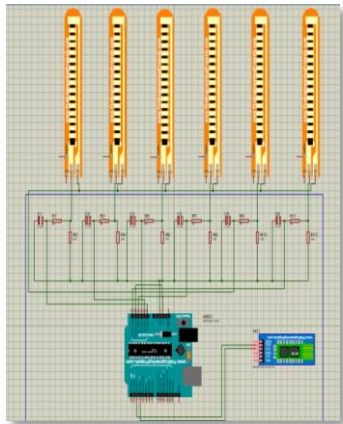


UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

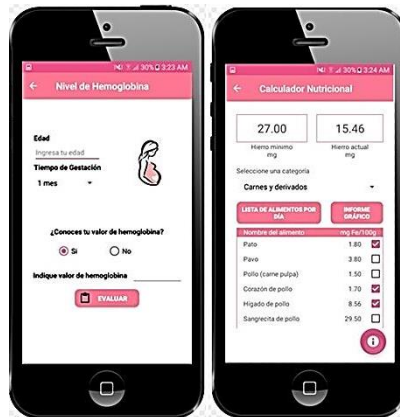
Revista Científica y Tecnológica

eISSN: 2697-3642

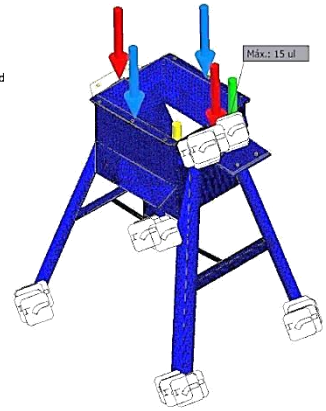
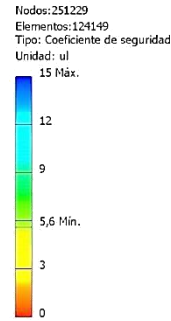
Latindex – folio: 29646



Kit para el aprendizaje del lenguaje de señas ecuatoriano
Pág. 1



App de control nutricional para prevención de anemia en la mujer gestante
Pág. 17



Prototipo para separación y remoción de partículas ferromagnéticas de neumáticos
Pág. 38

Vol. 4, Núm. 1
Enero 2021



Índice

Kit didáctico para el aprendizaje del lenguaje de señas ecuatoriano ... 1 <i>(Didactic Kit for Learning Ecuadorian Sign Language)</i> Paola Benítez, Jocelyne Giraldo, Stiven Rodríguez
Casco inteligente de seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales 11 <i>(Industrial Safety Smart Helmet for the Prevention of Accidents and Occupational Diseases)</i> Henry Nelson Aguilera Vidal, Franklin Landerson Gallegos Ramírez, Anabell Martha Rea Freire, Michael Nilo Galeas
Aplicación móvil de control nutricional para prevención de la anemia ferropénica en la mujer gestante 17 <i>(Mobile Application for Nutritional Control and the Prevention of Iron-Deficiency Anemia in Pregnant Women)</i> Joe Llerena-Izquierdo, María Merino-Lazo
Análisis del rendimiento de la paralelización del algoritmo Reed-Solomon 27 <i>(Analyzing parallelization performance of Reed-Solomon algorithm)</i> Fabricio R. Marcillo, Raúl H. Palacios, Antonio F. Díaz, Jefferson R. Herrera, Ronald D. Camacho
Diseño de una máquina prototipo para la separación y remoción de partículas ferromagnéticas de neumáticos triturados 38 <i>(Design of a prototype machine for separation and removal of ferromagnetic particles from shredded tires)</i> Joao Bárzaga, Yoandrys Morales, Marioxy Morales, Jhon Martínez, Klever Paccha
Contribución de colombianos a la generación de conocimiento y desarrollo tecnológico internacional a partir de solicitudes de patentes PCT 50 <i>(Colombians Contribution to the generation of knowledge and international technological development from PCT patent applications)</i> David Romero Betancur, Blanca Janneth Parra Villamil
Energía solar en paradas de bus una aplicación moderna y vanguardista 58 <i>(Solar energy in bus stops a modern and avant-garde application)</i> Héctor Sebastián Naranjo Silva, Diego Javier Punina Guerrero, Juan José Morales Martínez

Kit didáctico para el aprendizaje del lenguaje de señas ecuatoriano

(Didactic Kit for Learning Ecuadorian Sign Language)

Paola Benítez, Jocelyne Giraldo, Stiven Rodríguez

Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
pbenitez@uteq.edu.ec, jocelyne.giraldo2016@uteq.edu.ec, stiven.rodriguez2016@uteq.edu.ec

Resumen: Las dificultades que existen para entablar un diálogo con personas sordas son muchas debido a que una gran cantidad de personas no conocen la dactilología o lenguaje de señas. En Ecuador, las personas con esta discapacidad están apartadas de ciertas tecnologías lo que disminuye sus posibilidades de comunicación. Debido a esto, se propone la utilización de un kit que ayude en el aprendizaje del lenguaje de señas. Mediante entrevistas preliminares y revisión bibliográfica se obtuvieron lineamientos sobre cómo se debería diseñar el kit. Así, el kit propuesto está compuesto de un guante vinculado por Bluetooth a una aplicación móvil. El prototipo construido permite inicialmente el aprendizaje del abecedario y la formación de palabras básicas del lenguaje de señas ecuatoriano. Con este prototipo se realizó una evaluación con personas adultas, para llegar a obtener una opinión del kit didáctico. Los resultados obtenidos fueron en su mayoría positivos, lo cual permite especular que un kit de este tipo podría ayudar en el aprendizaje de lenguaje de señas.

Palabras clave: Discapacidad auditiva, lenguaje de señas, aplicación móvil, guante, dispositivos móviles.

Abstract: The difficulties that exist to establish a dialogue with deaf people are many due to the fact that a large number of people do not know dactylology or sign language. In Ecuador, people with this disability are indifferent from certain technology, which reduces their communication possibilities. Due to this, the use of a kit that helps in the learning of sign language is proposed. Through preliminary interviews and literature review, guidelines were obtained on how the kit should be designed. Thus, the proposed kit consists of a glove linked by Bluetooth to a mobile application. The prototype built initially allows the learning of the alphabet and the formation of basic words of the Ecuadorian sign language. With this prototype an evaluation was carried out with adults, to get an opinion of the didactic kit. The results obtained were mostly positive, which allows speculating that such a kit could help in the learning of sign language.

Keywords: Hearing impaired, sign language, mobile app, glove, mobile devices.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen 466 millones de personas en el mundo que padecen pérdida de audición [1]. En Ecuador el 14,05% tiene problemas auditivos [2]. Esta pérdida de audición se considera como leve, moderada o grave. Puede deberse a causas genéticas, complicaciones en el parto, enfermedades infecciosas, el empleo de determinados fármacos o la exposición al ruido excesivo.

La tecnología ha permitido crear varias aplicaciones tanto en software como hardware las cuales pueden ayudar a las personas sordas en particular, o en general a aquellas que podrían estar interesadas en el aprendizaje de la dactilología. Algunos ejemplos son: aplicación móvil que permite la comunicación entre personas con discapacidades auditivas [3], el uso de asistencia tecnológica para el aprendizaje del lenguaje de señas [4], y el uso de un guante que permite la traducción de señas [5]. Esto es una muestra de que existen herramientas tecnológicas, pero no son accesibles porque la mayoría solo han quedado como prototipos, y las pocas aplicaciones existentes en español son básicas.

Ante esta situación, en este trabajo se describe el diseño de un kit didáctico que ayude aprender la dactilología. El kit se basa en un guante que captura los movimientos de los dedos para traducir los patrones dactilológicos hacia letras y palabras, las mismas que serán mostradas a través de la aplicación móvil. Se busca que el aprendizaje se realice de una manera intuitiva al momento de ejemplificar el lenguaje de señas; es decir, que la mano esté en una posición correcta al formar una letra.

El prototipo está diseñado de tal forma que puede ser utilizado por cualquier persona que tengas ganas de aprender la dactilología. El propósito es aprender lo básico, para que no exista un grado de complejidad al momento de realizar los movimientos

2. TRABAJO RELACIONADO

Existen varias investigaciones que apoyan el desarrollo de nuevas aplicaciones y dispositivos para la dactilología. El desarrollo de dispositivos inteligentes es de mucha ayuda porque permite la comunicación, enseñanza a personas con discapacidad o sin discapacidad.

Crespín y Chávez [3] indican las diferentes alternativas de comunicación que poseen las personas sordas. La solución que presentan es traducir la dactilología donde el destinatario reciba un mensaje de una manera clara, rápida y sencilla desde cualquier lugar.

Otra investigación se enfocó en ayudar a los estudiantes sordos a hacer el uso correcto de una asistencia tecnológica para la enseñanza del aprendizaje, desarrollando estrategias de comunicación entre varias personas sin importar el grado de sordera [4].

Espinosa y Pogo [5] construyeron un guante electrónico capaz de traducir la dactilología de una persona sordomuda al lenguaje de letras. Este prototipo está basado en un traductor de movimientos de la mano a través de un guante. El software del guante traductor lo realizaron en Matlab y consta de algunas aplicaciones de aprendizaje.

Abdallaha y Fayyumi [6] crearon una aplicación para dispositivos Android con el objetivo de integrar a las personas sordas-mudas a la sociedad. Esta aplicación logra que las personas con capacidades especiales puedan comunicarse con la mayor facilidad y rapidez, teniendo acceso a esta tecnología. La aplicación mediante un teclado especial de lenguaje de señas logra traducir a texto sus oraciones fomentando que exista una comunicación sin exclusividad.

Otra solución basada en software es un prototipo tecnológico móvil para el apoyo de comunicación dactilológica. Este proyecto es distinto, porque necesita que el celular contenga una cámara y mensajes multimedia. El funcionamiento se basa en formar una seña con la mano, para después tomar una foto desde la cámara de la aplicación. Lo que hace la aplicación es traducir la seña a texto normal [7].

Manos que hablan [8] es un prototipo de aplicación móvil para la enseñanza del alfabeto dactilológico colombiano. Este permite que cualquier persona sin importar la edad o condición pueda aprender la dactilología. La aplicación cuenta con tres interfaces: búsqueda de letra, de frases y palabras; cada una desarrollada de tal manera que su uso sea dinámico e interactivo.

A las investigaciones anteriores se une una aplicación que permite el aprendizaje de anatomía a niños sordos, a través de M_Learning. Los niños aprenden mediante videos que están en lenguaje de señas, cuentan con un teclado especial. También se comunican con sus docentes para que las clases sean más interactivas y puedan cubrir todas las dudas que tengan los infantes [9].

Navarrete Enríquez [10], diseño un guante traductor llamado el Lenguaje de las ocho señas básicas, con el objetivo de ayudar a las personas que tienen a su cuidado a estas personas. Las señas no fueron complejas y su significado fueron: quiero jugar, estoy cansado, me siento enfermo, necesito ir al baño, tengo mucha sed y necesito ayuda. El guante se comunica mediante el bluetooth, manda un mensaje, el cual puede ser leído o escuchado por la aplicación.

Chacón y Aguilar [11], desarrollaron un guante y una aplicación para el lenguaje de señas. Con el objetivo de aprender de una manera diferente la dactilología ecuatoriana y que los usuarios se acostumbren a este nuevo lenguaje. El guante enseña los signos para construir palabras básicas y el abecedario. Para que el guante funcione debe estar conectado a la computadora mediante un cable.

3. MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE LA PROPUESTA

3.1. Entrevista previa

Con la finalidad de analizar las ideas iniciales y encontrar otras para el diseño del kit se realizaron entrevistas preliminares. Las entrevistas se realizaron a tres adultos, 2 mujeres y 1 hombre de entre 22 a 35 años de edad. Estas personas fueron invitadas a colaborar porque han convivido con personas sordas y por su interés en el tema. No obstante, solo una persona tenía conocimiento acerca de aplicaciones para el aprendizaje dactilológico, mientras los otros no sabían que existieran este tipo de herramientas. Las entrevistas fueron grabadas en formato de audio para su posterior análisis.

Luego de explicar la idea propuesta a cada uno de los entrevistados se les solicitaron opiniones para entablar un diálogo. En primer lugar, manifestaron estar de acuerdo en el uso de aplicación móvil para la visualización de las letras/palabras. En cuanto al guante, uno indicó que sería mejor hacerlo de cuero y los otros dos comentaron que sería mejor que los guantes fueran similares a los usados por los motociclistas. Otra sugerencia fue que sea flexible porque algunas señas requieren de eso. También, se tuvo como recomendación que el guante no sea pesado porque generaría cansancio a persona que lo esté utilizando. Finalmente, los entrevistados comentaron que sería mejor si se usan dos guantes en vez de uno y que se le agreguen señas predefinidas.

3.2. Materiales

Los materiales utilizados en la implementación del prototipo son los siguientes:

- Guante de tela y caucho.
- Sensores flex.
- Resistencias eléctricas.
- Protoboard.
- Módulo Bluetooth.
- Arduino UNO.
- Multiplexor de señales.
- Silicón
- Dispositivos: Smartphones con Android

3.3. Diseño

La información recogida por parte del Arduino, se envía por un módulo Bluetooth, conectado en el lado contrario a los sensores flex del Arduino, como se aprecia en la Figura 1. Las señales que recogen los sensores son analógicas (dado a que se recolectan valores del mundo real) por lo que utilizan pines específicos para las mencionadas señales, mientras que la información enviada es digital, esto con la finalidad de que pueda ser interpretada por el dispositivo móvil que mantendrá la conexión con el Arduino.

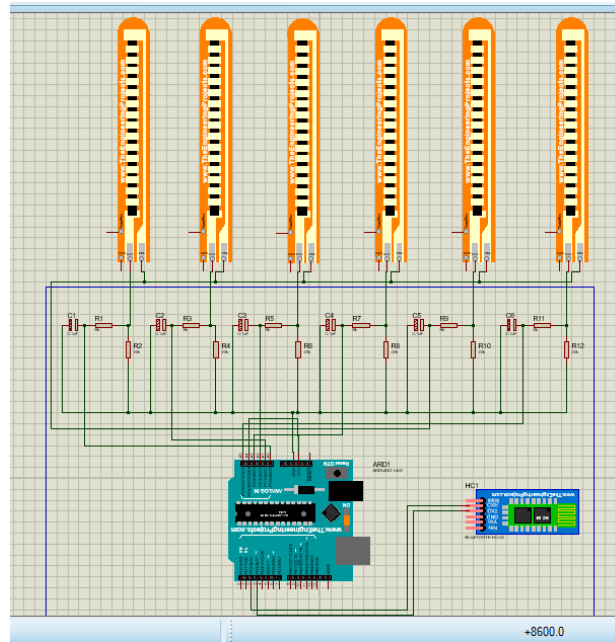


Figura 1. Diseño esquemático del circuito.

3.4. Funcionamiento

En la Figura 2 se aprecia cómo se encuentra montado el circuito del guante, los sensores se encuentran ubicados en cada dedo y en la muñeca. Estos se conectan a un Arduino UNO a través de una protoboard, a su vez, las conexiones son alimentadas por la misma placa Arduino.



Figura 2. Vista frontal del guante.

Los sensores funcionan ejerciendo una resistencia eléctrica al momento de ser doblados, y dependiendo del ángulo en el que se encuentre, dan diferentes valores, los cuales se capturan para luego a la combinación de resultados asignarles las letras del abecedario. Así, la figura 3 muestra la vista final del guante.



Figura 3. Vista completa del circuito.

3.5. Calibración del guante

Debido a que las personas poseen manos de distintos tamaños, el ángulo en el que doblan los sensores varía. Por este motivo, cada persona que utilice el kit, debe realizar una calibración para posteriormente poder usarlo apropiadamente.

La calibración se efectúa de tal forma que los usuarios deben realizar la posición de cada letra del abecedario. El Arduino toma lectura de los sensores cada 100ms; estos muestran 6 valores diferentes indicando la resistencia eléctrica que se está produciendo. Los valores se recogen y se escriben en un libro de Excel para facilitar el registro y análisis.

Finalmente, en el ejemplo mostrado en la Figura 4, se cambian los valores de cada sensor dependiendo de la letra que se esté calibrando. Se utiliza dos valores como rangos en los cuales el Arduino interpreta como una letra.

```
//Letra B
//Comparacion de los valores del sensor entre limite inferior y limite superior
if (lecturaMenique>300&&lecturaMenique<450&&lecturaAnular>300&&lecturaAnular<450)
ModBluetooth.println('B');
Serial.println('B');
delay(500);
}
```

Figura 4. Línea de código que interpreta las letras ingresadas a través del guante.

3.6. Aplicación móvil

La aplicación diseñada para el sistema operativo Android (Figura 5) muestra diferentes opciones para complementar el funcionamiento del guante. Primero, para poder conectarlo se necesita tener activado en el smartphone la tecnología Bluetooth. Luego se selecciona el dispositivo para emparejarlos y desde ese momento se podrá visualizar las acciones del guante con el celular desde el apartado de escritura.

Una característica agregada a la aplicación es la inclusión del abecedario en lenguaje de señas. De esta manera, los usuarios pueden aprender a escribir con el guante, viendo las posiciones de los dedos que necesitan realizar.

Dada esta forma, el kit de enseñanza correspondería del uso de un sistema embebido y una interfaz gráfica en Android para su correcto funcionamiento.

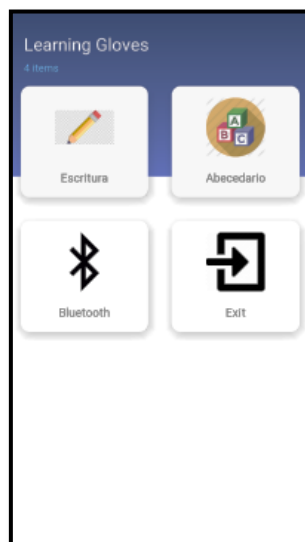


Figura 5. Pantalla principal de la aplicación móvil.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Participantes

Ocho adultos fueron partícipes de la evaluación, 5 mujeres y 3 hombres de 20 a 35 años de edad. Con las siguientes características:

- Conocimiento de la dactilología.
- Manejo de tecnología.

Cabe mencionar que todos los adultos evaluados no tienen ninguna capacidad diferente, pero han tratado a personas con discapacidad auditiva.

4.2. Lugar de Evaluación

La evaluación se realizó en los respectivos hogares de los adultos, para que estén cómodos al momento de realizarla.

4.3. Procedimiento

Al iniciar la evaluación se realizó una introducción del prototipo de kit didáctico para el aprendizaje dactilológico y su funcionalidad. Posterior a eso se procedió a firmar un consentimiento informado por parte de los participantes, junto con algunas instrucciones con respecto al prototipo.

Después de la calibración del guante, se procedió a su uso. Para la utilización del guante y de la aplicación se dio un tiempo total de 15 minutos por persona.

Se entabló un tema de conversación con cada uno de los adultos en los diferentes aspectos de cómo les interesó el tema de la dactilología, cuál fue su experiencia, entre otros.

Los participantes respondieron también a un cuestionario demográfico considerando aspectos tales como la edad, nivel de estudio, sexo, uso smartphone o table, Android o iOS,

cuantas horas utiliza el móvil y en que lo utiliza, si conoce aplicaciones para personas con discapacidades y en cuanto al conocimiento del lenguaje de señas.

4.4. Recolección de datos

Adicional a los datos demográficos, se recolectaron opiniones referentes a la usabilidad del prototipo. Para el efecto, se utilizó el cuestionario SUS (System Usability Scale) [12]. Este cuestionario fue complementado con las siguientes preguntas:

1. ¿Cree usted que esta herramienta puede ayudar a aprender la dactilología?
2. ¿Considera usted que al kit le hace falta algo?
3. ¿Recomendaría este kit a otras personas interesadas en la dactilología?
4. ¿Se motivaría usted a aprender la dactilología utilizando este kit?
5. ¿Cuál cree que es el tipo de persona a la que está destinada idealmente para utilizar el kit?

5. RESULTADOS

A través de la recolección de datos por medio del cuestionario y la revisión de las notas tomadas, se obtuvieron los siguientes resultados. El puntaje SUS promedio obtenido fue de 52.5 (rango 35 a 70 puntos), lo que permite considerar a la usabilidad del kit como “aceptable”. Esto da como resultado que el kit de enseñanza tiene una aceptación dividida por parte de los usuarios

En la Figura 6, se muestran los resultados de las primeras 4 preguntas, considerando tres respuestas posibles. La quinta pregunta tuvo 5 opciones posibles en las cuales los usuarios especificaban el rango de edades al que creían que el kit de enseñanza iba enfocado (Figura 7).

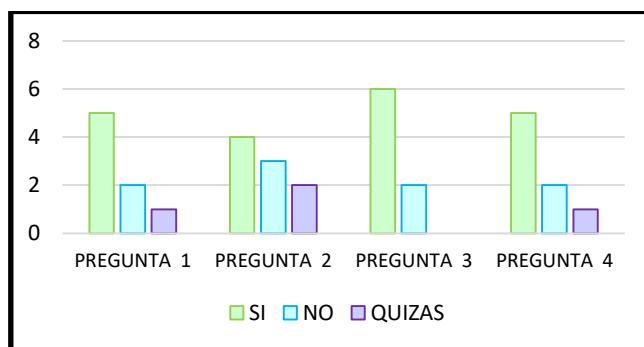


Figura 6. Resultados de evaluación de prototipo

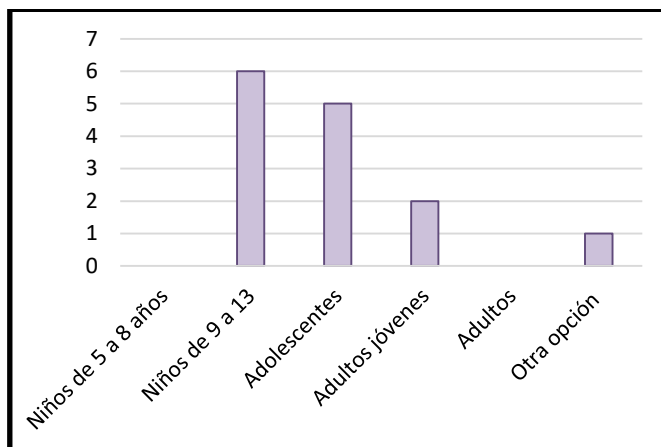


Figura 7. Resultados de la pregunta 5

En cuanto a los comentarios adicionales permitidos, todos los participantes indicaron que comprendieron el funcionamiento del kit, y que les llamó la atención la forma del funcionamiento de la aplicación hacia el guante. También se refirieron a que les podría causar molestia, debido que el guante tiene muchos cables y recomendaron un nuevo prototipo donde no se puedan apreciar los cables. Además, la calibración fue incómoda porque requirió dedicarle un tiempo al inicio con cada una de las personas. Esto se debe a que no todas las personas poseen las mismas características de su mano como tamaño y grosor. Finalmente, los participantes recomendaron el kit para ser usado por niños porque ellos tienen una mejor receptividad en aprender unas cosas.

6. DISCUSIÓN

El prototipo de kit dactilológico fue diseñado de una forma muy sencilla. En el transcurso los colaboradores participaron atentamente a cada uno de los sucesos. Se realizó en primer lugar la aplicación de un consentimiento informado y el cuestionario demográfico, para luego hacer la calibración del guante y utilización del kit. Terminada esta parte se dio comienzo a la evaluación de kit. Los participantes respondieron parcialmente a cada una de las preguntas realizadas.

Tras el planteamiento de los resultados, se evidenció que este kit fue aceptado en su gran mayoría, a excepción de dos participantes y de uno que estuvo indeciso.

Esos resultados negativos se dieron por las siguientes razones: un participante no cree que es un buen método de aprendizaje y las otras dos personas explicaron que aún le falta desarrollar más cosas al kit. Entre los aspectos que se consideran que al kit aún le faltan están: más movimientos, otras opciones en la aplicación y hasta otro guante. Mientras una persona consideró que tiene lo básico para empezar a aprender.

Los resultados de la recomendación del kit fueron muy positivos; las personas consideraron que se aprende lo básico, que es interesante, que es ideal para niños. No obstante, dos personas consideran que no recomendaría el kit por los siguientes motivos: el primer motivo fue que no todas las personas utilizan este método para aprender y el otro motivo fue que aún le falta desarrollo.

Algunos entrevistados comentaron que si utilizarían el kit para aprender el lenguaje de señas porque permite conocer otro medio de comunicación también porque es un método que llama la atención y es entretenido. A pesar de esto, hubo tres respuestas negativas.

Otro problema sería la visibilidad del guante porque los participantes mencionaron que los niños y adolescentes eran los más óptimos para aprender con este método dado a que el circuito se encuentra a la vista de los usuarios. Esto conllevaría a que puedan manipular el circuito causando algún tipo de daño.

En este punto conviene además contrastar el kit propuesto con otras posibilidades. Una primera opción es la interacción sin contacto, en particular basada en gestos, y cuyo uso también se ha sido demostrado con fines educativos (por ejemplo, [13] [14]). Aunque se puede realizar reconocimiento de señas mediante este estilo de interacción, no es posible proporcionar retroalimentación táctil, lo cual marca la diferencia con el kit propuesto.

7. CONCLUSIONES

Como miembros de la sociedad actual debemos comprender que la población de personas con discapacidad auditiva aumenta y existen ciertas limitaciones. Es importante ayudar de manera colectiva con aplicaciones tecnológicas, por ejemplo, a que aprendan un nuevo lenguaje de comunicación para que no se excluya a ningún tipo de persona con discapacidad auditiva. El fin del kit es que las personas aprendan de manera fácil y eficaz la dactilología.

A partir de las entrevistas realizadas a diferentes adultos se obtuvieron los datos necesarios de los requerimientos para definir el prototipo. El prototipo fue evaluado con la participación de posibles usuarios y los resultados son aceptables. Aunque el puntaje SUS promedio obtenido es relativamente bajo en comparación a lo que podría esperarse, debe tenerse en cuenta que otros aspectos podrían influir (por ejemplo, el no conocer el lenguaje de señas). Sin embargo, los comentarios adicionales permiten especular que el kit didáctico propuesto es un método de aprendizaje que puede resultar factible para aprender el lenguaje de señas. Al momento de utilizar el kit las adultas no presentaron inconvenientes, y expresaron que sería de gran utilidad para el aprendizaje de la dactilología.

A futuro se puede diseñar un guante que no sea tan robusto, que el circuito no sea visible para los usuarios. También se podrían incorporar más opciones a la aplicación tornándola más interactiva. Algunas ideas de esto son el uso de juegos y/o de un espejo con capacidades aumentadas para proporcionar mejor retroalimentación especialmente por el tamaño de la pantalla del celular que se emplee (por ejemplo [15]). Además de considerar la calibración del guante se torne rápida y de forma automática, logrando un rendimiento idóneo y una precisión segura del dispositivo.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, Sordera y pérdida de la audición, 2019.
- [2] Gobierno de la Republica del Ecuador, Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2018.
- [3] L. Crespin M. y M. Chavez E., Desarrollo e implementación de una aplicación móvil que facilite la comunicación de los integrantes de la asociación cultural de sordos de Guayaquil, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [4] R. Ramirez, Investigación documental sobre el uso de la asistencia tecnologica en el proceso de la enseña y el aprendizaje al desarrollar estrategias de comunicacion en la educacion de estudiantes sordos., Quito: Universidad Metropolitana, 2009.
- [5] P. Espinoza Aguilar y H. Pogo Leon, Diseño y construcción de un guante prototipo electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas de una persona sordamuda al lenguaje de letras, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2013.
- [6] E. E. Abdallaha y E. Fayyumi, «Assistive Technology for Deaf People Based on Android,» de Procedia Computer Science 94, 295-301, 2016.
- [7] L. Lujan Vega, E. González Anchondo y G. Sandoval Lujan, «Prototipo tecnológico móvil para el apoyo de comunicación dactilológica a personas con capacidades limitadas del habla y auditivas,» de Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas, 2010.
- [8] O. M. Leonardo Zamora y V. C. Salamanca Valenzuela, Manos que hablan. Prototipo de aplicación en android para el aprendizaje del alfabeto dactilológico para, Colombia, 2013.
- [9] A. G. Yohana Roza y M. A. Leguizamón Páez, «Prototipo telemático para el aprendizaje de la anatomía humana en niños sordos basado en M_Learning,» Revista Educación en Ingeniería, vol. 12, n° 24, pp. 63-75, 2017.

- [10] J. B. Navarrete Enríquez, Prototipo G.T.S.B-1 (guante traductor de señas básicas), para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje , 2015.
- [11] E. C. Darwin Aguilar, «Desarrollo de una Interfaz para el Reconocimiento Automático del Lenguaje de Signos,» MASKAY, vol. 4, n° 1, pp. 14-21, 2014.
- [12] A. Bangor, P. T. Kortum y J. T. Miller, «An empirical evaluation of the system usability scale,» Intl. Journal of Human–Computer Interaction, vol. 24, n° 6, pp. 574-594, 2008.
- [13] A. Vicuña y O. Erazo, «Interacción basada en gestos de dibujos para complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje,» Enfoque UTE, vol. 7, n° 4, pp. 1-15, 2016.
- [14] A. Z. Paredes, M. Rodríguez-Chérrez, M. Yáñez-Moreira y B. Buste, «Interacción basada en gestos para mejorar la ortografía,» Revista InGenio, vol. 3, n° 1, pp. 102-113, 2020.
- [15] K. Guerrero, G. Bowen, B. Patiño y A. Z. Paredes, «CAT-MAN: Un “espejo mágico” para ayudar en el corte de cabello de niños,» Revista InGenio, vol. 2, n° 1, pp. 31-45, 2019.

Casco inteligente de seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales

(Industrial Safety Smart Helmet for the Prevention of Accidents and Occupational Diseases)

Henry Nelson Aguilera Vidal¹, Franklin Landerson Gallegos Ramírez¹, Anabell Martha Rea Freire¹, Michael Nilo Galeas¹

¹ Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
haguilera@uteq.edu.ec, franklin.gallegos2015@uteq.edu.ec, anabel.rea2015@uteq.edu.ec,
michael.galeas2015@uteq.edu.ec

Resumen: La seguridad industrial es un relevante para las empresas debido al uso contante de herramientas, maquinarias y equipos, creando un entorno de trabajo lleno de riesgos y peligros para los trabajadores. Por ello, hay normas que exigen la utilización de los EPI tales como el casco para prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales. Sin embargo, en la actualidad no existe una solución tecnológica en este ámbito que proporcione en tiempo real información tanto al trabajador como al personal médico y al departamento de seguridad industrial, y que alerte al trabajador sin equipos adicionales o la necesidad de personal especializado en mediciones ambientales como túneles o minas. Por ello, en este trabajo se propone un casco de seguridad inteligente que podría ayudar a reducir el índice de accidentabilidad de los trabajadores. El casco utiliza componentes electrónicos como dispositivos de alerta y puede analizar niveles nocivos de gases, con el fin de prevenir enfermedades ocupacionales a corto y largo plazo a consecuencia de la actividad que realizan los trabajadores.

Palabras clave: casco inteligente, salud ocupacional, seguridad industrial.

Abstract: Industrial safety is relevant for companies due to the constant use of tools, machinery and equipment, creating a work environment full of risks and dangers for workers. For this reason, there are regulations that require the utilization of PPE such as the helmet that you use to accidents and occupational diseases. However, at present there is no technological solution in this area that provides information in real time to both the worker and the medical staff and the industrial safety department, and that alerts the worker without additional equipment or the need for specialized personnel in measurements environmental such as tunnels or mines. For this reason, this work proposes an intelligent safety helmet that could help reduce the accident rate of workers. The helmet uses electronic components as warning devices and analyzes harmful levels of gases, in order to prevent occupational diseases in the short and long term as a result of the activity carried out by workers.

Keywords: smart helmet, occupational health, industrial safety.

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad industrial es un tema de gran importancia para las empresas, pues debido a la gran cantidad de herramientas, maquinarias y equipos que se manejan se crea al mismo tiempo un entorno de trabajo lleno de riesgos y peligros para los trabajadores. Es por esto que existen

normas que obligan el uso de Equipos de Protección Personal (EPP) [1] en todo momento. En base a lo anterior, podemos decir que es importante innovar continuamente la efectividad y confiabilidad de estos equipos de seguridad, y de esta manera asegurar la integridad del trabajador [2].

En la industria minera por ejemplo [3], la construcción de túneles y de obras subterráneas implica riesgos para todas las partes implicadas así como para otras no directamente involucradas, debido a las incertidumbres inherentes a estos proyectos. Si no se toman medidas o acciones necesarias para disminuir los riesgos en futuros proyectos de minería túneles y galerías, el índice de accidentabilidad en los trabajadores se incrementaría durante su ejecución de las actividades. Para disminuir los riesgos que ocurren en trabajos subterráneos de minería, galería y túneles se necesitan cascos de seguridad industrial inteligentes que ayuden a prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales en la industria minera y de construcción.

En la actualidad no existen soluciones tecnológicas en el campo de la seguridad industrial y salud en el trabajo, que brinde información en tiempo real tanto al trabajador como al personal médico y departamento de seguridad industrial, y que a la vez alerte al trabajador sin equipos adicionales o la necesidad de personal especializado en mediciones ambientales [4] como dióxido de carbono, gas metano, temperatura, humedad del lugar de trabajo en túneles y minería, similar a lo que se hace en ambientes cerrados [5].

Por ello, con este proyecto se busca la implementación de mejoras a estos equipos, orientadas a la interacción inteligente tanto con su entorno como con el usuario, añadiendo una serie de características pensadas para aumentar al máximo la integridad y seguridad de los operarios en el sector de la minería y la industria [2]. Así, el objetivo de este trabajo fue diseñar un casco de seguridad industrial “inteligente”, que mediante el uso de sensores y actuadores tecnológicos, contribuya a la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales en la industria minera. La finalidad de diseñar este casco de seguridad inteligente es de reducir el índice de accidentabilidad de los trabajadores utilizando componentes electrónicos como dispositivos de alerta. También permitirá realizar un análisis de la calidad atmosférica específicamente de gases metano y dióxido de carbono, con el fin de prevenir enfermedades ocupacionales a corto y largo plazo a consecuencia de la actividad que realizan los trabajadores.

2. METODOLOGÍA

2.1. Casco “inteligente”

El casco diseñado cuenta con múltiples sensores entre ellos tres sensores de proximidad que se instalan en lugares específicos de un casco de seguridad. Estos sensores emiten una señal eléctrica en caso de encontrarse a menos de 50 cm. De distancia de un objeto.

La señal es captada por un Arduino, el cual la envía a un motor vibratorio haciendo haciéndole actuar de manera inmediata. Así, a través de vibraciones localizadas, se le indica al usuario cuando un objeto se aproxima al trabajador. Además, la frecuencia de vibración se incrementa al reducir la distancia entre el objeto y el sensor. También, el casco permite realizar un análisis de la calidad atmosférica específicamente de gases metano y dióxido de carbono dando a conocer en tiempo real las concentraciones a la que está expuesto los trabajadores, cuenta con un sensor de DTH11 quien se encarga de tomar la lectura de temperatura, humedad a la que se encuentra laborando el trabajador, con el fin de prevenir enfermedades ocupacionales a corto y largo plazo a consecuencia de la actividad que realizan.

El sistema es alimentado por una batería externa de ion litio la cual está conectada al Arduino y al motor. Las conexiones entre el Arduino, sensores, motores y alimentación convergen en una placa PCB, ubicada junto al Arduino y la batería en una caja pequeña en la zona trasera del casco.

2.2. Métodos

Éste proyecto se realizó mediante un estudio de tipo exploratorio, en el cual se analizó la factibilidad de la implementación de un prototipo de casco inteligente minero, con los diferentes métodos de ensayo y observaciones de campo a los trabajadores expuestos.

También, se recopilado información documental del modelo de casco a evaluar, así como como también en campo para la realización del estudio; es decir se tendrá que identificar a la población expuesta para evaluar mediante los métodos descritos en este trabajo.

2.3. Materiales

A continuación se listan los materiales empleados en el diseño del prototipo de casco inteligente.

- sensor ultrasónico
- motores vibrador
- resistencias
- Cables de conexión
- placa pre perforada
- porta baterías
- batería de ion litio 3000 M.A
- sensor de temperatura, humedad
- arduino omega
- buzzer
- Panel solar
- Leds t rojo
- Sensor de dióxido de carbono CO_2
- Sensor de gas metano CH_4
- pantalla oled 12c
- ESP8266 wifi comunicación
- Batería recargable 9v
- Interruptor
- Módulo de carga 5v
- El módulo controlador de motores
- Cautín
- Estaño
- Pasta de soldar
- Porta cables
- Pinza
- Pistola de silicona
- Cable de datos

Equipos

- Multímetro
- Laptop
- Impresora
- Memoria USB (8gb)

Software

- IBM spss statistics 25
- Arduino uno

- Blynk
- Microsoft Word, Excel

3. RESULTADOS

Las figuras 1 y 2 muestran el resultado de la elaboración del casco de seguridad industrial inteligente incorporado dispositivos electrónicos como sensores de temperatura, humedad, dióxido de carbono, metano, ultrasónico, que permitan monitorear constantemente y reducir el índice de accidentabilidad.



Figura 1. Vista lateral-posterior del casco propuesto.



Figura 2. Vista frontal del casco propuesto.

Se realizaron pruebas de funcionamiento para determinar que todos los componentes electrónicos incorporados en el casco de seguridad industrial inteligente trabajan correctamente.

Asimismo, se verificó que emitan los datos detectados por los sensores como se puede apreciar en la figura 3. En ella se observa la ejecución de la aplicación móvil que acompaña al casco. Esta aplicación fue desarrollada usando Blynk [6] y muestra en tiempo real los datos obtenidos de los sensores incorporados en el casco de seguridad industrial propuesto.

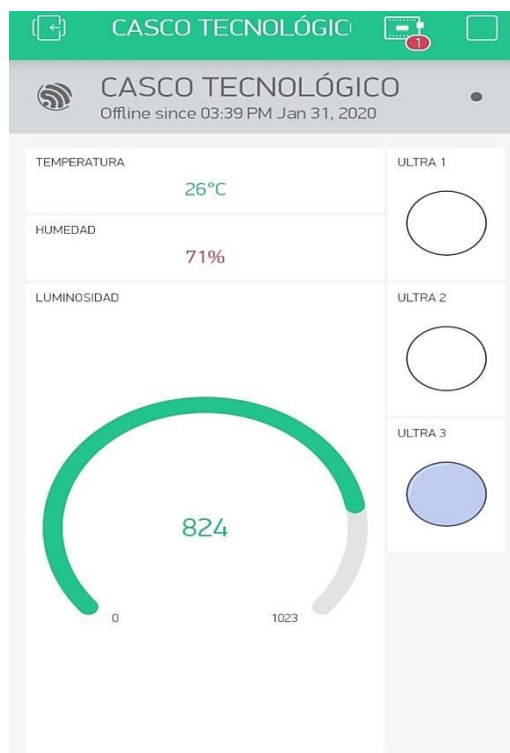


Figura 3. Aplicación móvil usando Blynk para visualización de valores leídos en el casco

Una vez verificado el funcionamiento de todos los componentes del sistema, se llevó a cabo una prueba piloto para ratificar este funcionamiento. Esta evaluación se llevó a cabo en una feria de seguridad industrial y salud ocupacional realizada en el campus de la institución a la que pertenecen los autores. En ella, se dispuso de un stand al que llegaron diferentes personas, fundamentalmente docentes y estudiantes relacionados al área de seguridad industrial. Al acercarse, se les proporcionó una explicación del casco para luego solicitarles colocárselo y probarlo. Finalmente, mediante una entrevista informal se requirió la opinión de ellos. En general, los comentarios fueron positivos, tales como: es una propuesta interesante, sería de utilidad para mineros, podría servir a otros tipos de trabajadores.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha descrito el diseño de un casco de seguridad industrial inteligente. Para ello, se seleccionaron los componentes electrónicos adecuados para la implantación, tales como sensores (de gases, ultrasónico, humedad, temperatura), Arduino, motor vibratorio, batería, panel solar, entre otros. Estos componentes permiten recopilar los datos obtenidos en el lugar de trabajo.

Se incorporó los sensores electrónicos al casco de seguridad industrial, obteniendo un funcionamiento correcto de los componentes. De esta manera se ha innovado un casco de forma tradicional a un casco inteligente. Gracias a la función de los sensores se obtienen datos específicos que permiten conocer los riesgos a los que están expuestos los trabajadores y por ende dar una media de control, con el fin de minimizar el índice de aceptabilidad y el riesgo de obtener a corto o largo plazo una enfermedad ocupacional.

Finalmente, se desarrolló una aplicación móvil que permite al departamento de seguridad monitorear constantemente donde se registran los datos obtenidos en tiempo real. Asimismo, el trabajador portará una pulsera, basada en Internet de las cosas, de forma inalámbrica para visualizar la humedad y temperatura ambiente a la que está laborando, así como gases de dióxido carbono y gas metano, distancia de objetos para evitar accidentes mediante un sistema de alarma que se activa al detectar un objeto próximo a impactarse dando como aviso en forma de vibración en el casco y un sonido emitido por un “buzzer” que es percibido por el trabajador.

Teniendo en cuenta que solo se ha realizado una evaluación final, a futuro se espera llevar a cabo una nueva evaluación idealmente en un ambiente real para el cual el casco fue diseñado. Asimismo, se espera incorporar nuevas funcionalidades, como por ejemplo, proporcionar feedback táctil mediante la pulsera y detectar niveles nocivos de otros gases.

REFERENCIAS

- [1] M. Abrego, S. Molinos y P. Ruíz, «Equipos de protección personal,» *ACHS*, vol. 32, 2000.
- [2] Díaz.B, «Fablab.uchile,» 28 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.fablab.uchile.cl/proyectos/322/casco-de-seguridad-proxihelmet/>.
- [3] J. H. Herbert, Seguridad, salud y prevención de riesgos en minería, Madrid, España, 2008.
- [4] F. A. Cruz Salguero, Análisis de factibilidad de la implementación de un modelo de casco inteligente en trabajos de galerías y túneles, Quito, Ecuador: Universidad Internacional SEK, 2018.
- [5] O. Erazo Moreta, Á. R. Santana Sornoza, M. J. Vera Alarcón y B. W. Oviedo Bayas, «Monitorización de gases contaminantes en ambientes cerrados usando WSN para la toma de acciones preventivas,» *Universidad y Sociedad*, vol. 12, n° 3, pp. 116-122, 2020.
- [6] Blynk, «Blynk - IoT platform for businesses and developers,» [En línea]. Available: <https://blynk.io/>. [Último acceso: 2020].

Aplicación móvil de control nutricional para prevención de la anemia ferropénica en la mujer gestante

(Mobile Application for Nutritional Control and the Prevention of Iron-Deficiency Anemia in Pregnant Women)

Joe Llerena-Izquierdo¹, María Merino-Lazo¹
¹ Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador
jlllerena@ups.edu.ec, mmerinol@est.ups.edu.ec

Resumen: Se presenta el desarrollo de una aplicación móvil para el control nutricional de la mujer gestante con riesgo de anemia ferropénica. Diseñado para registrar, consultar y sugerir las cantidades de hierro requeridas. La metodología de investigación es de corte cuantitativo, con enfoque empírico-analítico de nivel descriptivo. Se utiliza la técnica de la encuesta a una población de 200 mujeres en la ciudad de Lima, Perú. El alto índice de anemia en menores de cinco años, bajo peso del bebé al nacer, así como síntomas comunes que padece la mujer en gestación son factores determinantes que pueden mitigarse mediante el control mediado con el uso de la tecnología. Los resultados evidencian que el problema principal está en los registros de control de la alimentación de la mujer gestante muchas veces elaborados de forma tradicional. El 80% de las participantes indica que el aplicativo tiene un alto potencial en el área médica preventiva como apoyo al proceso de embarazo que evite el padecimiento de la anemia ferropénica considerada un problema de salud en Perú.

Palabras clave: Tecnología y medicina, aplicaciones móviles en el sector salud.

Abstract: This research presents the development of a mobile application to monitor women's nutrition during pregnancy, when they are more at risk of developing iron-deficiency anemia. The app allows users to register daily food consumption and uses inputs to generate follow up reports and suggestions. The application allows users to register, consult and suggest required iron quantities according to nutrition guides. The research is quantitative, with a descriptive empirical – analytical focus. A survey is applied to a population of 200 women in Lima, Peru. High levels of children under age five with anemia, low birth weight as well as other common effects derived from anemia during gestation can be mitigated by using technology to improve health monitoring during pregnancy. Results show anemia frequently fails to be identified and treated due to the traditional ways of recording and analyzing a pregnant women's diet. 80% indicate that the application has great potential when used as a tool for preventive medicine as it supports healthy pregnancies by decreasing cases of iron-deficiency anemia, considered a major health problem in Peru.

Keywords: Technology and medicine, health sector mobile applications.

1. INTRODUCCIÓN

La anemia que se relaciona con el déficit de hierro es el tipo de entidad que prevalece en pacientes cuando se identifican uno de los tres escenarios (o los tres en el mismo paciente), hierro no disponible, pero se encuentra acumulado, requerimiento de hierro supera a su aporte, y falta de hierro de forma absoluta [1]. Estudios caracterizan a varios factores que atañen a grupos vulnerables en el mundo [2][3][4][5] y entre ellos, uno va relacionado a la malnutrición, que

mediante un manejo y control médico [6] o por medio de tecnologías que interaccionan con la persona [7][8] puede ser detectado, prevenido y corregido a tiempo.

La organización mundial de la salud determina que un tercio de las mujeres en edad reproductiva tienen deficiencias de hierro y entre las posibles causas es la nutrición, de la cual se puede priorizar para prevenir enfermedades y su mortalidad, mediante la suplementación y fortificación de su alimentación.

Investigaciones previas en Perú, [9][10][11] determinan factores a los que se atribuyen la falta de hierro antes, durante y posterior a la gestación, entre ellos, el factor nutricional es determinante que evite la anemia ferropénica [6][12].

Este trabajo presenta un prototipo de una aplicación móvil para llevar un control nutricional de las mujeres en la etapa de gestación en el medio peruano, que permite tener una guía alimenticia mediante un calendario con sugerencias de alimentos que cumplen con el nivel de hierro determinado por la Organización Mundial de la Salud durante las etapas de gestación de forma que prevenga y se erradique la anemia ferropénica [13].

La aplicación móvil, denominada Mugsá App (mujer gestante sin anemia) se presenta como primer prototipo y se desarrolla para plataformas Android debido al mayoritario uso de equipos, el factor económico y la diversidad de dispositivos móviles con dicho sistema operativo disponibles en la población.

1.1. Tecnologías al servicio del ser humano

Cada vez es más imprescindible el uso de las tecnologías que se encuentran al alcance de las personas por medio de canales digitales o sistemas libres de acceso para dispositivos electrónicos. Investigaciones de los autores apuntan sus esfuerzos al uso de las tecnologías emergentes en distintos campos de estudio y en beneficio de sectores de la sociedad como turismo [14], educación [15], salud [8] en contraste con otros autores [7].

La apertura de los profesionales de la salud de trabajar en conjunto con investigadores de otras áreas ha permitido avances en el desarrollo de propuestas [16][17], dando soluciones a las necesidades del ser humano con el fin de enriquecer la calidad del servicio en este campo [18][19].

El uso de las tecnologías, especialmente para la movilidad invade cada vez más en la cotidianidad de las actividades personales y es notable su aceptación cuando se trata de la salud, como por ejemplo aplicativos de control de pasos, pulseras inteligentes para el deporte o para actividades continuas o repetitivas, aplicaciones para un control, registro y prescripción de medicamentos o servicios de asistencia remota para cuidados médicos, externos o telemedicina ingresando a la era de la salud digital, medicina en línea, o derivaciones sociales de comportamiento y cuidado médico aún por investigarse [20][21][22]. Es notable la preocupación por parte de la comunidad médica utilizar nuevos aplicativos tecnológicos que permitan atenuar enfermedades que requieran tratamientos supervisados por componentes desarrollados bajo software, ese es el desafío para nuevas propuestas [23].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación es de corte cuantitativo, desde un enfoque empírico – analítico, de nivel descriptivo, dirigido a doscientas mujeres divididas en tres grupos, las que han tenido un solo hijo, las que han tenido más de uno y las que se encuentran en la etapa de gestación, todas ellas residentes en la ciudad de Lima, Perú. Las variables de estudio que se consideran son la tecnología para la salud y la calidad de vida de la mujer en etapa de gestación.

Mugsá App, se desarrolla sobre plataformas Android bajo el entorno de Android Studio y el lenguaje Kotlin. Su diseño funcional se basa en el análisis según las necesidades de la mujer

gestante como herramienta informativa y guía nutricional con el objetivo de mitigar la anemia ferropénica en la etapa del embarazo.

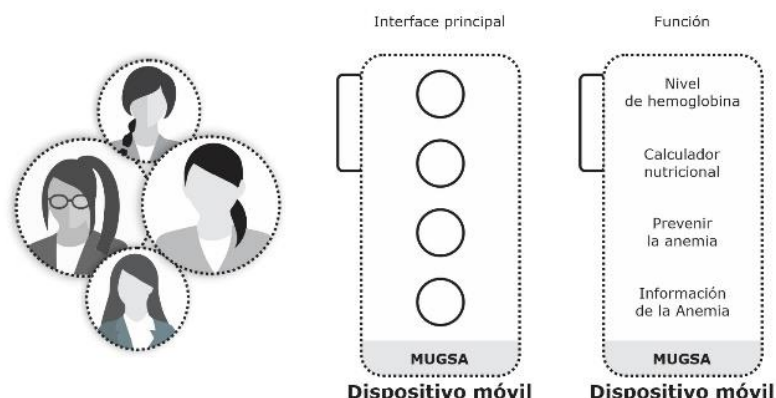


Figura 1. Interface principal de la aplicación Mugsá

La aplicación móvil presenta un menú de cuatro opciones divididos en el módulo del cálculo de hemoglobina, el módulo del calculador nutricional, el módulo informativo: ¿qué es la anemia?, y el módulo informativo: ¿cómo prevenirla? (ver figura 1). El primer módulo permite la consulta del nivel de hemoglobina acorde al tiempo de gestación definido por los estándares mundiales (ver figura 2a). Se muestra el contenido con un enfoque informativo.

Este proceso es realizado las veces que la paciente necesite conocer el nivel adecuado actual. El módulo del calculador nutricional (ver Figura 2b) tiene como propósito presentar el nivel de hierro por alimento seleccionado, segmentados por una lista de categorías de alimentos (ver Figura 2b). La segmentación de categorías y los alimentos con su correspondiente valor de hierro se fundamenta de la tabla de composición de alimentos peruanos [24].

Cuadros textos presentan la cantidad mínima de hierro recomendada por la Organización Mundial de la Salud como la presencia de un sumador automático al seleccionar cada alimento. La información que se presenta es representada por un informe gráfico (ver Figura 2c) mediante porcentajes, con el objetivo de informar al paciente si los alimentos escogidos completan el total de hierro mínimo diario. En caso de no ser el suficiente hierro adquirido, se muestra un conjunto de sugerencias de alimentos para completar la cantidad mínima requerida (ver Figura 2d).



Figura 2. Interfaces de los módulos de la aplicación Mugsá App.

El listado de alimentos por día es una opción que permite al calculador nutricional visualizar una pantalla de listados programados para los próximos siete días según el calendario, siguiendo una relación lógica de alimentos seleccionados por cada categoría del calculador nutricional. La aplicación Mugsá App en este primer prototipo, permite al usuario la descarga de un reporte semanal en un formato portable (pdf) como una guía alimenticia por los próximos siete días.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, observamos que el 46% de las participantes ha tenido un hijo, el 39% ha tenido más de un hijo, el 10% se encuentra en la etapa de gestión (cuando se desarrolló la investigación, y un 6% no ha tenido (ver figura 3).



Figura 3. Porcentaje de participantes que han tenido uno o más hijos, las que se encuentran en etapa de gestión y las que todavía no han tenido.

Las edades de las participantes se han clasificado en cuatro categorías, con un 64% aquellas participantes mayores e igual a 29 años, un 20% las que se encuentran entre 24 y 28 años, un 15% aquellas que sus edades están entre 19 a 23 años, y un 2% menor e igual a 18 (ver figura 4).

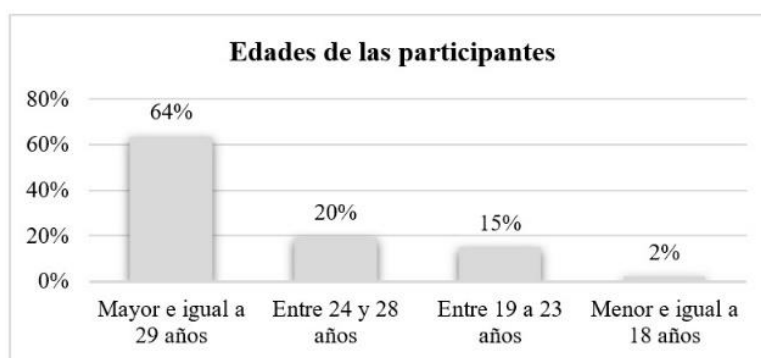


Figura 4. Porcentaje de participantes por edades

Se preguntó al grupo de participantes si conocen en cuántas etapas se agrupa el proceso de gestación de la mujer, respondiendo el 67% que sí conoce, y el 33% que no conoce (ver figura 5).

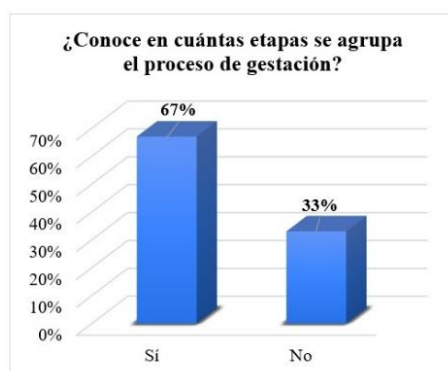


Figura 5. Porcentaje de participantes que conoce y no conoce las etapas del proceso de gestación

Se preguntó al grupo de participantes sobre si conoce el tipo de anemia más frecuente que se da durante el proceso de gestación, obteniendo un 48% conocen que es frecuente la anemia ferropénica, un 33% conocen que es frecuente la anemia gravídica, un 15% conocen que es frecuente la anemia megaloblástica y un 5% conocen que es frecuente la deficiencia de folato (ver figura 6).

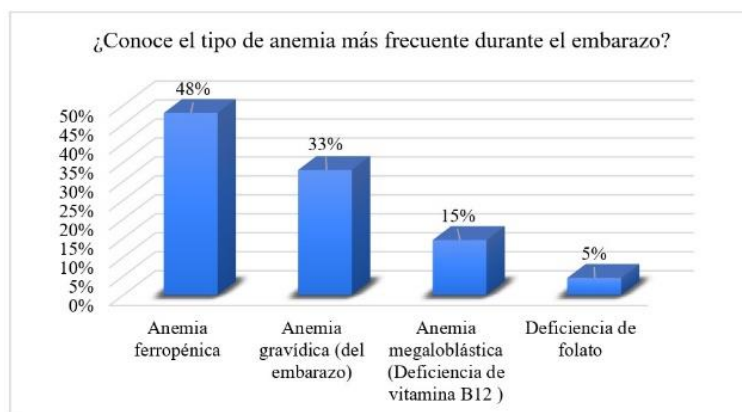


Figura 6. Porcentaje de conocimiento por las participantes, sobre los tipos de anemia

Se observa que es de conocimiento de las participantes de un tipo de anemia que puede afectar a la mujer en la etapa del embarazo.

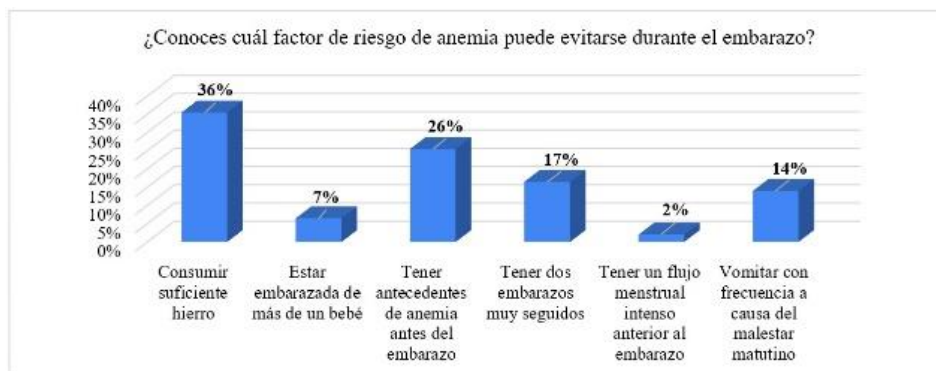


Figura 7. Porcentaje de conocimiento por las participantes, sobre los factores de anemia evitables

En la figura 7, se muestran los factores de riesgo que conocen las participantes con relación a la anemia, un 36% indica que la anemia puede prevenirse al consumir una cantidad suficiente de hierro, un 26% indica que la anemia puede evitarse si se conoce los antecedentes de anemia antes del embarazo, un 17% indica que la anemia puede evitarse al no tener dos embarazos muy seguidos, un 14% indica que la anemia puede evitarse al notar vómito con frecuencia a causa del malestar matutino, un 7% indica que la anemia puede evitarse al conocer que se está embarazada de más de un bebé y el 2%, indica que la anemia puede evitarse al conocer el flujo menstrual intenso anterior al embarazo. Esto demuestra que el conocimiento que tenga la mujer gestante de su propio registro histórico puede conducir a eludir situaciones de riesgo y a la vez prever medidas complementarias ante uno de los factores de riesgo conocido.

Las participantes se les preguntó sobre si conoce cuál complicación es frecuente en las mujeres gestantes entre cuatro opciones propuestas, se obtuvo como resultado que ellas conocen que 74% de complicaciones durante el embarazo es debido a la anemia por deficiencia de hierro, un 16% debido a la presión alta, un 6% debido a un aborto espontáneo y de igual manera un 6% por hiperémesis gravídica (ver figura 8).

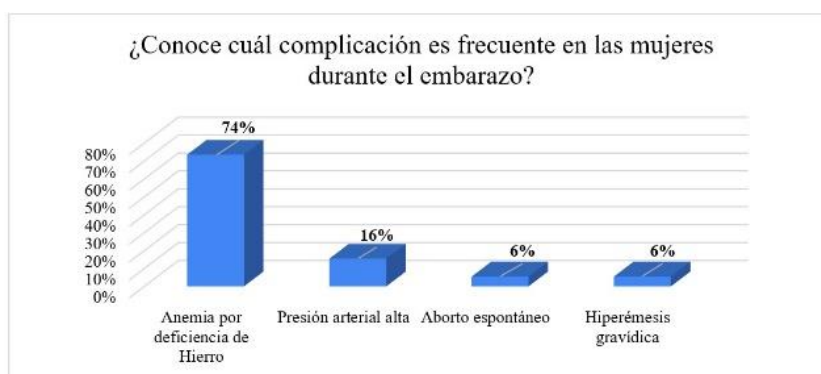


Figura 8. Porcentaje de conocimiento por las participantes, sobre complicaciones frecuentes durante el embarazo

En la figura 9, se observa que el 67% desconoce la cantidad de hierro mínimo diario para prevenir la anemia, el 20% indicó de forma incorrecta entre un 20 a 26 mg de hierro, así también un 7% respondió de forma incorrecta menor a 19 mg de hierro, solo el 6% indicó que la cantidad de suplemento mínimo para prevenir la anemia debe ser mayor e igual a 27 mg. Esto demuestra que el 94% de la población encuestada ignora el nivel de hierro de ingesta diaria que son importantes para el cuidado de la salud.

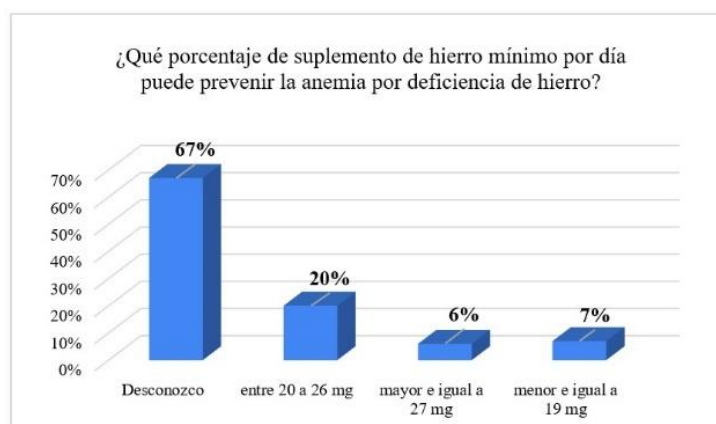


Figura 9. Porcentaje de conocimiento de las participantes de suplemento de hierro en mg.

En la figura 10, el 33% indica que Mugsá App puede ayudar en el control nutricional en la mujer gestante en un 100%, el 46% indica que ayuda en un 75%, un 17% indica que ayuda sólo en un 50%. Esto demuestra que el 79% de mujeres encuestadas cree que la aplicación puede ayudar en su cuidado nutricional.

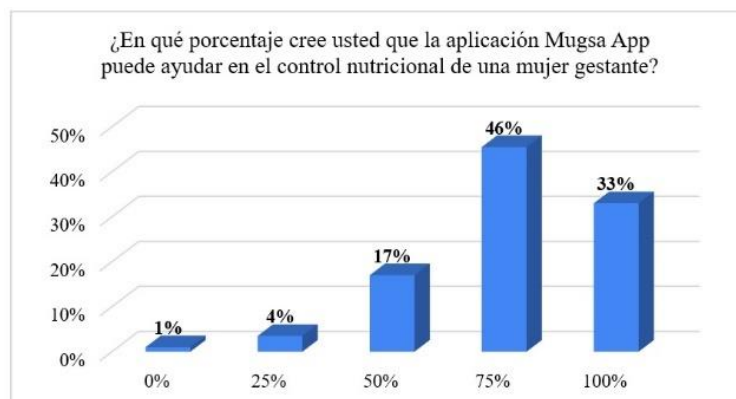


Figura 10. Porcentaje de aceptación de la aplicación Mugsá App

Se preguntó a las participantes sobre el interés en el uso de la aplicación móvil Mugsá App, y se obtuvo que un 37% está interesado en un 100%, un 42% está interesado en un 75% y un 16% en un 50%. Podemos entender que un 79% tiene interés por el uso de la aplicación Mugsá App (ver figura 11).

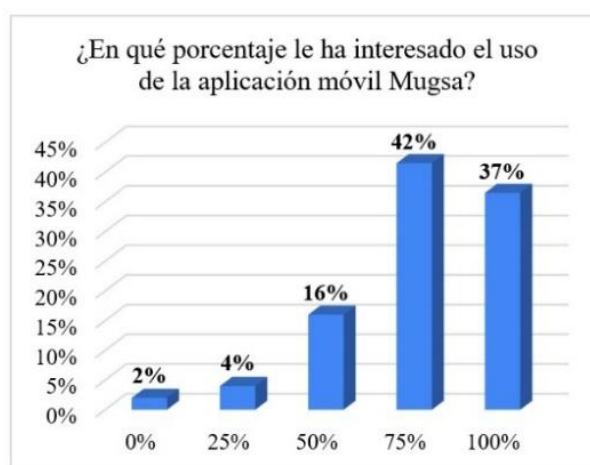


Figura 11. Porcentaje de interés por el uso de la aplicación Mugsá App

Se preguntó a las participantes sobre el interés en el contenido de la aplicación móvil Mugsá App y estos valores aumentan, a un 81% por el interés, tomando como referencias que el 38% que está 100% interesado, con el 43% de participantes que están interesados en un 75%.

Es resaltable indicar que, como primer prototipo del aplicativo Mugsá App para dispositivos Android, tiene un mayor interés para las participantes el conocimiento que pueden adquirir, que el diseño, línea gráfica y disposición. Se evidencia la motivación por el aplicativo debido al uso de tecnología móvil para la salud, en la forma de prevenir el padecimiento de la anemia en la mujer y en especial en la etapa de gestación (ver figura 12).



Figura 12. Porcentaje de interés por el contenido de la aplicación móvil Mugsas App

Finalmente se preguntó al conjunto de participantes, si confiaría en el aplicativo Mugsas App para llevar su control nutricional, obteniendo: un 39% que indican que sí confiarían en 100%, un 38% que confiaría en un 75% y un 19% que confiaría en un 50%. Con estos resultados, un 77% confía en Mugsas App para llevar su control nutricional.

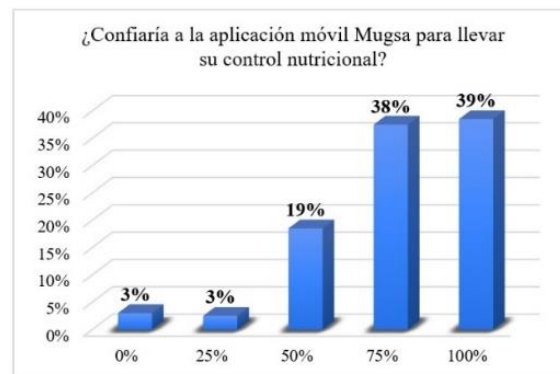


Figura 13. Porcentaje de satisfacción de la aplicación Mugsas App

4. CONCLUSIONES

Las aplicaciones móviles son un gran aporte en la actualidad para la vida cotidiana, y en especial manera en los tiempos que vivimos, por su facilidad de acceso, movilidad y disponibilidad. Varias áreas de trabajo, estudio y en salud utilizan cada vez más tecnologías que logren mejorar la calidad de vida de las personas. Este trabajo presenta una propuesta de un aplicativo móvil para un control nutricional que mitigue el padecimiento de la anemia en la mujer gestante. Mugsas App, es una propuesta destinada a mejorar el nivel de conocimiento previo, durante y posterior al parto, con respecto al ámbito alimenticio. Además, sugiere alimentos con su respectivo valor de hierro mediante un calendario alimenticio y además, permite consultar si su estado de salud está acorde al tiempo de gestación.

Finalmente, la anemia ferropénica es un problema frecuente en el Perú donde se evidencia mediante este trabajo que está asociada con problemas de gravedad en la madre como para el recién nacido que, mediante una aplicación con tecnología móvil llega a ser una estrategia de prevención para la anemia, de uso informativo y de guía nutricional.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen a la Universidad Politécnica Salesiana y al grupo de investigación en Enseñanza - Aprendizaje de las Ciencias para la Ingeniería, GIECI, por su acompañamiento en el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] G. Estrada-García, R. Carrillo-Esper, L. Mejía-Gómez, and A. Pérez-Calatayud, "Optimización de la Masa Eritrocitaria," *J. EMIVA News*, vol. 17, no. 3, pp. 16–37, 2020.
- [2] R. G. Abdulwahid and H. M. Ahmed, "Nutritional Characteristics of Pregnant Women and its Relation with Anemia during Pregnancy in a Sample of Kurdish Women/Iraq," *Cihan Univ. Sci. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 37–44, Jan. 2020, doi: 10.24086/cuesj.v4n1y2020.pp37-44.
- [3] M. Ibrahim yousf, ali elshabrawi, S. Ibrahim, and N. Khalifa, "Prevalence Rate and Different Methods of Treatment of Iron Deficiency Anemia Among Pregnant Women Attending Diarb Negm Central Hospital.," *Zagazig Univ. Med. J.*, vol. 0, no. 0, pp. 0–0, Jan. 2020, doi: 10.21608/zumj.2020.18182.1586.
- [4] S. A. Leonard, E. K. Main, D. J. Lyell, A. J. Butwick, and S. L. Carmichael, "244: Antepartum iron-deficiency anemia: An opportunity to reduce severe maternal morbidity," *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 222, no. 1, pp. S168–S169, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ajog.2019.11.260.
- [5] E. Safavi, M. Marzban, L. Sadeghmoghaddam, and A. Farhadi, "Iron deficiency anemia in older females: A comparison between community-dwelling individuals and nursing home residents in the Southwest of Iran," *Shiraz E Med. J.*, vol. 21, no. 3, Feb. 2020, doi: 10.5812/semj.92271.
- [6] R. T. Means, "Iron deficiency and iron deficiency anemia: Implications and impact in pregnancy, fetal development, and early childhood parameters," *Nutrients*, vol. 12, no. 2, p. 447, Feb. 2020, doi: 10.3390/nu12020447.
- [7] M. Ahmad, M. A. Khan, M. Bibi, Z. Ullah, and S. T. Shah, "Mobile Apps for Human Nutrition: A Review," in *Mobile Devices and Smart Gadgets in Medical Sciences*, IGI Global, 2020, pp. 121–147.
- [8] J. Llerena-Izquierdo, M. Barberan-Vizueta, and J. Chela-Criollo, "Novus spem, 3D printing of upper limb prosthesis and geolocation mobile application," *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 2020, no. E33, pp. 127–140, 2020.
- [9] A. Muñoz and P. Cristina, "Factores maternos asociados a anemia gestacional en población alto-andina del Hospital Regional de Ayacucho Miguel Ángel Mariscal Llerena durante Julio Diciembre 2019," Universidad Ricardo Palma, 2016. Accessed: 05-Apr-2020. [Online]. Available: http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/453/Loayza_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [10] E. Espinoza Portilla, M. Henríquez Suárez, and G. J. Villanueva Cadenas, *Oportunidades de aplicación de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) para fortalecer la lucha contra la anemia en Perú*, vol. 36, no. 2. Colegio Médico del Perú, 2019.
- [11] J. R. Melchor Salazar, "Factores sociales asociados a la anemia en gestantes que acuden al Hospital Hipólito Unanue de Tacna, 2018," Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2020.
- [12] S. Govindappagari and R. Burwick, "Treatment of Iron Deficiency Anemia in Pregnancy with Intravenous versus Oral Iron: Systematic Review and Meta-Analysis," *Am. J. Perinatol.*, vol. 36, no. 04, pp. 366–376, Mar. 2019, doi: 10.1055/s-0038-1668555.
- [13] R. D. Narváez Machado, "Factores asociados con la anemia en lactantes de 6 meses del Hospital de Huaycán, Lima, 2019," Universidad Peruana Unión, 2020.

- [14] J. Llerena, M. Andina, and J. Grijalva, "Mobile application to promote the Malecón 2000 tourism using augmented reality and geolocation," in *Proceedings - 3rd International Conference on Information Systems and Computer Science, INCISCOS 2018*, 2018, vol. 2018-Decem, pp. 213–220, doi: 10.1109/INCISCOS.2018.00038.
- [15] J. L. Izquierdo, M. R. Alfonso, M. A. Zambrano, and J. G. Segovia, "Aplicación móvil para fortalecer el aprendizaje de ajedrez en estudiantes de escuela utilizando realidad aumentada y m-learning," *Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, no. E22, pp. 120–133, 2019, Accessed: 11-Mar-2020. [Online]. Available: <https://search.proquest.com/docview/2317841837/fulltextPDF/B90BB034CFBB42D5PQ/1?accountid=32861>.
- [16] W. J. Brown and R. A. W. Tortorella, "Hybrid medical simulation – a systematic literature review," *Smart Learn. Environ.*, vol. 7, no. 1, p. 16, Dec. 2020, doi: 10.1186/s40561-020-00127-6.
- [17] V. Tuncay and P. M. A. van Ooijen, "3D printing for heart valve disease: a systematic review," *European radiology experimental*, vol. 3, no. 1. NLM (Medline), p. 9, 15-Feb-2019, doi: 10.1186/s41747-018-0083-0.
- [18] R. Ayala Carabajo, "Pedagogical relationship: Max van manen's pedagogy in the sources of educational experience," *Rev. Complut. Educ.*, vol. 29, no. 1, pp. 27–41, 2018, doi: 10.5209/RCED.51925.
- [19] J. Swinnen, M. Keupers, J. Soens, M. Lavens, S. Postema, and C. Van Ongeval, "Breast imaging surveillance after curative treatment for primary non-metastasised breast cancer in non-high-risk women: a systematic review," *Insights into Imaging*, vol. 9, no. 6. Springer Verlag, pp. 961–970, 01-Dec-2018, doi: 10.1007/s13244-018-0667-5.
- [20] J. Llerena-Izquierdo, N. Viera-Sanchez, and B. Rodriguez-Moreira, *Portable Device and Mobile Application for the Detection of Ultraviolet Radiation in Real Time with a Low Cost Sensor in Arduino*, vol. 1193 CCIS. 2020.
- [21] A. Olorukooba, L. Amadu, B. Lawal, U. Umar, and A. L.-B. of Abstracts, "Stream: ICT and reducing the global maternal mortality Global Mhealth: Use of mobile technology to prevent Global maternal mortality," *Iiteda.Org*, Accessed: 12-Mar-2020. [Online]. Available: <https://iiteda.org/abostorage/2020/02/Book-of-Abstracts-ICITED2019.pdf#page=7>.
- [22] C. Wang, Z. Cheng, X.-G. Yue, and M. McAleer, "Risk Management of COVID-19 by Universities in China," *J. Risk Financ. Manag.*, vol. 13, no. 2, p. 36, Feb. 2020, doi: 10.3390/jrfm13020036.
- [23] R. Alegría Guerrero, C. Gonzales Medina, and F. Huachín Morales, "El tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro durante el embarazo y el puerperio," *Rev. Peru. Ginecol. y Obstet.*, vol. 65, no. 4, pp. 503–509, 2019, doi: 10.31403/rpgo.v65i2220.
- [24] Ministerio de Salud del Perú, *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Instituto Nacional de Salud, 2009.

Análisis del rendimiento de la paralelización del algoritmo Reed-Solomon

(Analyzing parallelization performance of Reed-Solomon algorithm)

Fabricio R. Marcillo^{1,5}, Raúl H. Palacios², Antonio F. Díaz¹,
Jefferson R. Herrera³, Ronald D. Camacho⁴

¹ Universidad de Granada, Granada, España

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México

³ Universidad de las Artes, Guayaquil, Ecuador

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

⁵ Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador

fmarcillo@correo.ugr.es, raul_palacios@uaeh.edu.mx, afdiaz@ugr.es,
jefferson.herrera@uartes.edu.ec, rcamachor@uteq.edu.ec

Resumen: Los sistemas de almacenamiento distribuido permiten resolver la fuerte demanda de almacenamiento de datos que requiere la sociedad actual. Es por ello que surgen nuevos retos relacionados con la recuperación de datos basada en código de borrado. En este artículo se presenta la paralelización del algoritmo Reed-Solomon a través de hilos. La evaluación se ha realizado en un sistema BLADE, la ejecución del algoritmo se ha realizado en una configuración de 1, 2, 4 y 8 hilos para comprobar el comportamiento del algoritmo. En cuanto a los resultados, se observa que se reducen considerablemente los tiempos requeridos para el procesamiento de los algoritmos tanto para codificación como para decodificación.

Palabras clave: Fiabilidad, tolerancia a los fallos, códigos de control de errores, Reed-Solomon.

Abstract: Distributed storage systems allow to solve the strong demand of data storage required by today's society, this is because new challenges arise related to data recovery based on erasure code. This article presents the parallelization of the Reed-Solomon algorithm through threads. The evaluation was made in a BLADE system, the execution of the algorithm has been done in a configuration of 1, 2, 4 and 8 threads to check the behavior of the algorithm. Regarding the results, it was observed that the times required for processing the algorithms for both encoding and decoding are considerably reduced.

Keywords: Reliability, fault tolerance, error control codes, Reed-Solomon.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de almacenamiento distribuido dan soporte de disponibilidad de los datos a las aplicaciones de computación de altas prestaciones que además requieren una rápida y eficiente distribución de datos entre los nodos de almacenamiento garantizando resiliencia de estos sistemas. La replicación de datos (*Data Replication*, DR) [1], [2] y la implementación de algoritmos de código de borrado (*Erasure Codes*, EC) [3], [4], [5] garantizan que las aplicaciones dispongan de los datos para la ejecución de sus funciones.

Por un lado, la replicación de datos, aunque podría ser un proceso simple, implica elevado consumo de recursos, en particular los costos de almacenamiento se duplican. Además, hay escenarios en los que dos componentes fallidos (los que tienen ambas copias de un dato) llevan

a la pérdida de datos [6]. Mientras que, los algoritmos de código de borrado, en caso de fallo en el sistema de almacenamiento, permite la reconstrucción de datos a partir del uso de información almacenada en otro punto de almacenamiento (disco duro o nodo de almacenamiento). Es decir, es un método que protege los datos de tal manera que éstos se dividen en fragmentos, se distribuyen y se codifican con piezas de datos redundantes, y se almacenan en un conjunto de diferentes ubicaciones. En [7] se describe el funcionamiento de los EC. Es decir, en terminología matemática, la protección que ofrecen los EC se podría representar como:

$$n = k + m \quad (1)$$

Donde:

k : cantidad original de datos o símbolos.

m : símbolos redundantes que se agregan para proporcionar protección contra fallas.

n : número total de símbolos creados después del proceso de codificación de borrado.

Tecnológicamente, las capacidades de los discos y las densidades de grabación están creciendo más rápidamente que las velocidades de transferencia de los discos. A pesar de ello, el problema de la disponibilidad se complica cuando tenemos múltiples unidades que pueden fallar en cualquier momento. Utilizar técnicas convencionales de recuperación puede derivar en un serio retraso en la disponibilidad de los servicios de almacenamiento y por ende, fallo en las aplicaciones.

Expuesto lo anterior, surgen retos relacionados con la recuperación basada en código de borrado. Recientemente los códigos de reparación local y los códigos de regeneración son líneas de investigación que permite buscar un equilibrio entre almacenamiento y ancho de banda necesario para la reparación de datos. En este ámbito están trabajando grupos como *Network Coding & Reliable Communications Group* del MIT liderados por Muriel Médard, el grupo de James S. Plank de la Universidad de Tennessee y empresas líderes en almacenamiento como *Netapp* entre otros.

En el presente trabajo se realiza un análisis de rendimiento de la paralelización del algoritmo Reed-Solomon. La paralelización se realiza en función del número de hilos para ejecutar el proceso de codificación y decodificación que se detalla en el siguiente apartado. Según la literatura, los algoritmos de código de borrado son aplicados para almacenamiento distribuido fiable [8], memoria tolerante a fallas [9] y reconstrucción de contenido a partir de datos ampliamente distribuidos [10], [11], [12].

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera, en la siguiente sección se analiza el algoritmo Reed-Solomon (configuración y descripción del algoritmo); posteriormente se presenta la sección de evaluación y se describe la arquitectura usada, la configuración para las pruebas; enseguida se presenta la sección de resultados de codificación y decodificación de acuerdo a la configuración para evaluación; finalmente se dan las conclusiones generales de la investigación realizada.

2. ANÁLISIS DEL ALGORITMO REED-SOLOMON

En el presente trabajo se realiza un análisis de rendimiento de la paralelización del algoritmo Reed-Solomon en un escenario donde se realiza la reconstrucción de datos perdidos a partir de datos distribuidos en el almacenamiento de la configuración.

2.1. Configuración de Reed-Solomon

Inicialmente, se utiliza la Ecuación (1) para el proceso de codificación y decodificación, además de la librería *Jerasure* [13]. La propuesta permite recuperación de bloques de un archivo

que previamente se divide en k bloques (Figura 1) de tamaño x , y en el proceso de codificación se crean m bloques de paridad para la recuperación de bloques perdidos o dañados. De tal manera que, se utiliza un espacio de almacenamiento de $storage_space = (k + m)$

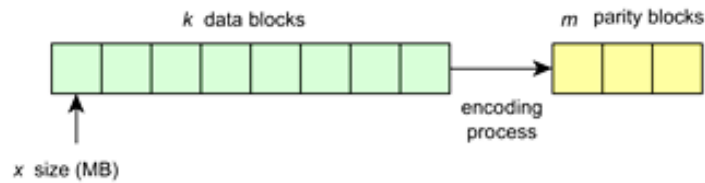


Figura 1. Proceso de codificación $n = k + m$.

2.2. Descripción de Reed-Solomon

Se ha analizado el rendimiento de una biblioteca práctica de alto rendimiento, Jerasure, que realiza la codificación Reed-Solomon. En cuanto a los códigos de borrado, dos métricas de rendimiento son importantes: la eficiencia del almacenamiento y la tolerancia a fallas. *Erasure Code Reed-Solomon* implica una compensación entre los dos. La eficiencia del almacenamiento es un indicador de almacenamiento adicional requerido para asegurar la resistencia, mientras que la tolerancia a fallas es un indicador de la posibilidad de recuperación en caso de fallas de los elementos, con el fin de aprovechar el máximo rendimiento del hardware se utilizó la multitarea, o la ejecución de múltiples programas y procesos al mismo tiempo, es asistido por el multihilo. Esto permite cambiar rápidamente en el entorno local de tamaños de archivos y optimizar los procesos de codificación y decodificación respectivamente. Además, con el fin de garantizar la integridad de la información restaurada se aplicó el algoritmo SHA-256. En la Figura 2 se muestra la implementación del algoritmo para todos los casos de estudio de este trabajo.

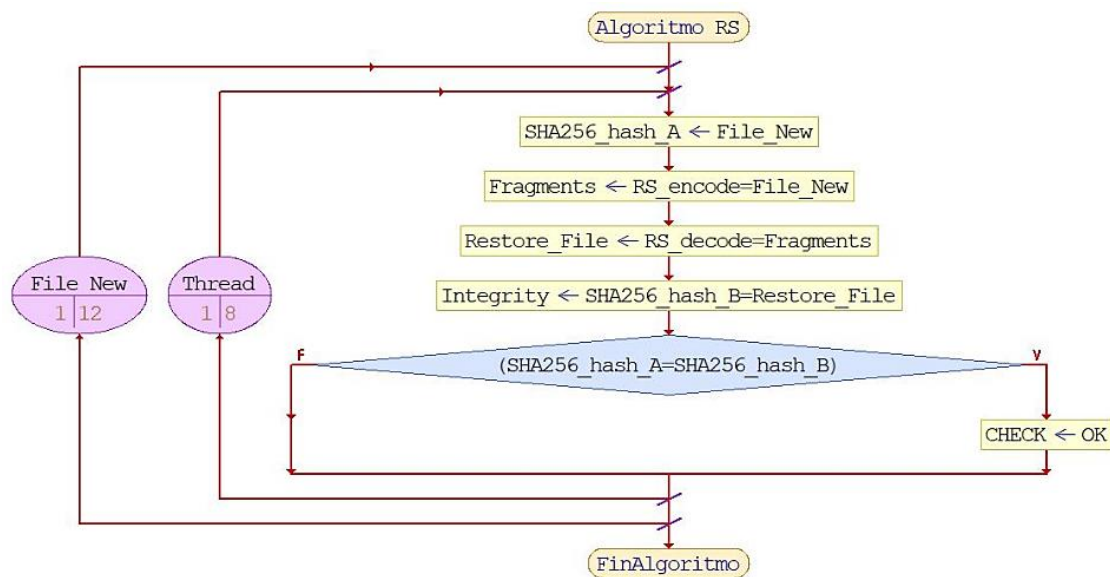


Figura 2. Algorithm Reed-Solomon (jerasure).

3. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

En este apartado en primer lugar se describe la configuración hardware empleada para las pruebas. Así mismo, se menciona la configuración de pruebas realizadas en el algoritmo estudiado, donde se dan valores para k y m .

3.1. Arquitectura local

La evaluación se ha realizado en un Sistema Cisco UCS 5108-AC2 Blade Server Chassis, con procesador Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v4 @ 2.2 GHz, memoria RAM de 128GB y unidad de almacenamiento SCSI con capacidad de almacenamiento de 1.2TB, velocidad de rotación de disco duro de 10,000RPM velocidad de transferencia interfaz del disco de 12GB/s.

3.2. Configuración

En primer lugar, se definen los valores para k y m . En el análisis k toma valores de 4, 6 y 10 que se refiere al número de bloques de datos originales. Y el valor de m es igual a 2, 3 y 4 respectivamente para cada valor de k . el valor de m son los símbolos redundantes que se agregan para proporcionar protección contra fallas en caso de que algún valor de k se pierda en el almacenamiento.

Así mismo, se realizan pruebas con diferente cantidad de hilos para los procesos de codificación y decodificación. Para este análisis se realizan pruebas con 1, 2, 4 y 8 hilos en cada uno de los procesos de tratamiento de datos.

4. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las configuraciones utilizadas en los procesos de codificación y decodificación.

En primer lugar, como se mencionó en la subsección de configuración, en el proceso de codificación se usaron configuraciones en relación al tamaño de bloques de dato originales k y del tamaño de bloques de paridad m para la recuperación de cualquier bloque perdido. Esta misma relación es usada para realizar la decodificación de datos.

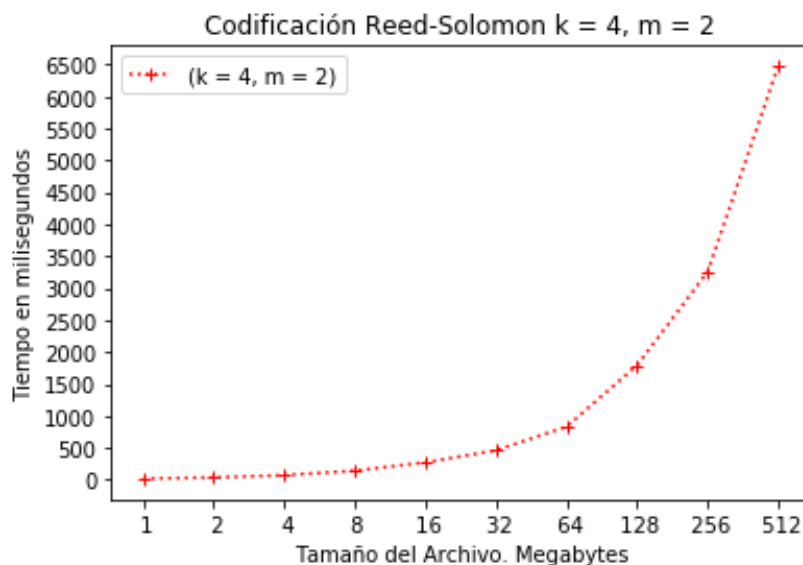


Figura 3 . Configuración RS(4, 2) codificación.

A continuación, se presentan los resultados para ambos procesos. En el eje horizontal se describen los diferentes tamaños de bloques datos y se representa en MB (megabyte), y en el eje vertical el consumo de tiempo para cada tamaño de bloque y se representa en milisegundos.

En la Figura 3 y Figura 4 se muestra el tiempo obtenido en la relación de 4 bloques de datos y 2 bloques de paridad RS(4,2) para recuperación los datos completos en caso de pérdida de 1 o 2 bloques. En el caso de la codificación se observa que el consumo de tiempo es aproximadamente de 6.5 segundos.

En el caso de la Figura 4, la configuración permite una tolerancia de 2 fallos. Esto significa que, si en la configuración existe una pérdida de 3 bloques, el sistema no podrá recuperar los datos completos desde los bloques de paridad. En la gráfica se observa que el sistema consume 3.5 y 6.5 segundo para recuperación de 1 o 2 fallos respectivamente.

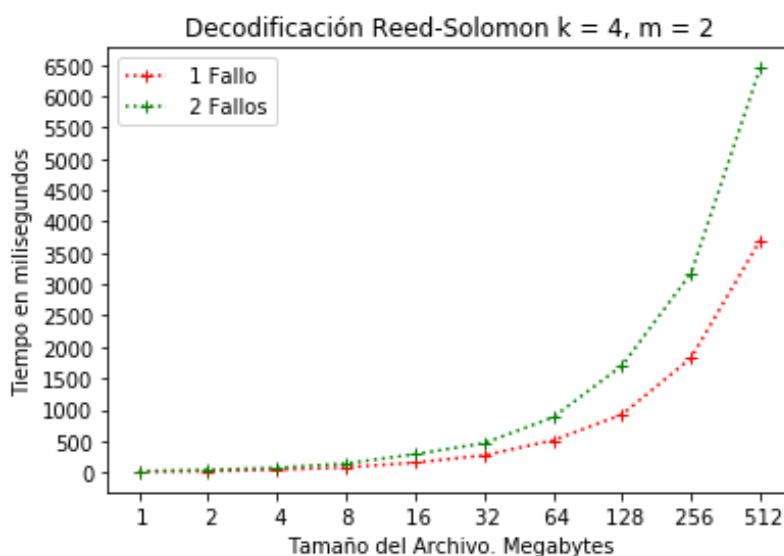


Figura 4. Configuración RS(4, 2) decodificación.

La Figura 5 y Figura 6 representa el tiempo consumido para la configuración RS(6, 3). En caso de la codificación se observa que el consumo de tiempo está cerca de los 8.5 segundos con el tamaño máximo de bloque de 512MB.

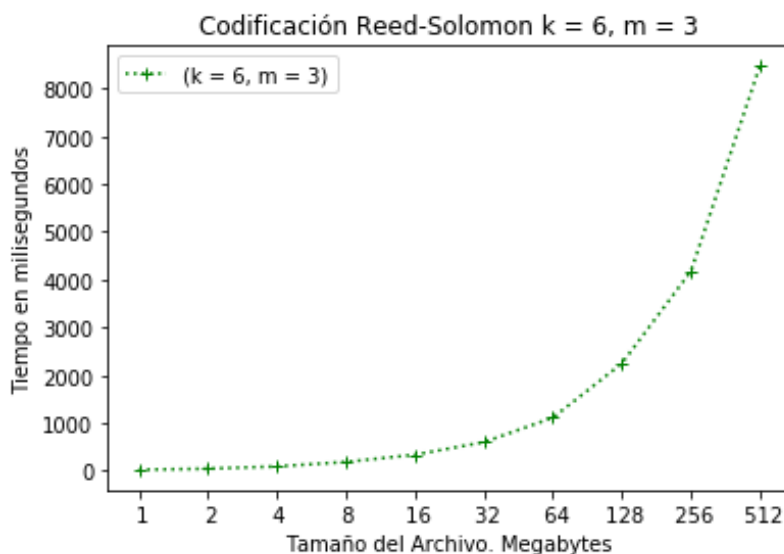


Figura 5. Configuración RS(6, 3) codificación.

Así mismo, la configuración permite recuperar de 3 fallos (ver Figura 6) en el sistema. Es decir, es posible la pérdida de 3 bloques de datos para que el sistema sea resiliente. En este caso, el sistema consume 8.5, 6.5 y 3.0 segundos para recuperación de 1, 2 o 3 fallos respectivamente.

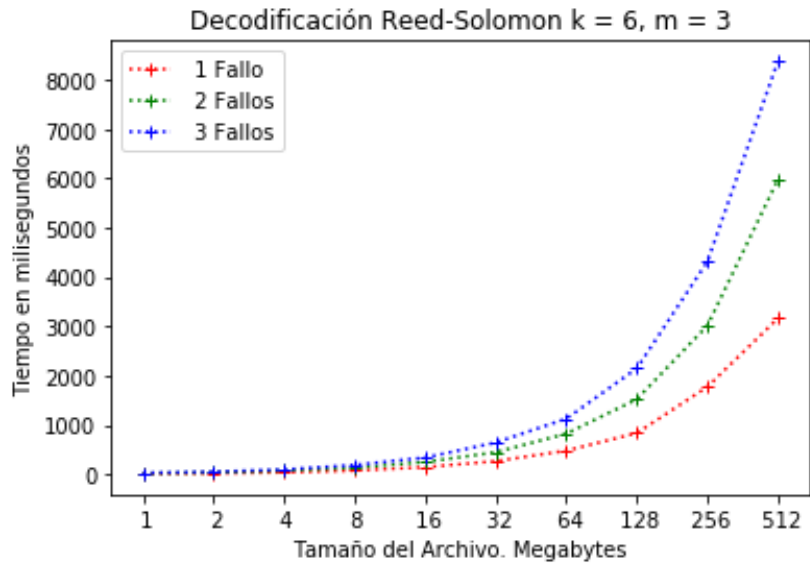


Figura 6. Configuración RS(6, 3) decodificación.

En la Figura 7 y en la Figura 8 se muestran los resultados para codificación y decodificación de la configuración RS(10, 4). En la codificación se consume un tiempo de aproximadamente 11 segundos.

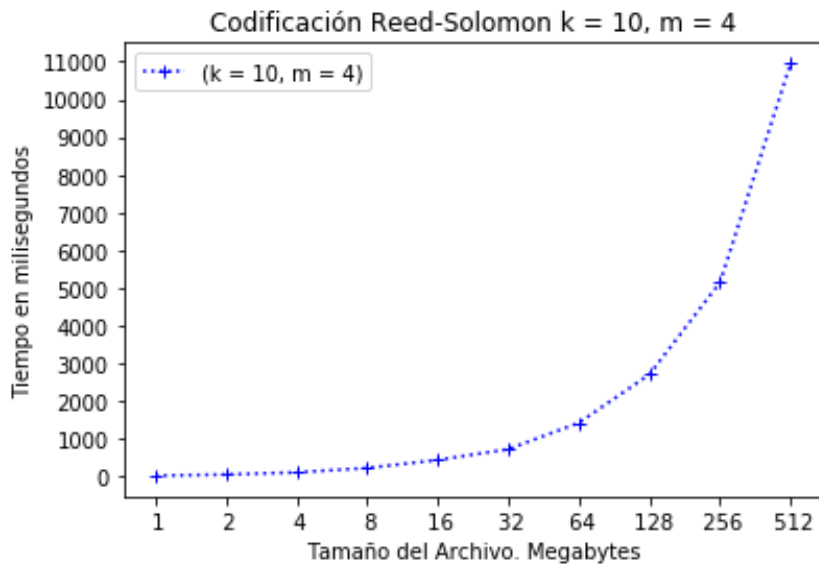


Figura 7. Configuración RS(10, 4) codificación.

En la Figura 8 se muestra la decodificación de la configuración RS(10, 4), es decir, el sistema permite hasta 4 fallos. El consumo de tiempo está desde 2.5 hasta 10.5 segundos.

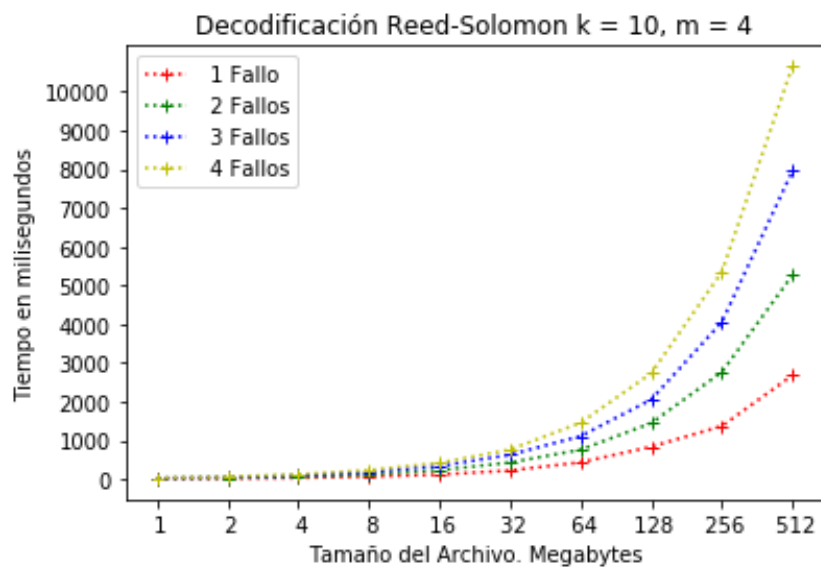


Figura 8. Configuración RS(10, 4) decodificación.

El uso de hilos permite distribuir el trabajo en procesos independientes con el fin de equilibrar el uso de recursos del sistema. A continuación, se presentan los resultados con la configuración antes mencionada y con la implementación de hilos que van de 1 a 8 hilos para cada configuración. La Figura 9 y Figura 10 muestran los resultados para la configuración RS(4, 2) con hilos. En esta configuración se observa la disminución considerable de tiempo cuando se usan 8 hilos para el tamaño de bloque máximo (512MB). A diferencia de la Figura 3, en la Figura 9 el consumo de tiempo máximo es de menos de 1 segundo.

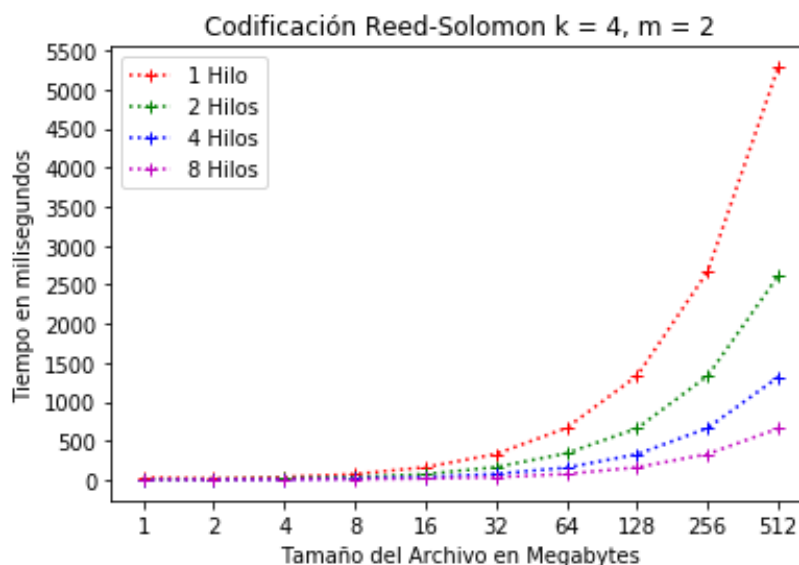


Figura 9. Configuración RS(4, 2) codificación con hilos.

En cuanto a la decodificación, en la Figura 10 se presenta el consumo de tiempo para 1 y 2 fallos. Se observa que para 2 fallos y 8 hilos, el consumo de tiempo es de ligeramente arriba de 1 segundo.

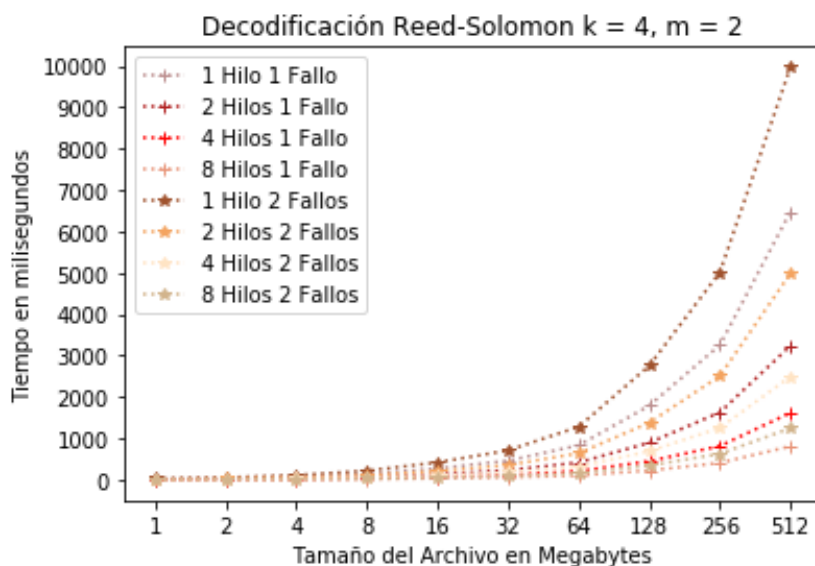


Figura 10. Configuración RS(4, 2) decodificación con hilos.

En el caso de la Figura 11, la configuración crea 6 bloques de datos originales y 3 bloques de paridad. El consumo de tiempo alcanza ligeramente 1 segundo cuando se usa la configuración de 8 hilos.

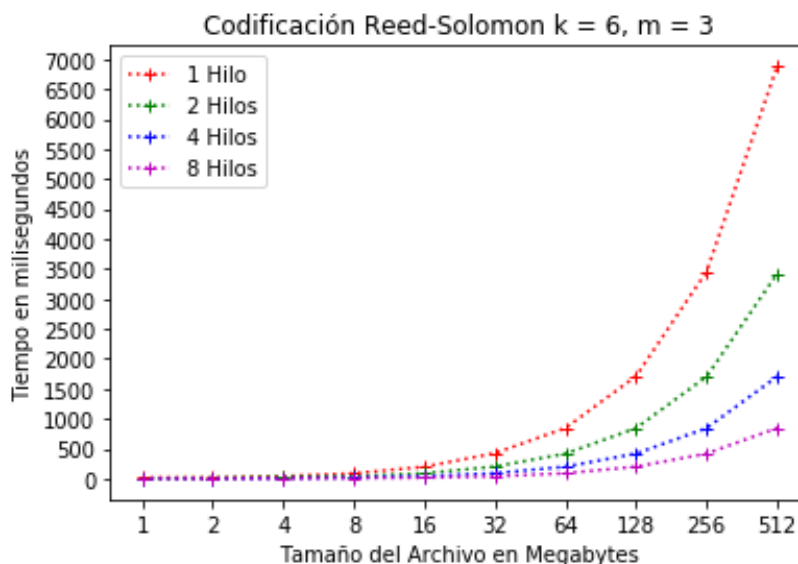


Figura 11. Configuración RS(6, 3) codificación con hilos.

En la Figura 12 se muestra el tiempo para el número de hilos y de fallos permitidos en la configuración. Se observa que, para 8 hilos y 1 fallo el consumo es de poco menos de 1.5 segundos, 8 hilos y 2 fallos está encima de los 1.5 segundos y, 8 hilos y 3 fallos es de unos 3 segundos.

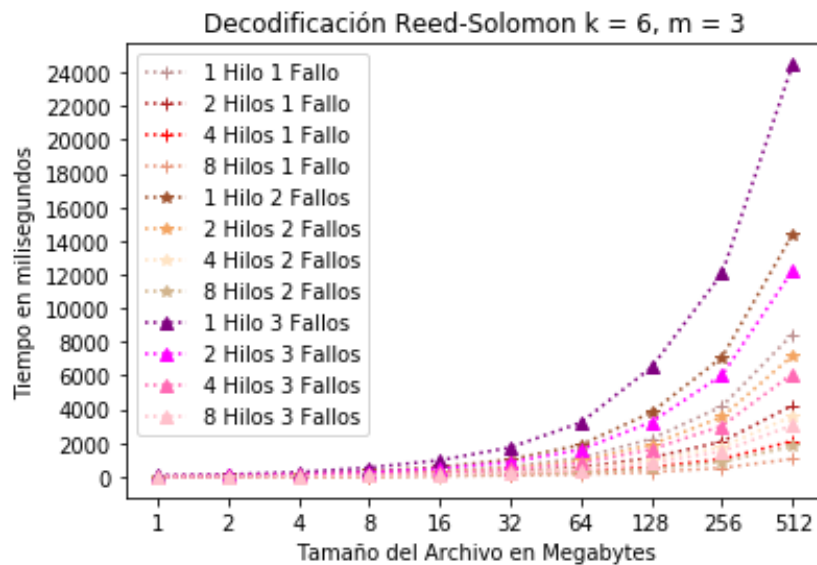


Figura 12. Configuración RS(6, 3) decodificación con hilos.

En la Figura 13 se presentan los resultados de la configuración RS(10, 4). Es decir, el archivo principal se fragmenta en 10 bloques de datos originales y se agregan 4 bloques de paridad. En este caso, se observa que en la configuración con 8 hilos se consume alrededor de 1 segundo en la codificación.

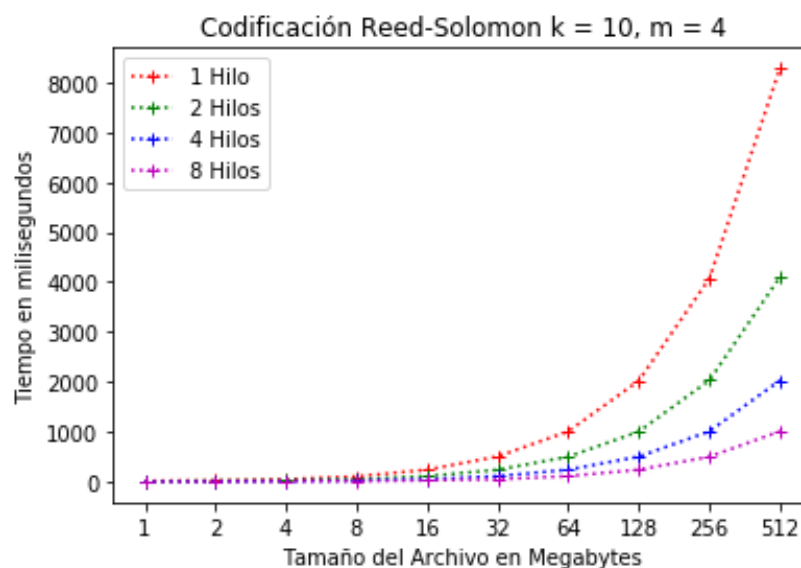


Figura 13. Configuración RS(10, 4) codificación con hilos.

En la Figura 14 se observa los resultados con diferente tolerancia de fallo de la configuración RS(10, 4). Se muestra que con 8 hilos y 1 fallos se consume unos 2 segundos, 8 hilos y 2 fallos unos 3 segundos, 8 hilos y 3 fallos consumen poco más de 3 segundos y 8 hilos y 4 fallos consume unos 6 segundos. Estos casos son para tamaño de bloque de 512MB.

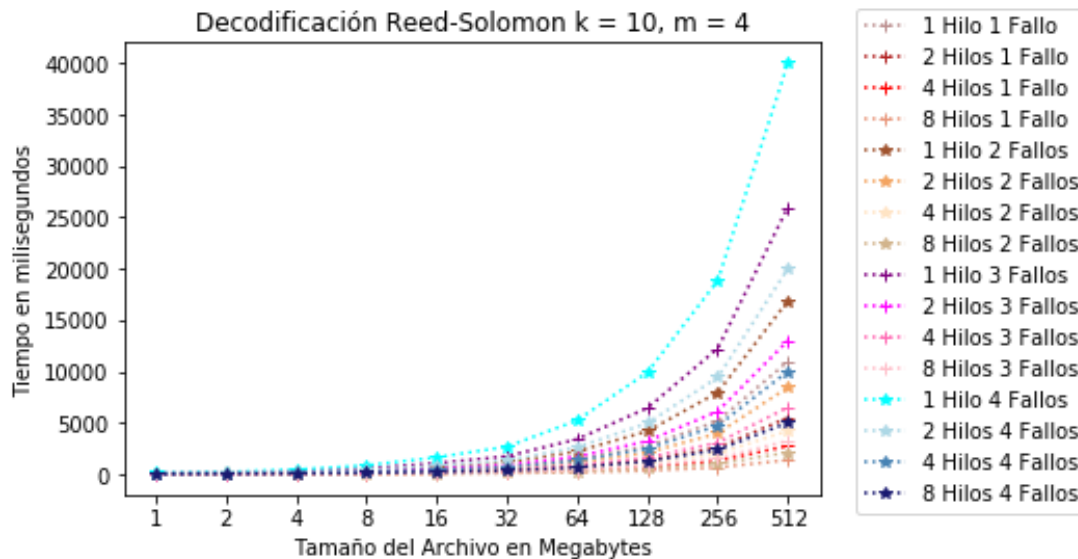


Figura 14. Configuración RS(10, 4) decodificación con hilos.

En el caso de uso de hilos, se observa que, en la codificación el consume de tiempo está en 1 segundo para el tamaño de bloque de 512MB. Caso contrario en la decodificación, donde el tiempo difiere debido a que para cada configuración se crean 2, 3, o 4 bloques de paridad para recuperar los datos. Por lo tanto, el sistema consume más recursos para hacer la reparación de todos los bloques originales de datos desde los bloques de paridad.

5. CONCLUSIONES

Los hilos se distinguen de los tradicionales procesos, donde, los procesos son generalmente independientes, llevan mucha información de estados, e interactúan sólo a través de mecanismos de comunicación dados por el sistema. Por otra parte, muchos hilos generalmente aprovechan mejor los recursos del procesador.

En muchos de los sistemas Cisco UCS 5108-AC2 Blade Server Chassis que proveen facilidades para los hilos, es más rápido cambiar de un hilo a otro dentro del mismo proceso, que cambiar de un proceso a otro. En este contexto en el presente trabajo se enmarca en la optimización del algoritmo *Erasure Code Reed-Solomon* utilizando diferentes parametrizaciones en el paralelismo con énfasis en la eficiencia del almacenamiento y la tolerancia a fallas; obteniendo resultados óptimos en la ejecución de la codificación y decodificación.

El uso de paralelización mediante hilos reduce considerablemente los tiempos de ejecución de los algoritmos de codificación y decodificación Reed-Solomon para distintos tamaños de procesamiento.

AGRADECIMIENTOS: Esta investigación fue financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España (MICINN), subvención número PGC2018-096663-B-C44 junto con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y, por el Programa para el

Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP) de México con la financiación PROMEP/103.5/13/6475 UAEH-146.

REFERENCIAS

- [1] Palacios, R. H., Díaz, A. F., Anguita, M., Ortega, J., & Rodríguez-Quintana, C. (2017). High-throughput multi-multicast transfers in data center networks. *The Journal of Supercomputing*, 73(1), 152-163.
- [2] Palacios, R. H., Rodríguez-Quintana, C., Díaz, A. F., Anguita, M., & Ortega, J. (2017). Evaluation of redundant data storage in clusters based on multi-multicast and local storage. *The Journal of Supercomputing*, 73(1), 576-590.
- [3] Aguilera, M. K., Janakiraman, R., & Xu, L. (2005, June). Using erasure codes efficiently for storage in a distributed system. In *2005 International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN'05)* (pp. 336-345). IEEE.
- [4] Hafner, J. L. (2005, December). WEAVER Codes: Highly Fault Tolerant Erasure Codes for Storage Systems. In *Fast* (Vol. 5, pp. 16-16).
- [5] Khan, O., Burns, R. C., Plank, J. S., Pierce, W., & Huang, C. (2012, February). Rethinking erasure codes for cloud file systems: minimizing I/O for recovery and degraded reads. In *FAST* (p. 20).
- [6] Plank, J. S. (2013). Erasure codes for storage systems: A brief primer. ; login:: the magazine of USENIX & SAGE, 38(6), 44-50.
- [7] Weatherspoon, H., & Kubiatowicz, J. D. (2002, March). Erasure coding vs. replication: A quantitative comparison. In *International Workshop on Peer-to-Peer Systems* (pp. 328-337). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [8] Rashmi, K. V., Shah, N. B., Ramchandran, K., & Kumar, P. V. (2017). Information-theoretically secure erasure codes for distributed storage. *IEEE Transactions on Information Theory*, 64(3), 1621-1646.
- [9] Yiu, M. M., Chan, H. H., & Lee, P. P. (2017, May). Erasure coding for small objects in in-memory kv storage. In *Proceedings of the 10th ACM International Systems and Storage Conference* (pp. 1-12).
- [10] Sobe, P. (2010, May). Parallel reed/solomon coding on multicore processors. In *2010 International Workshop on Storage Network Architecture and Parallel I/Os* (pp. 71-80). IEEE.
- [11] Chen, R., & Xu, L. (2020). Practical performance evaluation of space optimal erasure codes for high-speed data storage systems. *SN Computer Science*, 1(1), 1-14.
- [12] Jin, H., Wu, C., Xie, X., Li, J., Guo, M., Lin, H., & Zhang, J. (2019, August). Approximate code: a cost-effective erasure coding framework for tiered video storage in cloud systems. In *Proceedings of the 48th International Conference on Parallel Processing* (pp. 1-10).
- [13] Plank, J. S., Simmerman, S., & Schuman, C. D. (2007). Jerasure: A library in C/C++ facilitating erasure coding for storage applications. Technical Report CS-07-603, University of Tennessee.

Diseño de una máquina prototipo para la separación y remoción de partículas ferromagnéticas de neumáticos triturados

(Design of a prototype machine for separation and removal of ferromagnetic particles from shredded tires)

Joao Bárzaga¹, Yoandrys Morales¹, Marioxy Morales¹, Jhon Martínez², Klever Paccha²

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, La Maná, Ecuador

² Agroaereo, Valencia, Ecuador

joao.barzaga5406@utc.edu.ec, yoandrys.morales@utc.edu.ec, marioxy.morales@utc.edu.ec, jhon99martinez@hotmail.com, pacchaklevert@gmail.com

Resumen: La presente investigación tiene como objetivo el diseño de una máquina prototipo para separación y remoción de partículas ferromagnéticas de neumáticos triturados. Para la selección del prototipo a diseñar se analizaron los modelos existentes. El diseño se realizó mediante el software Autodesk Inventor que permite además realizar el análisis de elementos finitos. Por otra parte, se realizaron los cálculos para la selección del motor, potencia y momento torsor. Los resultados del trabajo presentan que el modelo diseñado tiene al acero AISI 1020 para la estructura inferior y superior, el acero AISI 304 para el tambor magnético y se utilizaron imanes cerámicos C8 debido al bajo costo respecto a otros. El moto-reductor calculado posee una velocidad de 1426 min^{-1} y el reductor es 40:1. La potencia requerida para el proceso de remoción fue de 140,65 W, además, el torque obtenido fue de 38,43 N·m. En el cálculo de las tensiones de Von Mises se obtuvo un máximo de 49,1 N, inferior al límite elástico del material. Asimismo, el máximo valor en el desplazamiento resultante se encuentra en el soporte de las chumaceras con $7,7 \cdot 10^{-5}$ m, lo que demuestra que no existen deformaciones. Por último, los resultados del coeficiente de seguridad muestran valores entre 5,6 y 15, esto demuestra que la relación entre tensión última y tensión admisible están distantes.

Palabras clave: diseño, máquina prototipo, separación, remoción, elementos finitos.

Abstract: The present research aims to design a prototype machine for separation and removal of ferromagnetic particles from shredded tires. For the selection of the prototype to be designed, the existing models were analyzed. The design was made using Autodesk Inventor software that also allows for finite element analysis. On the other hand, the calculations for the selection of the motor, power and torque were carried out. The results of the work show that the designed model has AISI 1020 steel for the lower and upper structure, AISI 304 steel for the magnetic drum and C8 ceramic magnets were used due to the low cost compared to others. The motor-reducer calculated has a speed of 1426 min^{-1} and the reducer is 40: 1. The power required for the removal process was 140.65 W, in addition, the torque obtained was 38.43 N·m. In the calculation of the Von Mises stresses, a maximum of 49.1 N was obtained, lower than the elastic limit of the material. Likewise, the maximum value in the resulting displacement is found in the bearing support with $7.7 \cdot 10^{-5}$ m, which shows that there are no deformations. Finally, the results of the safety factor show values between 5.6 and 15, this shows that the relationship between ultimate stress and allowable stress are distant.

Keywords: design, prototype machine, separation, removal, finite elements.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el tema de la reutilización de los recursos cobra mayor relevancia, tomando en cuenta que es de vital importancia incorporar estrategias para establecer direccionamientos que permitan un sistema integral de actividades. Se ha encontrado una tendencia hacia los materiales reciclados en el país y de esta forma podemos utilizar el material de llantas usadas, para obtener polvo o arena plástica para la elaboración de productos innovadores.

Debido al gran aumento del número de automóviles en todo el mundo, la acumulación de enormes volúmenes de neumáticos de desecho se ha convertido en un importante problema de gestión de residuos. Una gran cantidad de neumáticos de caucho usados se acumulan en el mundo cada año [1, 2]. La gestión de residuos, como todo esfuerzo medioambiental, involucra factores estresantes y receptores. Los factores estresantes son los agentes que deben eliminarse, disminuirse o gestionarse de otro modo, como los desechos en sí o ciertos componentes de los desechos, por ejemplo, metales pesados, compuestos orgánicos, microbios o energía. Los receptores, por definición, reciben el daño causado por los factores estresantes [3].

El mercado de materiales de neumáticos reciclados ha crecido exponencialmente a lo largo de los años. Han aumentado el mérito de los productos principalmente porque han demostrado que son los más apropiados y efectivos para una aplicación particular. El hecho de que el material sea de fácil acceso y, a menudo, el más rentable en comparación con los materiales tradicionales también ha contribuido a la expansión. Los mismos pueden ser convertidos en alfombras, bloques de caucho para parques infantiles, textiles y asfalto, césped sintético etc. [4].

No importa dónde se produzca el neumático, todos los neumáticos contienen cuatro grupos de materiales fundamentales: cauchos naturales o sintéticos, negros de humo / sílices, material de refuerzo (metales / textiles) y facilitadores. Un neumático puede llegar al final de su vida útil en carretera casi en cualquier punto después de la producción y la iniciación en carretera. Una vez que un neumático ha sido retirado de forma permanente de un vehículo sin posibilidad de ser devuelto a la carretera, se define como "residuo". A partir de ese momento entra en un sistema de gestión de residuos [4].

El sistema de gestión de residuo puede ser catalogado como el proceso de recuperación de los componentes del neumático para su reutilización. Para lograr este proceso se requiere de equipamiento que corte la banda lateral, que pulverice y separe las partículas metálicas presentes. A nivel industrial existen procedimientos que permiten la separación de las partículas de acero que contienen los granos de caucho triturado, esto permite dar utilidad a los neumáticos fuera de uso (NFU).

Los tratamientos de reciclaje de llantas van desde los más simples dispositivos mecánicos de corte o compresión hasta sofisticados y complejos procesos químicos, mecanoquímicos y /o térmicos multifásicos, que superan muchos de los principales obstáculos inherentes al reciclaje de cauchos termoestables. Existen cuatro niveles básicos de tratamiento. El material que se obtiene luego de los cuatro niveles de tratamientos se clasifica en seis categorías: cortes, triturados, astillas, granulados, polvos y polvos finos. La mayoría de los polvos finos resultan del tercer y cuarto nivel [4].

Los separadores magnéticos que eliminan fragmentos metálicos se utilizan generalmente para proteger equipos, tales como trituradoras, pulverizadores, etc. Son normalmente aplicados sobre materiales secos o sobre materiales que contengan solamente humedad superficial. Por ello, se requiere de un diseño que cumpla con los parámetros deseados.

El proceso de diseño de elementos de máquinas requiere de la necesidad del equipo, además de sus componentes para luego realizar los cálculos pertinentes. Por tales razones que usualmente requieren de largos tiempos, han surgido programas para el diseño asistido por computadora (CAD).

El CAD y la ingeniería asistida por computadora (CAE) se han aplicado ampliamente en las prácticas del diseño de ingeniería. Los diseños de ingeniería se clasifican en términos del nivel de creatividad, se comparan los roles de los diseñadores y se discute el impacto de las técnicas asistidas por computadora en la creatividad y efectividad del diseño [5].

La ingeniería asistida por computadora se convierte en una herramienta ideal cuando se evalúa un gran número de construcciones para determinar la mejor solución sujeta a determinadas restricciones. El análisis de elementos finitos (FEA) es una de las técnicas más importante dentro de esta, el modelo de este análisis está compuesto por nodos y elementos en todo su dominio. Posee la capacidad superior de resolver problemas diversificados para geometrías complejas es uno de los atributos más importantes [5].

Los estudios realizados mediante FEA permiten la toma de decisiones respecto a los resultados y con ello, hacer cambios para lograr el modelo deseado. Ejemplo de lo anterior ha sido evidenciado en [6], donde se muestran soluciones con el uso de estas herramientas, lo que realza la importancia del modelado y el cálculo mediante elementos finitos. Por otra parte, en [7] plantean que la oportunidad de disponer de herramientas informáticas permite optimizar el diseño mecánico por minimización de las tensiones localizadas en piezas de máquinas con formas complejas combinadas.

Algunas investigaciones [8-11] muestran el uso de las herramientas CAD y FEA para el estudio de diferentes estructuras lo que permite tener respuestas acertadas de los problemas que se presentan.

La mayoría de los NFU del Cantón La Maná, una vez cumplida su vida útil en los vehículos pasan a formar parte de los vertederos controlados e incontrolados, pues los neumáticos tienen un impacto ambiental negativo. La manufacturación constante de neumáticos y la dificultad para reciclarlos después de ser utilizados se convierte en un problema ambiental que se debe controlar.

Teniendo en cuenta la inadecuada disposición de los neumáticos en basureros al aire libre, en los afluentes, rellenos sanitarios, la quema indiscriminada a cielo abierto, así como la falta de interés en la creación de políticas que fortalezcan la recaudación económicamente e implementación de manufacturas, con la tecnología adecuada para reconsiderar estos desechos y convertirlos nuevamente en materia prima útil. Por estas razones, la carrera Ingeniería Electromecánica perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná ha desarrollado un Proyecto Formativo dirigido a la creación de máquinas que permitan el reciclado de los neumáticos fuera de uso.

El proceso de la recuperación de la materia prima de los neumáticos tiene varios procesos que pasa desde el desprendimiento de las bandas laterales que poseen elementos metálicos, el corte en pequeños trozos y por último la separación del caucho y el metal. Por ende, cada proceso no puede obviarse, para así obtener un producto listo para su utilización en diferentes ámbitos. En base a lo expuesto anteriormente, la presente investigación tiene como objetivo, diseñar una máquina prototipo para la separación y remoción de partículas ferromagnéticas de neumáticos triturados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En base a lo pretendido y conseguido de la investigación bibliográfica se determina que la velocidad de rotación del tambor debe estar dentro de los parámetros entre 30 min^{-1} a 50 min^{-1} . Como se encuentra a disposición un motoreductor de 0,25 HP, que gira a una velocidad de 1426 min^{-1} , es necesario acoplar un sistema reductor con una relación de transmisión 40:1 el cual debe generar una velocidad en la salida de 35 min^{-1} , siendo esta velocidad correcta por estar dentro de los parámetros investigados anteriormente.

2.1. Modelado del prototipo de máquina para la separación y remoción de partículas ferromagnéticas

Para el modelado del prototipo, se utilizó el software de diseño asistido por computadora Autodesk Inventor que además permite realizar el análisis de elementos finitos. En la figura 1 se observa el modelo del tambor magnético desarrollado para el prototipo de máquina objeto de estudio. Este elemento permite recibir desde la tolva la mezcla de partículas metálicas y de caucho. En el interior de este se encuentra el eje fijo que sostiene el tambor interno con los elementos magnéticos.

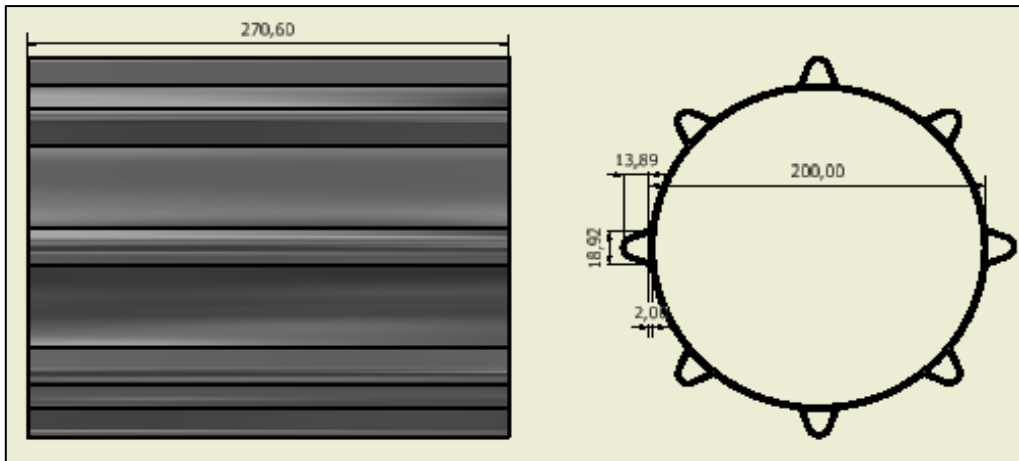


Figura 1. Plano de tambor magnético.

En la figura 2 se puede observar el modelo de tolva desarrollado. Algunos elementos que no se muestran y son de importancia en el prototipo de máquina son: el eje motriz, el eje que soporta los elementos magnéticos y las tapas correspondientes acopladas en los laterales de los tambores. Además, se encuentra la estructura soporte y la carcasa inferior donde las partículas de caucho van hacia un lado y el material metálico hacia el otro mediante una estructura acanalada.

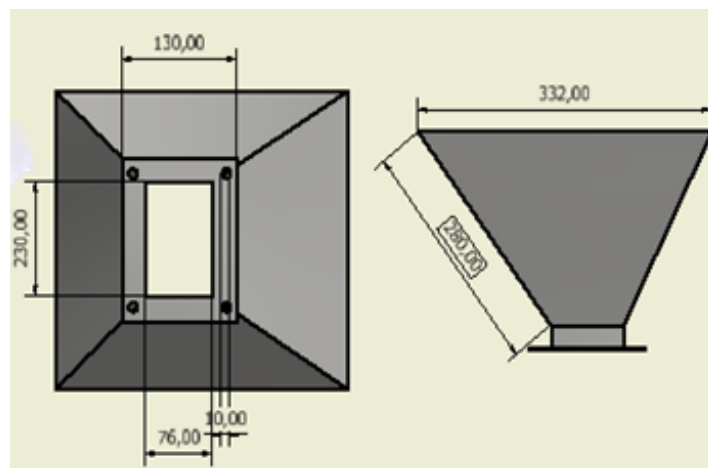


Figura 2. Plano de la tolva de alimentación.

En la figura 3 se muestra el modelo de ensamble de la máquina, en la misma se observa la posición de cada elemento. Se observa el moto-reductor, el sistema de encendido y apagado, el separador entre la tolva y la carcasa superior.

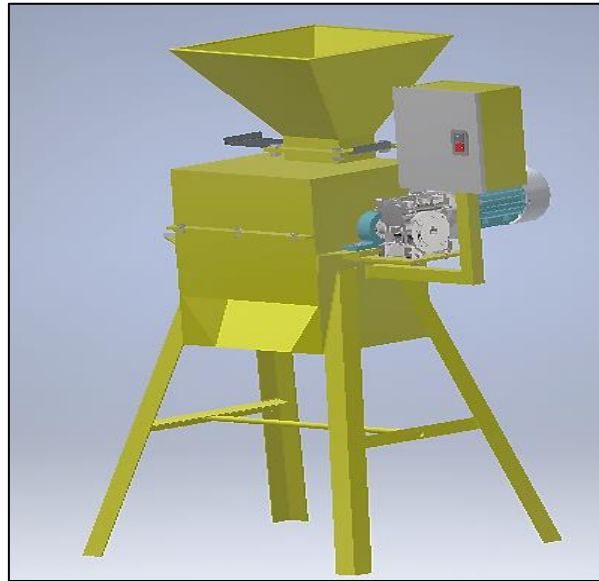


Figura 3. Modelo de ensamble de la máquina.

En la tabla 1 se pueden observar la masa de algunos componentes pertenecientes a la máquina antes mencionada.

Tabla 1. Valores en kilogramos de cada uno de los elementos.

Componente	Cantidad	Masa unitaria (kg)	Masa total (kg)
Tambor rotacional	1	1,63	1,63
Tapa de cilindro giratorio	2	4,32	4,32
Eje porta masa magnética	1	10,984	10,984
Eje motriz	1	0,43	0,43
Pernos de sujeción total	20	0,492	0,492
Estructura soporte inferior	1	15,08	15,08

2.2. Análisis de parámetros funcionales de la máquina

En mecánica rotacional, la inercia rotacional desempeña un papel similar al de la masa en la mecánica lineal. De hecho, la inercia rotacional de un objeto depende de su masa. También depende de la distribución de esa masa respecto al eje de rotación.

Cálculo de la Inercia del tambor.

$$I_{x1} = \frac{1}{2} M (r_e^2 - r_i^2) = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (1)$$

Donde:

Masa del cilindro (M) = 1,63 kilogramos (kg)

Radio exterior (r_e) = 0,1 metros (m)

Radio menor (r_i) = 0,09 metros (m)

Inercia (I_{x1}) = kilogramos sobre metros cuadrado ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

Cálculo de la Inercia de la tapa del tambor.

$$I_{x2} = \frac{1}{2} Mr^2 = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (2)$$

Donde:

Masa de la tapa del tambor (M) = 2,16 kilogramos (kg)

Radio exterior (r) = 0,112 metros (m)

Inercia (I_{x2}) = kilogramos sobre metros cuadrado ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

Cálculo de la Inercia del eje motriz.

El momento de inercia refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro. El momento de inercia desempeña un papel análogo al de la masa inercial en el caso del movimiento rectilíneo y uniforme.

$$I_{x3} = \frac{1}{2} Mr^2 = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (3)$$

Donde:

Masa del eje motriz (M) = 0,43 kilogramos (kg)

Radio exterior (r) = 0,0254 metros (m)

Inercia (I_{x3}) = kilogramos sobre metros cuadrado ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

Cálculo de la Inercia total del sistema.

La inercia es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo relativo o movimiento relativo. Dicho de forma general, es la resistencia que opone la materia al modificar su estado de movimiento, incluyendo cambios en la velocidad o en la dirección del movimiento.

$$I_T = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (4)$$

Cálculo del Torque o Par motor necesario.

El torque o momento torsor necesario para realizar el movimiento del sistema es importante para la selección del motor eléctrico. Teniendo en cuenta los datos que se utilizan en este tipo de máquinas se procede a presentar la siguiente ecuación.

$$M = I_T \cdot \alpha = 38,43 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (5)$$

Datos

Aceleración angular (α) = 915 (s^{-2})

Inercia total del sistema (I_T) = ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

Cálculo de la potencia del motor requerida en el sistema.

Se procede a realizar el cálculo de la potencia del motor mediante el momento torsor que ejerce el eje sometido a cargas externas, para determinar que el equipo trabaje sin sobre esfuerzos producidos por las cargas que interactúan en el eje, los cálculos se detallan a continuación:

$$P = M \cdot \omega = 140,65 \text{ W} = 0,19 \text{ HP} \quad (6)$$

Datos:

Torque (M) = 38,43 ($\text{N} \cdot \text{m}$)

Velocidad angular (ω) = 3,66 (s^{-1})

2.3. Análisis por elementos finitos aplicado a la estructura de la máquina

El estudio del modelo del prototipo de máquina para la separación y remoción de partículas ferromagnéticas es necesario para conocer el comportamiento estructural de la misma, debido a que la estructura inferior soporta la carga de todos los elementos restantes. El estudio que se realiza es un análisis de tensiones estático, aplicado a la estructura inferior de la máquina prototipo. Según las condiciones del modelo, la parte inferior soporta las cargas de los elementos que componen el sistema rotatorio para la separación de las partículas ferromagnéticas, así como la parte superior.

2.4. Análisis de las condiciones de contorno

El material utilizado para el modelo del prototipo de máquina fue el acero AISI 1020, el cual es un acero de bajo contenido de carbono que puede ser mecanizado y de gran soldabilidad, además puede ser utilizado en la fabricación de maquinaria y construcción de piezas estructurales. En la tabla 2 se pueden observar las características físico-mecánicas del mismo.

Tabla 2. Propiedades del acero 1020.

Nombre	Acero AISI 1020 107 LC	
General	Densidad de masa	7870 kg·m ⁻³
	Límite de elasticidad	260 MPa
	Resistencia máxima a tracción	441 MPa
Tensión	Módulo de Young	207000 MPa
	Coefficiente de Poisson	0,33
	Módulo cortante	77819,5 MPa

Las restricciones son necesarias para el estudio porque permiten colocar condiciones de fijación en algunos elementos que así se comporten, teniendo en cuenta, el tipo de análisis que se realiza. En el estudio se aplicaron restricciones de tipo fijas, la primera en la superficie inferior de las estructuras que soportan el prototipo. En la segunda se fijan la base del motor-reductor, la base de una chumacera y el elemento separador entre ellas debido a que están sujetas entre sí.



Figura 4. Restricciones del modelo.

En la figura 4 se pueden visualizar donde se posicionan las restricciones del modelo, las mismas se simularon fijas en todos los ejes, de igual manera se utilizaron las mismas restricciones para la placa soporte del moto-reductor.

Las cargas que soporta el diseño permiten conocer el comportamiento del material y a su vez de las estructuras o elementos que lo componen. En el presente trabajo se aplicaron las cargas teniendo en cuenta, la fuerza que ejercen los elementos superiores. En la tabla 3 se pueden observar los valores obtenidos de las masas de los elementos.

Tabla 3. Valores de las cargas de los elementos superiores.

Tipo de carga	Magnitud
Fuerza 1	98,96 N
Gravedad	9,81 N
Fuerza 2	189,483 N
Fuerza 3	42,052 N

En la figura 5 se pueden observar las posiciones de las fuerzas simuladas en el modelo del prototipo de máquina separadora de partículas ferromagnéticas. La Fuerza 1 se puede ver en color azul, la misma simula el peso de la parte superior que incluye solamente la tapa y la tolva de alimentación. La Fuerza 2, color rojo, se aplica sobre los soportes laterales de las chumaceras. La Fuerza 3, color verde, se aplica en la base del moto-reductor teniendo en cuenta la masa del mismo. Por otra parte, está la gravedad que se aplica teniendo en cuenta la posición del modelo como fuerza natural.

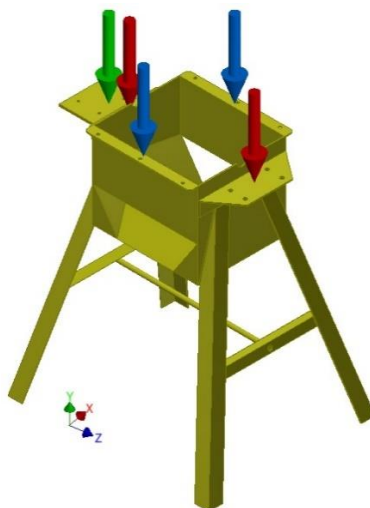


Figura 5. Posicionamiento de las cargas sobre el modelo.

El proceso de mallado se hace necesario para el cálculo el análisis por elementos finitos, de la calidad de la malla y del modelo depende el resultado del estudio. El software solamente propone un tipo de malla tetra 10 que tiene 4 puntos físicos y 10 nodos para la interpolación, además sus elementos son volumétricos. En la tabla 4 se muestran los datos de la malla utilizada en los cálculos.

Tabla 4. Propiedades de la malla.

Configuraciones	Magnitud
Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60°
Cantidad de nodos	251229
Cantidad de elementos	124149

Además del proceso de creación de la malla, existe la convergencia del mallado, dicho factor es importante pues permite obtener una solución precisa, adaptando la malla con diferentes densidades y comparando los resultados. El procedimiento se puede realizar manual pero el software tiene la opción de configuración de convergencia donde se aplica el método h adaptativo. Las condiciones aplicadas al estudio se pueden observar en la tabla 5.

Tabla 5. Características de la convergencia del mallado.

Configuraciones	Magnitud
Número máximo de refinados h	10
Criterio de paradas	5 %
Umbral de refinado h	0,750

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente epígrafe se muestran los resultados del diseño y análisis por elementos finitos del prototipo de máquina de separación de partículas ferromagnéticas. Luego de los resultados del cálculo de los parámetros funcionales de la máquina, se presenta como elección un motor de 0,25 HP para el uso de la misma.

Asimismo, en la figura 6, se muestran los resultados del cálculo de las tensiones de Von Mises donde se obtuvieron valores máximos de 49,1 N muy inferiores al valor del límite elástico del material. Lo anterior refiere a que el material utilizado soporta las cargas simuladas.

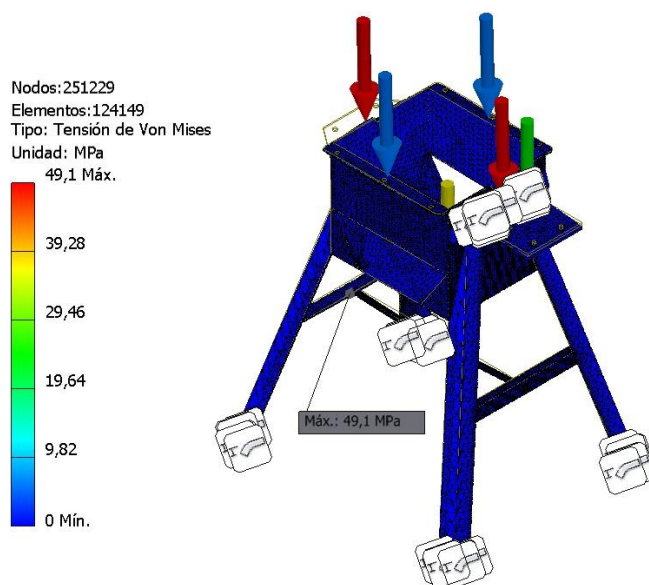


Figura 6. Resultados de las tensiones de Von Mises.

Además, se obtuvieron los resultados para el desplazamiento resultante que como se observa en la figura 7, el máximo valor se encuentra en el soporte de las chumaceras con $7,7 \cdot 10^{-5}$ m de desplazamiento. Los resultados demuestran que no existen deformaciones debido a que son valores pequeños que no se detectan a simple vista.

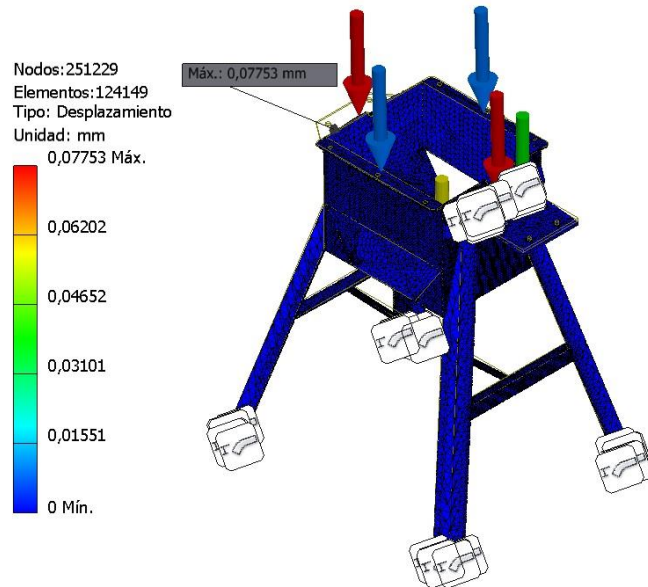


Figura 7. Desplazamientos resultantes.

Por último, se obtuvieron los resultados del coeficiente de seguridad. En la figura 8 se puede observar que los valores están entre 5,6 y 15, esto demuestra que la relación entre tensión última y tensión admisible están distantes. También se puede decir que el valor de esfuerzo máximo está muy distante de la resistencia a la fluencia del material.

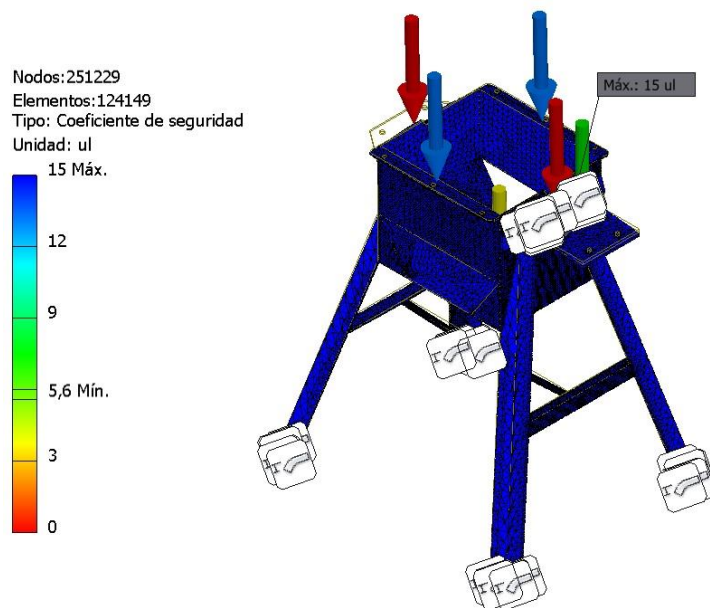


Figura 8. Coeficiente de seguridad.

Los valores de coeficiente de seguridad permiten conocer si el modelo es seguro, para ello los resultados deben ser mayores o iguales que 1, quizás cercanos. Sin embargo, en el presente trabajo se puede deducir que el material utilizado está sobredimensionado por los altos valores. Esto no quiere decir que el estudio se encuentre incorrecto, sino que con la aplicación del acero AISI 1020 se podría estar realizando un gasto excesivo. Por lo tanto, se puede realizar el mismo estudio aplicando otro tipo de material que permita una comparación del comportamiento mecánico en ambos.

4. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se llegan a las conclusiones de la investigación, donde se seleccionó el método de separación mediante tambor magnético de imanes permanentes. El diseño del prototipo de máquina está basado en una planta de procesamiento de pequeña escala, por tales razones sus dimensiones se ajustan a la demanda del cantón La Maná. Por otra parte, se realizaron los cálculos de los parámetros funcionales de los elementos motrices lo que permitió seleccionar un motor de 0,25 HP. Además, los resultados del cálculo por elementos finitos permitieron conocer que tanto las tensiones de Von Mises y el desplazamiento resultante presentaron valores excelentes, sin embargo, el coeficiente de seguridad estuvo dentro de valores exagerados para este tipo de estructura por lo que se concluye que la misma está sobredimensionada y es recomendable realizar cambios en espesores y evaluar otros materiales.

REFERENCIAS

- [1]. Dobrotă, D., Dobrotă, G., and Dobrescu, T., *Improvement of waste tyre recycling technology based on a new tyre markings*. Journal of Cleaner Production, 2020. **260** p.121141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121141>.
- [2]. Topçu, İ. B. and Unverdi, A., *2 - Scrap tires/crumb rubber* 2018, Woodhead Publishing ISBN: 978-0-08-102156-9.
- [3]. Vallero, D. A., *Chapter 8 - Effect of Waste on Ecosystems* 2019, Academic Press ISBN: 978-0-12-815060-3.
- [4]. Shulman, V. L., *Chapter 26 - Tire Recycling* 2019, Academic Press ISBN: 978-0-12-815060-3.
- [5]. Bi, Z., *Finite Element Analysis Applications. A Systematic and Practical Approach* 2018, USA: Academic Press ISBN: 978-0-12-809952-0.
- [6]. da Silva, P., Rodrigues, L., Lopes, S., Rebuzzi, M., and Proença, L., *Chapter Three - Finite Element Modelling* 2017, Butterworth-Heinemann ISBN: 978-0-12-813526-6.
- [7]. Amé, R. M. and Lezama, D. H., *Gestión de las discontinuidades geométricas combinadas en el diseño mecánico*. Revista Cubana de Ingeniería, Concentración de tensiones; elementos finitos; diseño mecánico, 2012. **3**(1): p.21-27.
- [8]. Bárzaga, J., Morales, Y., Mena, E., Beltrán, R., and Morales-Leslie, J., *Análisis numérico a un invernadero tipo túnel bajo cargas de vientos fuertes en Cuba*. UTCiencia Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo, cargas de viento; comportamiento estructural; elementos finitos; invernadero; tensiones, 2017. **4**(2): p.62-70.
- [9]. Emekli, N. Y., Kendirli, B., and Kurunc, A., *Structural analysis and functional characteristics of greenhouses in the Mediterranean region of Turkey*. African Journal of Biotechnology, 2010. **9**(21): p.3131-3139.

- [10]. Estrada, R. and Gómez, E., *Análisis del bastidor principal de la cosechadora de caña a través del Método de los Elementos Finitos. // Analysis of the main frame in cane combine-harvester using the Finite Elements Method*. Ingeniería Mecánica, 2006. **3**(2006): p.61-68.
- [11]. Li, S. and Feng, X., *Study of structural optimization design on a certain vehicle body-in-white based on static performance and modal analysis*. Mechanical Systems and Signal Processing, 2020. **135** p.106405. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106405>.

Contribución de colombianos a la generación de conocimiento y desarrollo tecnológico internacional a partir de solicitudes de patentes PCT

(Colombians Contribution to the generation of knowledge and international technological development from PCT patent applications)

David Romero Betancur¹, Blanca Janneth Parra Villamil²

¹ Politécnico Internacional, Bogotá, Colombia

² Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia

jesus.romerob@pi.edu.ec, estor-innovaciontec@unipiloto.edu.co

Resumen: Uno de los indicadores que permiten medir el desarrollo tecnológico y la innovación de un país es el número de solicitudes de patentes, estas además de brindar protección a los inventores en un territorio específico, potencian el desarrollo económico y fomentan la innovación científica y tecnológica. El estudio que se presenta a continuación está basado en el análisis de los registros de solicitudes de patentes en el marco del Tratado de Cooperación de Patentes (PCT por sus siglas en inglés), en las que han participado como titulares colombianos, y que han sido presentadas durante los últimos 20 años en jurisdicciones diferentes a Colombia. La información fue obtenida de la base de datos de patentes de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Dentro de los factores analizados se encuentra la dinámica en la que se dio la cooperación entre los titulares y los sectores tecnológicos de mayor tendencia de protección, para esto se empleó un abordaje de tipo cuantitativo con enfoque descriptivo.

Los resultados evidencian que los países de mayor interés para tramitar solicitudes de patentes son Europa, Norteamérica y Asia, con una participación mínima en la región centro y suramericana, de igual forma se destaca el trabajo colaborativo que es notorio por el alto número de solicitudes presentadas en co-titularidad, bien sea empresa, universidad, organismo gubernamental o persona natural, tan solo una tercera parte de las solicitudes corresponde a aquellas en cabeza de un solo titular, de las que cerca de la mitad corresponde a personas naturales; este panorama refleja el alto grado de cooperación en torno al cual se generan los desarrollos tecnológicos que relacionan a colombianos.

Palabras clave: Patentes, Desarrollo Tecnológico, Generación de Conocimiento

Abstract: One of the indicators that make it possible to measure the technological development and innovation of a country is the number of patent applications, these, in addition to providing protection to inventors in a specific territory, enhance economic development and promote scientific and technological innovation. The study presented below is based on the analysis of the records of patent applications within the framework of the Patent Cooperation Treaty (PCT for its acronym in English), in which they have participated as Colombian holders, and that have been presented during the last 20 years in jurisdictions other than Colombia. The information was obtained from the patent database of the World Intellectual Property Organization (WIPO). Among the factors analyzed is the dynamics in which there was cooperation between the holders and the technological sectors with the greatest protection trend, for this a quantitative approach with a descriptive approach was used.

The results show that the countries of greatest interest to process patent applications are Europe, North America and Asia, with minimal participation in the Central and South American region, in the same way the collaborative work stands out, which is notorious for the high number of applications submitted. In co-ownership, be it a company, university, government body or natural person, only a third of the applications correspond to those headed by a single owner, of which about half correspond to natural persons; This panorama reflects the high degree of cooperation around which the technological developments that relate to Colombians are generated.

Keywords: Patents, Technological Development, Knowledge Generation

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de patentes representa una herramienta de alto valor para la identificación de las dinámicas de innovación y brinda un panorama sobre el desarrollo tecnológico de regiones o países específicos, un ejemplo de esto es el del ejercicio llevado a cabo por Kessler y Sperling [1], quienes proponen una visión de la información de las patentes con el fin de establecerla como un framework para el rastreo de procesos de innovación.

Otros autores como Abbas y Khan [2] han adelantado revisiones del estado del arte sobre el análisis de las patentes y el uso de la información contenida en estas para el desarrollo de diferentes estudios, tal es el caso de Ajay y Sangamwar [3] quienes abordaron esta información desde un enfoque del análisis geográfico en países concretos, mientras que con relación a miembros de organismos multilaterales como pueden ser los miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE se han propuesto ejercicios como los desarrollados por Archontakis y Varsakelis [4], o desde el punto de vista de las empresas el desarrollado por Belderbos [5].

Estos ejercicios demuestran la importancia que representa la información contenida en las patentes para el reconocimiento de las dinámicas propias de innovación y de generación o aprovechamiento de conocimiento en diferentes contextos, por esto en el presente estudio se presentan elementos generales sobre el aporte internacional generado con la participación de colombianos, desde el punto de vista de las patentes solicitadas a nivel mundial, tomando como referente los registros existentes ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

2. METODOLOGÍA

Con el fin de abordar el alcance que ha tenido el conocimiento aplicado y el desarrollo tecnológico generado por colombianos en el contexto internacional, se toma como referente aquellas solicitudes de patentes, presentadas en el marco de Tratada de Cooperación de Patentes (PCT por sus siglas en inglés) en las que por lo menos uno de los titulares vinculados es colombiano, para esto se utilizó como fuente de información la base de datos de la OMPI, utilizando como estrategia de búsqueda la consulta sobre los registros que asocian la nacionalidad del titular con Colombia, para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2019.

El análisis de esta información se centró en la identificación de los principales titulares, la dinámica en la que se dio la cooperación entre ellos y los sectores tecnológicos relacionados según los registros, para lo cual se empleó un abordaje cuantitativo con enfoque descriptivo [6], centrado en el comportamiento general de las solicitudes identificadas.

Previo al análisis de la información se realizó la normalización de los datos, especialmente en cuanto a los nombres de titulares asociados, a fin de facilitar la identificación del tipo al que corresponden según sean empresa, universidad, persona natural o ente gubernamental, y evitar registros diferentes de un mismo titular. Para las solicitudes identificadas se tomó como registro

independiente cada clase correspondiente a la Clasificación Internacional de Patentes (IPC por su sigla en inglés), que tiene asociada.

De esta forma se identificaron en cada solicitud los titulares y las clases que relaciona, permitiendo así obtener dos registros independientes: inicialmente los solicitantes y los registros asociados a cada uno [7], facilitando el reconocimiento del tipo de persona; y por otro lado la relación de las clase de patentes vinculadas a cada solicitud de forma independiente y relacionada con cada registro [8], para así tener claridad de su frecuencia de aparición.

De conformidad con esta metodología a continuación se presentan los aspectos generales de los resultados obtenidos.

3. RESULTADOS

Para la ventana de análisis de solicitudes de patentes de los últimos 20 años (2000 a 2019), se obtuvo un total de 2.267 registros que vinculan por lo menos a un colombiano entre sus titulares, igualmente se identificó que estos asocian en total a 5.317 titulares, de los cuales el 84% corresponde a personas naturales, el 12,7% a empresas, el 3,1% a universidades y el 0,2% a entidades gubernamentales.

En relación con la dinámica de cooperación se evidenció que el 31% de las solicitudes son presentadas en cabeza de un solo titular, mientras que el 69% son presentadas de forma conjunta por titulares de diferente tipo según los grupos de interés, como se presenta en la Figura 1, lo que evidencia el fuerte comportamiento del trabajo colaborativo para el desarrollo de invenciones.

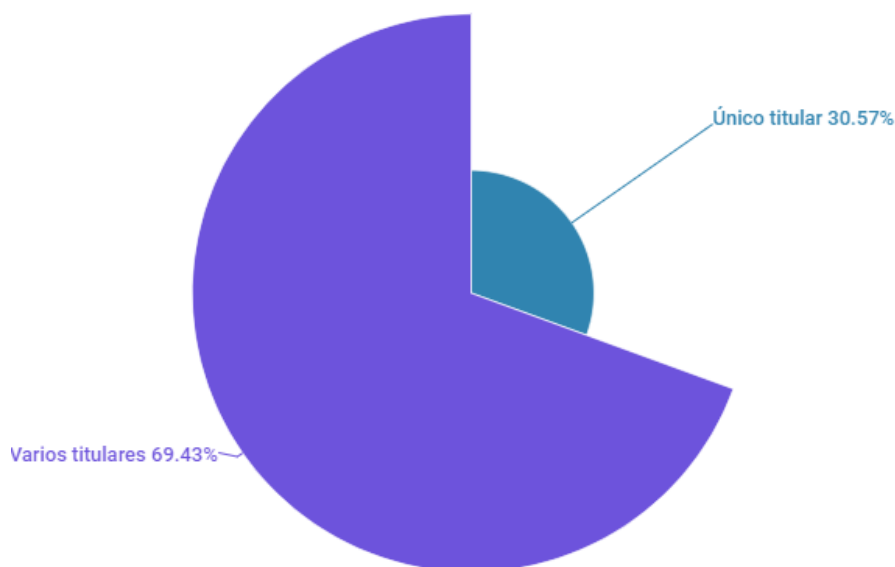


Figura 1. Distribución de solicitudes que asocian uno o varios tipos de titulares

Elaboración propia, fuente de información base de datos de patentes de la OMPI (patentscope.wipo.int) abril 1 de 2020

Este comportamiento identificado evidencia que la gran mayoría de colombianos relacionados con solicitudes de patente presentadas en países diferentes al suyo de origen, lo hacen en socio con por lo menos otra persona, bien sea natural o jurídica.

En relación con el sector tecnológico, analizado a partir de la clasificación internacional de patentes, se identificó que 1.319 registros, correspondiente al 58% del total de solicitudes de la ventana de observación, están asociados a la clase A61P 35/00 “Agentes antineoplásicos”, en la Tabla 1 se relacionan las 10 clases con mayor cantidad de solicitudes relacionadas y el porcentaje que estas representan del total identificadas.

Tabla 1. Principales IPC asociadas a las patentes que vinculan a colombianos

Clase	Nombre	Total Solicitudes	%
A61P 35/00	Agentes antineoplásicos	1319	58%
A61K 39/395	Preparaciones medicinales que contienen antígenos o anticuerpos • Anticuerpos	642	28%
C07D 471/04	Compuestos heterocíclicos que contienen átomos de nitrógeno como únicos heteroátomos del sistema condensado, teniendo al menos un ciclo de seis miembros con un átomo de nitrógeno, no previstos en los grupos • • Sistemas condensados en orto	573	25%
C07D 487/04	Compuestos heterocíclicos que contienen átomos de nitrógeno como únicos heteroátomos del ciclo en el sistema condensado • • Sistemas condensados en orto	562	25%
A61P 25/00	Medicamentos para el tratamiento de trastornos del sistema nervioso	496	22%
A61P 29/00	Agentes analgésicos, antipiréticos o antiinflamatorios que no actúan sobre el sistema nervioso central, p. ej. agentes antirreumáticos; Antiinflamatorios no esteroideos (AINEs)	465	21%
C07K 16/28	Inmunoglobulinas, p. ej. Anticuerpos mono o policlonales • • contra receptores, antígenos celulares de superficie o determinantes celulares de superficie	456	20%
C07D 401/14	Compuestos heterocíclicos que contienen dos o más heterociclos, que tienen átomos de nitrógeno como únicos heteroátomos del ciclo, siendo al menos un ciclo de seis miembros con solamente un átomo de nitrógeno • que contienen tres o más heterociclos	425	19%
A61F 13/15	Vendas o apósitos • Compresas absorbentes, p. ej. paños higiénicos, torundas o tampones para aplicación externa o interna al cuerpo. Medios para mantenerlos en su sitio o para fijarlos; Aplicadores de tampone	422	19%

Según los datos analizados se encuentra que el 28,2% de las solicitudes identificadas se encuentran relacionadas con el sector de productos farmacéuticos, específicamente en medicamentos relacionados con sustancias que impiden el desarrollo, crecimiento, o proliferación de células tumorales malignas, así como anticuerpos propiamente dichos, antiinflamatorios y medicamentos para trastornos nerviosos.

La única clase identificada que no tiene relación directa con productos farmacéuticos corresponde a A61F 13/15, relacionada con vendas o apósitos, relacionados principalmente con

elementos de aseo femenino. Si bien estos últimos no tienen relación directa con productos farmacéuticos, su relación con los productos médicos o de salud si es directa.

De acuerdo con esta clasificación y tomando como referencia la Tabla 2 donde se presentan las concordancias con la clasificación internacional de patentes de la Oficina Española de Patente y [9], se identifican los sectores más relevantes según los registros analizados.

Tabla 2. Concordancia de IPC

Sector tecnológico	Subsectores
Electricidad, electrónica	Aparatos electrónicos, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Eléctrica Comunicación Digital Métodos de gestión mediante tecnologías de la información Procesos básicos de comunicación Semiconductores Tecnología Audiovisual Tecnología Informática Telecomunicaciones
Instrumentos	Análisis de materiales biológicos Control Medida Óptica Tecnología médica
Química	Biotechnología Ingeniería química Materiales, metalurgia Productos farmacéuticos Productos orgánicos elaborados Química de alimentos Química de materiales Química macromolecular, polímeros Tecnología de las microestructuras nanotecnología Tecnología de superficie, revestimiento Tecnología medioambiental
Ingeniería Mecánica	Componentes mecánicos Manipulación Maquinaria textil y de papel Máquinas herramienta Motores, bombas, turbinas Otra maquinaria especial Procesos térmicos y aparatos Transporte
Otros sectores	Ingeniería civil Mobiliario y juegos Otros productos de consumo

Se observa que el sector en el que se encuentra mayor participación corresponde al de productos farmacéuticos (Química), en el que además el mayor número de solicitudes se presentó en los años 2009 y 2011, seguido por el de tecnología médica (Instrumentos); cada uno de estos dos sectores están relacionados en el 28% de las solicitudes presentadas en el periodo de interés, otro sector de alto nivel de protección es el de química de materiales. En la Figura 2

se presenta la distribución de solicitudes según el sector tecnológico para este grupo de patentes entre los años 2000 y 2019.

Desde este punto de vista se refuerza el hallazgo presentado al observar de forma independiente las IPC relacionadas a cada solicitud, encontrando además que en términos del comportamiento año a año, los productos farmacéuticos han representado un interés permanente entre los años 2000 y 2019, mientras que sectores como el de ingeniería civil que en cifras globales representa un escaso interés, ha presentado un incremento sostenido en el total de solicitudes desde los años 2012 y 2013.

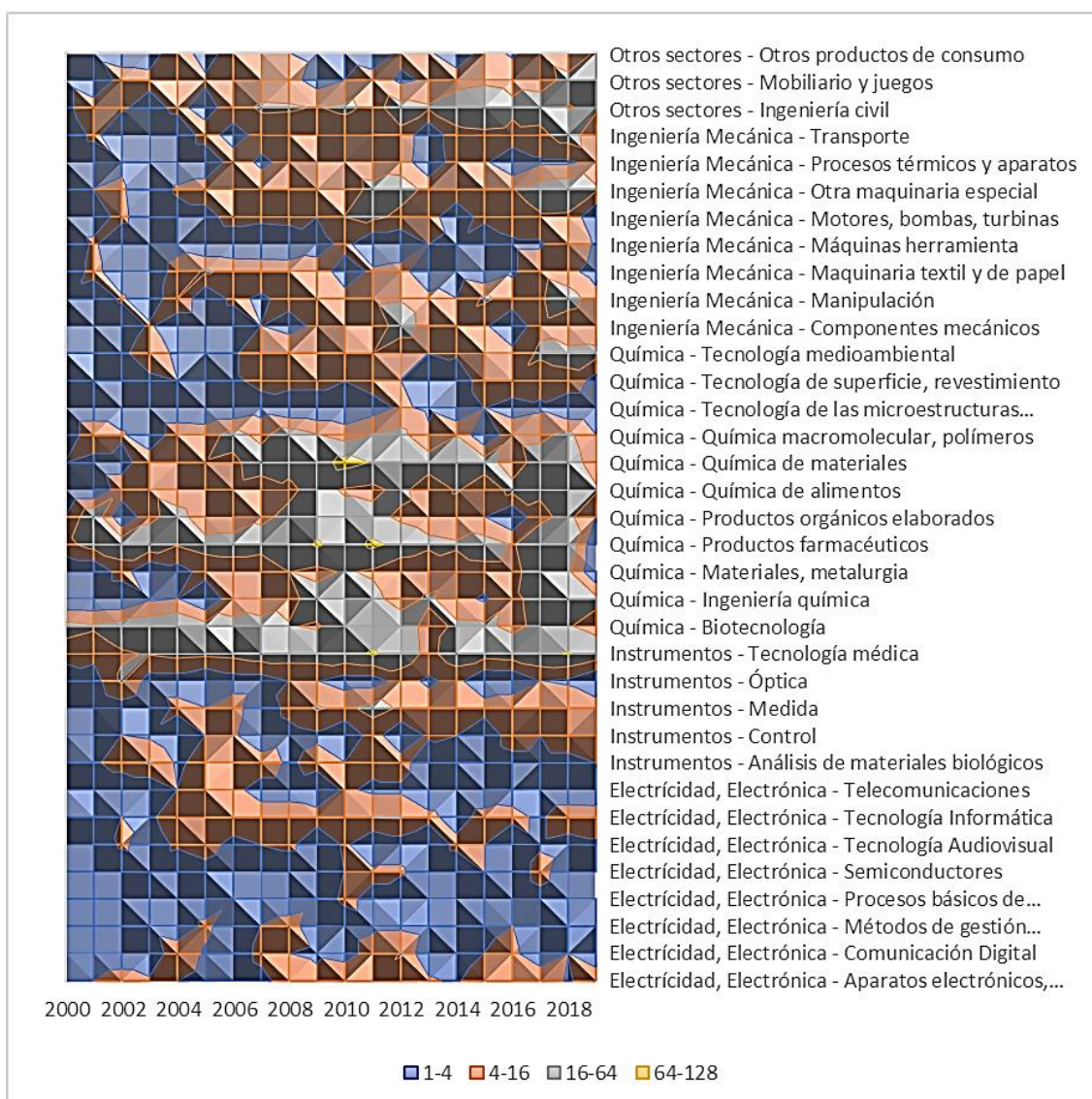


Figura 2. Solicitudes de patente presentadas en el exterior que asocian colombianos, según sector tecnológico asociado por año de solicitud

Elaboración propia, fuente de información base de datos de patentes de la OMPI (patentscope.wipo.int) abril 1 de 2020

Con esta perspectiva también resulta interesante el hecho de que los sectores relacionados con electricidad y electrónica corresponden a aquellos en los que se presenta una menor

vinculación de titulares colombianos, hecho que contrasta con el comportamiento de las solicitudes de patentes a nivel mundial donde se encuentra que el 24,5% del total de registros se presentan en estos sectores, liderados por empresas como Canon y Samsung [10], en la Figura 3 se presenta el comportamiento internacional del total de solicitudes presentadas para los años 2007, 2012 y 2017.

Field of technology		Number of published applications			Share of total (%)
		2007	2012	2017	2017
Electrical engineering	Electrical machinery, apparatus, energy	102,410	146,626	197,645	6.7
	Audio-visual technology	93,742	77,319	82,888	2.8
	Telecommunications	66,954	51,694	58,467	2.0
	Digital communication	64,059	91,738	144,669	4.9
	Basic communication processes	17,794	16,345	16,685	0.6
	Computer technology	125,073	150,721	229,269	7.8
	IT methods for management	20,414	28,743	53,326	1.8
Instruments	Semiconductors	80,228	85,794	83,954	2.8
	Optics	78,025	65,003	73,134	2.5
	Measurement	66,697	94,890	148,809	5.0
	Analysis of biological materials	11,354	12,440	17,869	0.6
	Control	27,776	32,997	67,309	2.3
Chemistry	Medical technology	75,479	89,164	132,863	4.5
	Organic fine chemistry	54,696	55,306	68,901	2.3
	Biotechnology	34,623	43,222	64,012	2.2
	Pharmaceuticals	75,046	75,788	106,312	3.6
	Macromolecular chemistry, polymers	28,444	33,631	54,504	1.8
	Food chemistry	21,262	34,580	74,470	2.5
	Basic materials chemistry	39,717	54,239	95,776	3.2
	Materials, metallurgy	30,734	48,464	71,684	2.4
	Surface technology, coating	30,091	38,879	46,696	1.6
	Micro-structural and nano-technology	2,594	4,295	5,294	0.2
	Chemical engineering	33,888	44,848	80,378	2.7
Mechanical engineering	Environmental technology	21,900	32,006	55,918	1.9
	Handling	43,261	51,316	85,296	2.9
	Machine tools	37,130	56,168	89,742	3.0
	Engines, pumps, turbines	42,149	56,113	65,948	2.2
	Textile and paper machines	36,316	34,849	44,541	1.5
	Other special machines	44,917	61,862	117,901	4.0
	Thermal processes and apparatus	25,598	34,503	50,357	1.7
	Mechanical elements	44,321	54,196	77,156	2.6
Other fields	Transport	65,707	79,069	124,203	4.2
	Furniture, games	44,773	48,281	77,522	2.6
	Other consumer goods	32,227	38,997	58,809	2.0
	Civil engineering	53,279	67,884	105,322	3.6
	Unknown	40,822	30,963	22,976	0.8
Total		1,713,500	2,022,933	2,950,605	100.0

Figura 3. Solicitudes de patente publicadas en todo el mundo por sector tecnológico, 2007, 2012 y 2017

Tomado de [10, p. 40]

Con base en esta información también se encuentra que para este grupo los sectores que asocian la menor cantidad de solicitudes son los relacionados con electricidad y electrónica, especialmente la de procesos básicos de comunicación, así como el de máquinas herramienta, en los cuales además ha habido años en los que no se han presentado solicitudes.

Con el fin de ampliar el análisis de los datos obtenidos y procesados en el marco de la investigación, la información relacionada con el detalle de las solicitudes por año, así como las jurisdicciones asociadas con cada uno de los registros, serán abordados por los autores en posteriores artículos.

4. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos, se encuentra que el conocimiento generado a nivel mundial que vincula a colombianos se centra especialmente en el sector farmacéutico, caracterizándose además porque no es desarrollado de forma independiente sino en alianza con otros inventores.

Otro aspecto para destacar es el alto número de solicitudes de patentes provenientes de personas naturales en contraste con la escasa representación de las universidades quienes son las llamadas a generar conocimiento científico.

En comparación con el contexto internacional, se encuentra que el conocimiento generado desde un el punto de vista científico-tecnológico ofrecido por las patentes, se centra especialmente en el sector tecnológico de productos y procesos eléctricos y electrónicos, mientras que para el caso particular de aquel en el que se vincula a colombianos, sus aportes se centran en el sector químico, con especial interés en el farmacéutico.

REFERENCIAS

- [1] J. Kessler and D. Sperling, "Tracking U.S. biofuel innovation through patents," *Energy Policy*, vol. 98, pp. 97–107, 2016.
- [2] A. Abbas, L. Zhang, and S. U. Khan, "A literature review on the state-of-the-art in patent analysis," *World Pat. Inf.*, vol. 37, pp. 3–13, 2014.
- [3] D. Ajay and A. T. Sangamwar, "Identifying the patent trend, licensing pattern and geographical landscape analysis of the council for scientific & industrial research (CSIR) of India between 2000 and 2011," *World Pat. Inf.*, vol. 38, pp. 42–49, 2014.
- [4] F. Archontakis and N. C. Varsakelis, "Patenting abroad: Evidence from OECD countries," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 116, pp. 62–69, 2017.
- [5] R. Belderbos, "Overseas innovations by Japanese firms: An analysis of patent and subsidiary data," *Res. Policy*, vol. 30, no. 2, pp. 313–332, 2001.
- [6] R. Hernandez Sampieri, C. Fernández Collado, and M. del P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, sexta edición., 6th ed. 2014.
- [7] J. D. Romero-Betancur and B. J. Parra Villamil, "Solicitantes de patente ante la WIPO (relacionados con solicitudes que vinculen por lo menos a un colombiano)." Zenodo, 2020.
- [8] J. D. Romero-Betancur and B. J. Parra Villamil, "Sectores Tecnológicos asociados a las solicitudes de patente ante la WIPO que vinculen por lo menos a un colombiano." Zenodo, 2020.
- [9] Oficina Española de Patente y Marcas, "Tabla de concordancia con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP)." Oficina Española de Patentes y Marcas, Madrid, pp. 1–8, 2014.
- [10] World Intellectual Property Organization, *World Intellectual Property Indicators 2019*. 2019.

Energía solar en paradas de bus una aplicación moderna y vanguardista

(Solar energy in bus stops a modern and avant-garde application)

Héctor Sebastián Naranjo Silva¹, Diego Javier Punina Guerrero², Juan José Morales Martínez³

¹ Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

³ Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, México.

hector.sebastian.naranjo@upc.edu.com, dpuninag2@uteq.edu.ec, juan_jose370@hotmail.com

Resumen: La eficiencia energética es un tema relevante globalmente debido a la creciente dificultad para acceder a fuentes de energía con mínimos impactos ambientales, según la Agencia Internacional de la Energía en el 2016 el porcentaje de renovables mundialmente fue 24,5% [9], en este sentido el objeto del artículo es transmitir la investigación de un grupo multidisciplinario que se respalda con la ingeniería para determinar condiciones de energía renovable en un proyecto piloto, el proyecto sobre el acondicionamiento de energía fotovoltaica aplicada en paradas de buses eliminando energía por fuentes convencionales a lo largo del boulevard Albino Corzo, en la ciudad de Chiapas en el departamento de Tuxtla Gutiérrez de México.

La metodología del estudio es cuantitativa basada en resultados de cálculo carácter investigativo y de acción, los resultados son aceptables, contrastados con la incorporación de un arreglo de cinco (5) paneles solares simulados en un programa informático para la parada de bus tipo conejo que reduce 48,37 [kg] de CO₂ anuales al ambiente.

Palabras clave: Chiapas, energía, fotovoltaica, México, panel solar.

Abstract: Energy efficiency is a relevant issue globally due to the increasing difficulty of accessing energy sources with minimal environmental impacts, according to the International Energy Agency in 2016 the percentage of renewables worldwide was 24.5% [9], In this sense, the object of the article is to transmit the research of a multidisciplinary group that is supported by engineering to determine renewable energy conditions in a pilot project, the project on the conditioning of photovoltaic energy applied at bus stops eliminating energy from conventional sources along the Albino Corzo boulevard, in the city of Chiapas in the Tuxtla Gutiérrez department of Mexico.

The study methodology is quantitative based on calculation results of an investigative nature and action, the results are acceptable, contrasted with the incorporation of an arrangement of five (5) simulated solar panels in a computer program for the rabbit type bus stop that reduces 48.37 [kg] of CO₂ per year to the environment.

Keywords: Chiapas, energy, photovoltaic, Mexico, solar panel.

1. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas crearon los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como un llamado adoptar medidas para mitigar paulatinamente la pobreza, proteger el planeta, garantizar la paz y prosperidad [14], en dichos objetivos el no. 7 enunciado “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos” se basa en fomentar

el acceso universal a servicios de energía modernas, con mejoras en el rendimiento y que aumenten el uso de fuentes renovables [14]. En este sentido, actualmente ahorrar energía por medio de fuentes de energía renovables es primordial, las políticas de los estados Latinoamericanos y mundiales se centran en impulsar el uso y aplicaciones de tecnologías limpias.

Con las ideas anteriores, al ser la energía solar una de las principales fuentes que se convierte en electricidad útil [12], el artículo investigativo verifica la reducción del consumo proveniente de combustibles fósiles de la red de distribución eléctrica por la integración de un arreglo de paneles solares dentro del sistema de distribución como mecanismo renovable.

El gasto por concepto de pago de energía fósil se trata en todos los países de sustituir por energía amigable con el medio ambiente, en México cerca del 90% del territorio nacional presenta una irradiación solar [18] (magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie [W/m^2].) que al día fluctúa entre 5 y 6 [kWh] por metro cuadrado, lo que representa hasta un 70% más alto comparado con los grandes desarrollos de aprovechamiento solar a nivel global [18].

La importancia del estudio es promover la ciudad de Chiapas como pionera en México y América Latina en diseñar este sistema, debido a que en ciudades como Londres (Inglaterra) y Nueva York (USA) está en práctica el uso de estaciones solares en parques de recreación para cargar celulares, pero, esta investigación va más allá, busca implementar luz de lámparas led para iluminar el espacio de la parada y los anuncios luminosos utilizando energía solar por medio de un arreglo de paneles instalados en la parte superior de las paradas de bus.

2. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque de la metodología

La investigación es cuantitativa, se orienta a resultados que se obtienen de la integración de varias etapas de estudio del sistema renovable de energía, analizando datos sobre información histórica comparable, tabulada y medible.

2.2. Tipos de investigación con referencia a la metodología seleccionada

Mediante el enfoque seleccionado se utilizan dos tipos de metodologías específicas nombradas a continuación:

- Investigación de acción: es el tipo que conecta el enfoque con programas y acciones permiten encontrar las diferencias entre las variables de estudio para comprobar aspectos, posibilidades y mejoras [2]. El objeto para este tema de análisis es reducir costos a la red pública del sistema energético mediante el uso de paneles fotovoltaicos.
- Investigación bibliográfica: se utiliza con relación a la búsqueda de información del problema mediante manuales, libros, textos de apoyo, internet, y demás relacionado al estudio de la producción eléctrica de sistemas solares [7].

2.3. Detalle de la investigación

El proyecto se enfoca a implementar un sistema de energía renovable en un espacio público, como son las paradas de buses de tipo conejo de la avenida central de Chiapas en México. La autogeneración de energía por medio de paneles solares proporciona electricidad promoviendo la aplicación de energía limpia, innovación y con un impacto positivo a nivel regional [2].

La energía es central para los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente, sea para uso doméstico, industrial, producción alimenticia, educación, seguridad y hasta para mitigación del cambio climático, en tal razón el acceso global a la energía es esencial.

La energía sostenible es una oportunidad que transforma la vida, la economía y el planeta, el proyecto se enfoca en un diseño compacto y económico para beneficiar al gobierno y ciudadanos aumentando la producción de energía eléctrica de manera renovable [14].

La situación energética expone que la carga de energía en [kWh] por bimestre sin el prototipo calculado requiere de:

- 3 reflectores de 100 [W].
- 4 focos de 40 [W] tipo incandescente.

La carga neta por los reflectores es 300 [W], los 4 focos 160 [W], por lo tanto, la carga total es de 640 [W] con un uso de 12 horas al día, además con un consumo mensual promedio de 30,4 días al año se tiene una energía necesaria de 167,80 [kWh].

2.4. Procedimiento

El procedimiento se basa en levantar los datos de consumo de la parada tipo de Chiapas, posterior calcular los equipos necesarios de energía solar fotovoltaica para subministrar la misma cantidad energética y finalmente se compara mediante un programa computacional de simulación que los equipos y cálculos sean similares.

3. RESULTADOS

A continuación, se plasma la estrategia efectuada, la cual comprende dos ítems fundamentales:

1. Reemplazo de suministro de energía de la red pública por paneles solares que generan un sistema fotovoltaico amigable al ambiente.
2. Reemplazo de la luminaria interior por iluminación tipo led más eficiente.

El cálculo la energía en [kWh] que se consume al bimestre con el prototipo, contiene la siguiente carga:

- 2 tiras en rollo led tipo carrete 5.050 de 5 [m] con consumo de 72 [W].
- 3 focos led tipo rgb de consumo de 20 [W].

Se calcula una carga neta por tiras led en 144 [W], las 3 lámparas en 60 [W] y los cargadores considerando un factor de utilización del 70% se tiene un total de 0,01 [W], entonces la carga total es de 204 [W] con un uso de 12 horas al día.

Considerando que la luminaria solo se activa por las noches mediante un controlador de carga de corriente directa, esto es un consumo mensual de 74,42 [kWh] con el consumo de energía actual.

El consumo anual es de \$5.724 pesos mexicanos aproximadamente \$287 dólares americanos [22], lo que analizado a 25 años de vida útil del proyecto es de \$150.246 pesos mexicanos dando \$7.527 dólares americanos [22], es relevante considerar que se tiene un incremento del 5% anual en el [kWh/\$costo], [3].

El potencial de ahorro con el uso del proyecto es de 1.121 [kWh] anuales, lo que representa una reducción de consumo de energía del 44,35%, y con los siguientes cálculos beneficiosos.

3.1. Cálculo de paneles solares del sistema:

Para el número de paneles solares se calcula la carga media diaria crítica, con la siguiente fórmula [19]:

$$L_{md} = \frac{L_{md.DC} + \frac{L_{md.AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \times \eta_{cond}} \quad (1)$$

Dónde:

L_{md} es el consumo de energía media diaria;

$L_{md.DC}$, es la carga en corriente directa;

$L_{md.AC}$, es la carga en corriente alterna;

η_{inv} , es la eficiencia del inversor;

η_{bat} , es la eficiencia de la batería; y

η_{cond} , es la eficiencia del conductor.

En el proyecto no se tiene cargas en corriente alterna, ni inversores, $L_{md.AC}$ y $\eta_{inv} = 0$, $L_{md.DC} = 2.448$ [Wh/día] = $74,12 \times 12$, y por defecto la eficiencia η_{bat} será de 95% y η_{cond} será de 100%, sustituyendo valores el resultado de la formula son:

$$L_{md} = [(2.448) + (0)] / (0,95 * 1)$$

$$L_{md} = 2.576,84 \text{ [Wh/día]}$$

3.2. Cálculo del número de paneles solares necesarios:

$$N_T = \frac{L_{md.crit}}{P_{MPP} \times HPS_{crit} \times PR} \quad (2)$$

Donde:

N_T , es el número de paneles solares necesarios;

P_{MPP} , es la potencia pico del panel solar = 180,40 [W];

$L_{md.crit}$, es la energía media diaria critica = 2.576,84 [Wh/día];

HPS_{crit} , son las horas de sol pico del mes crítico = 3,34;

PR , es el factor global de funcionamiento = 0,90.

Se tiene que el mes crítico de irradiación solar según datos de la NASA es diciembre con 3,34 horas pico de sol (HPS) [13], y con el cálculo de la sección a, la carga $L_{md} \text{ crit} = 2576,84$ [Wh/día], la potencia pico del panel solar es de 180,4 [W] y según tablas de especificación del modelo Solarworld serie SW-250 tipo poli cristalino de marca Conermex [5], por lo tanto, sustituyendo datos en la ecuación (2) el resultado es:

$$N_T = \frac{2.576,84}{180,4 \times 3,34 \times 0,9}$$

$$N_T = 4,75 \approx 5 \text{ paneles solares.}$$

3.3. Cálculo de ángulo de inclinación de los paneles solares:

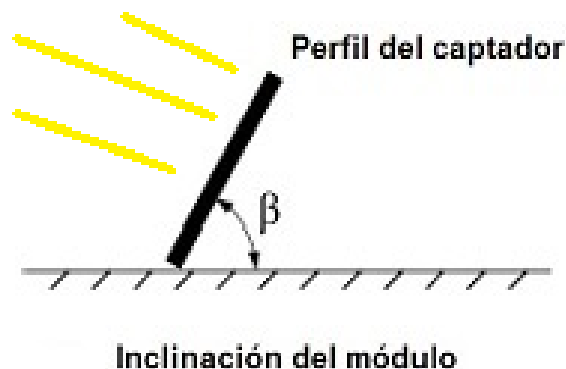


Figura 1. Modelo de recepción de luz del panel solar

Fuente: Energía solar y eólica [6].

Se tiene a continuación que la latitud de la ciudad de Chiapas es de 27° , por lo que, según la tabla 1 seguido, se tendrá un ángulo de inclinación para los paneles solares de $27^\circ + 5^\circ = 32^\circ$ hacia el sur.

Tabla 1. Ángulo de inclinación de paneles solares

Fuente: NASA, Earth Science Enterprise Program [13].

Latitud del lugar en grados	Ángulo de inclinación
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5°
30° a 35°	Latitud más 10°
35° a 40°	Latitud más 15°
40° o más	Latitud más 20°

3.4. Cálculo de banco de baterías:

Mediante dos parámetros importantes que son la profundidad de descarga máxima y el número de días de autonomía, a continuación, como norma del cálculo del acumulador de energía se toman los parámetros siguientes [11].

- Profundidad de descarga máxima estacional ($PD_{max,e}$) = $70\% = 0,7$
- Profundidad de descarga máxima diaria ($PD_{max,d}$) = $15\% = 0,15$
- Número de días de autonomía (N) = 3

Para evitar insuficiencia se compara la capacidad nominal necesaria de las baterías en función de la profundidad de descarga estacional y diaria, y se selecciona la mayor de ellas.

3.5. Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (Cnd):

La explicación de las dos ecuaciones es sencilla, se necesita generar una energía diaria L_{md} con las baterías, pero permiten solamente un 15% de descarga máxima con un factor de corrección de temperatura ($FCT = 1$) [8].

$$C_{nd} = \frac{L_{md}}{P_{Dmax,d} \times F_{CT}} \quad (3)$$
$$C_{nd} = \frac{2.576,84}{0,15 \times 1} = 17.178,93 [Wh]$$

Una vez determina la energía en [Wh] de la batería, simplemente se divide entre la tensión de la misma de 24 [V] en este caso, y se tiene la capacidad mínima para el sistema de acumulación en función de la descarga.

$$C_{nd} = \frac{C_{md} [Wh]}{V_{BAT}} \quad (4)$$

$$C_{nd} = \frac{17.178,93}{24} = 715,78 [Ah]$$

Además, se calcula la capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (Cne) [17] en base a:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} \times N}{P_{Dmax,e} \times F_{CT}} \quad (5)$$

$$C_{ne} = \frac{2.576,84 \times 3}{0,7 \times 1} = 11.043,60 [Wh]$$

$$C_{ne} = \frac{C_{ne} [Wh]}{V_{BAT}} \quad (6)$$

$$C_{ne} = \frac{11.043,6}{24} = 460 [Ah]$$

3.6. Cálculo del regulador necesario para el sistema aislado:

A continuación, el cálculo del regulador, para ello mediante la máxima corriente que soporta el dispositivo a su entrada y salida, además se hace el producto corriente de cortocircuito de un módulo, en este caso del regulador, modelo SW-250 marca Conermex [5] con $I_{sc} = 6,96 [A]$, multiplicado por el número de ramas, donde la corriente de cada rama en paralelo es aproximadamente la misma anteriormente:

$$C_{ne} = 1,25 \times I_{MOD,SC} \times N_p \quad (7)$$

$$I_{entrada} = 1,25 \times 6,96 \times 5 = 43,5 [A]$$

Donde:

$I_{MOD. SC}$, es la corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito, en este caso, para el modelo SW-250 es de $I_{sc} = 6,96 [A]$.

Complementario se usa la corriente de cortocircuito máxima para el cálculo de entrada al regulador siendo la tensión del módulo fotovoltaico y se cuenta para evitar pérdidas de rendimiento [21].

- (NP) el número de ramas en paralelo = en este caso 5.
- 1,25 es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador.

Para el cálculo de la corriente de salida se valora las potencias de las cargas DC y las cargas AC:

$$C_{ne} = I_{salida} = \frac{1,25 \times (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_{BAT}} \quad (8)$$

$$I_{salida} = \frac{1,25 (204 + 0,95)}{24} = 10,62 [A]$$

Dónde: PDC = potencia de las cargas en corriente continua,

PAC = potencia de las cargas en corriente alterna; y

ninv = rendimiento del inversor, en torno a 90-95%.

Así pues, el regulador soporta una corriente como mínimo de 44 [A] a su entrada y 11 [A] a su salida.

3.7. Verificación de cálculo de paneles solares con el sistema informático PVsist 6.3.4:

Se realiza el diseño y verificación del número de paneles solares en el sistema informático técnico suizo llamado PVsist V6.3.4, para comparar con el software los cálculos manuales en el literal b [16].

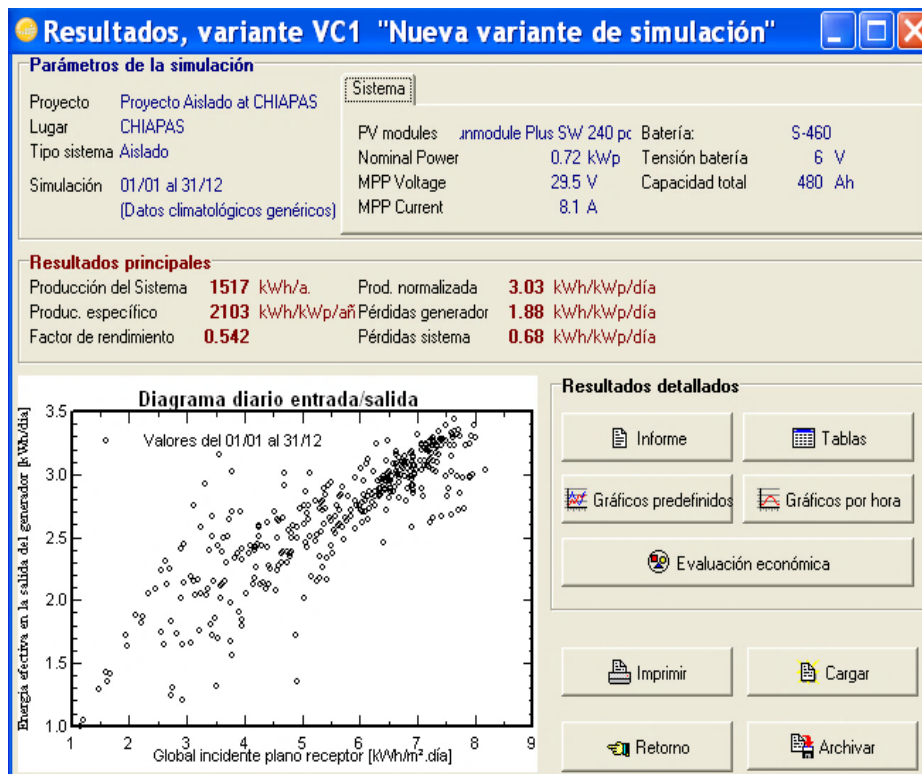


Figura 2. Datos del PVsist V6.3.4

Se ingresa la localización, energía necesaria y en base a modelos se determina que existe gran similitud entre ambos, en los cálculos se necesitan 5 paneles solares, mientras que con el software con 4 paneles solares que satisfacen el sistema con la misma capacidad de 480 [Ah] en baterías, y el ángulo de inclinación indica que debe estar a 30°, cálculos afines con la referencia del programa que se ilustra en la figura 2.

3.8. Valoración económica del proyecto

A continuación, se analizan y despliegan todos los valores necesarios para la incorporación de la investigación en la tabla 2 siguiente:

Tabla 2. Presupuesto del sistema fotovoltaico

Fuente: Autores

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	[Pesos mexicanos]	
				Precio unitario	Total
SUM-COL001	Suministro y colocación de módulo de panel solar modelo SW-250	PZA	5	11581,03	57905,15
SUM-COL002	Suministro y colocación de batería solar de 24 [V], ciclado profundo marca Surrete Solar modelo S-480	PZA	1	7327,59	7327,59
SUM-COL003	Suministro y colocación de controlador de carga CIS-10	PZA	1	1379,31	1379,31
SUM-COL004	Suministro y colocación de multicargador de 10 salidas	PZA	2	1200,00	2400,00
SUM-COL005	Suministro y colocación de tira led de 5 [m] de 72 [W]	PZA	2	280,17	560,34
SUM-COL006	Suministro y colocación de lámpara led de 20 [W]	PZA	3	836,21	2508,62
SUM-COL007	Accesorios mixtos necesarios para el sistema	LOTE	1	397,52	397,52
SUM-COL008	Suministro y colocación de estructura de montaje del panel solar (racks)	LOTE	1	3103,45	3103,45
				Sub Total	\$ 75.581,98
				16% I.V.A.	\$ 12.093,12
				Total	\$ 87.675,09

Homologando al valor en pesos mexicanos con fecha diciembre de 2020 según el Servicio de Administración Tributaria de México para este caso es \$4.392,93 dólares americanos por la implementación del sistema para cada parada de bus [22].

Con el costo de inversión del proyecto, se determina la factibilidad mediante los siguientes métodos [10].

Cálculo de ahorro anual sin el proyecto y con el proyecto.

$$\text{Horas diarias de consumo} = \frac{50\% \times 24 \text{ hrs}}{100\%} = \frac{12 \text{ hrs}}{\text{día}}$$

Si se analiza el consumo anual, donde la carga diaria es de 0,460 [kW], sin el proyecto.

$$\text{Consumo anual} = \frac{0,46 \text{ kw}}{\text{hr}} \times \frac{12 \text{ hr}}{1 \text{ día}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = \frac{2014,80 \text{ kwh}}{1 \text{ año}} \times \frac{2.919 \text{ pesos}}{\text{kwh}}$$

$$\text{Consumo anual} = 5881,20 \text{ pesos mexicanos anuales} = 322,50 \text{ dólares americanos anuales}$$

Se menciona que, por ser un sistema aislado, los ahorros generados son la facturación al 100% que se tendría.

4. DISCUSIÓN

Cada año en el mundo miles de proyectos de eficiencia energética permanecen sin ser implementados, especialmente en las economías en desarrollo, y fundamentalmente para aquellos países que importan la mayoría de sus recursos energéticos [1].

Una barrera importante para la implementación de dichos proyectos es el financiamiento, debido a que los mecanismos de inversión en eficiencia energética no están completamente desarrollados en las economías locales [2], en este sentido generar estudios y líneas de investigación sobre sistemas energéticos es esencial para apoyar el desarrollo en temas referentes a gestión sostenible energética, mitigación del cambio climático y factores del calentamiento global [12].

Según, el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables de México, con el uso de energía fotovoltaica se tiene que por cada panel solar es equivalente a plantar 9 árboles y sacar de circulación un vehículo durante toda la vida útil del proyecto aproximadamente 25 años [4].

5. CONCLUSIONES

Después de los cálculos necesarios se tiene la referencia de reducción de emisiones al ambiente de 48,37 [kg] de CO₂ al año mitigados con el reemplazo por el arreglo de paneles solares para paradas de bus.

El proyecto gestiona dos estrategias atractivas para ser sustentable en todos los aspectos técnicos, el primero el remplazo de la fuente de energía de la red pública a modo isla con paneles solares, y el segundo la reconversión tecnológica de luminarias a tecnología led, haciendo que en su base fundamental opere eficientemente.

Se reduce el consumo energía eléctrica de la red pública de 604 [W] a 204 [W] generadas por un arreglo de paneles solares calculados para las condiciones de la ciudad de Chiapas, departamento de Tuxla Gutiérrez en México.

Dicho análisis es un proyecto piloto que se puede aplicar internacionalmente en ciudades donde el potencial de captar energía solar sea alto, abriendo una puerta de mayores análisis y desarrollo energético renovable.

Es necesario analizar el poder de capacidad solar en las diversas ciudades y analizar fondos verdes para desarrollar iniciativas de este tipo.

AGRADECIMIENTOS: Se agradece al Municipio de Tuxtla Gutiérrez en México que extendieron datos de la ciudad para coordinar esta investigación, además, se agradece a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por ensanchar las fronteras del conocimiento con este tipo de propuesta académica de difusión que apoyan el desarrollo investigativo.

REFERENCIAS

- [1] Alexandru, M, (2013). Sustainability assessment of electricity generation technologies using weighted multi criteria decision analysis.
- [2] Berrío, Luis Humberto; Zuluaga, Carlos, (2014). Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: una revisión en el contexto energético mundial. Universidad del Norte, Ingeniería y Desarrollo. Vol. 32 n.º 2: 369-396, 2014. ISSN: 0122-3461 (impreso). 2145-9371 (on line).
- [3] Burns, J, (2009). Solar Energy Processes. New York, EE.UU. John Wiley & Sons.
- [4] Cabrerizo, E, (2012). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Sevilla, España.
- [5] Conermex SA, (2015). Energía Solar, soluciones en energías renovables, paneles solares. Disponible en: <http://www.conermex.com.mx/>
- [6] Energía Solar y Eólica, (2015). Energía Fotovoltaica. Disponible en: <http://www.eolicaysolar.com/>
- [7] Gómez-Luna, Eduardo; Fernando-Navas, Diego; Aponte-Mayor, Guillermo; Betancourt-Buitrago, Luis Andrés, (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización, Dyna, vol. 81, núm. 184, abril, 2014, pp. 158-163, Universidad Nacional de Colombia
- [8] Instituto de la tecnología y formación, (2013). Energía solar fotovoltaica, 3ra Edición. Madrid, España.
- [9] International Energy Agency, (2016). Solar Heat Worldwide Markets and Contribution to Global Energy Supply. Austria.
- [10] ITESM, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, (2015). Gestión y uso eficiente de la energía eléctrica. Monterrey, Nuevo León, México.
- [11] Martínez, J, (2012). Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España: Paraninfo.
- [12] Max Wei, S, (2009). Putting renewable and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate. California, Estados Unidos: Elsevier.
- [13] NASA, Earth Science Enterprise Program, (2015). Surface meteorology and solar energy. Disponible en: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [14] Organización de las Naciones Unidas, (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Disponible en: <https://academicimpact.un.org/es/content/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- [15] PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (2026). ¿Qué son los objetivos de desarrollo sostenible?, Disponible en: <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/sustainable-development-goals.html>
- [16] Romero, J, (2015). Tesina de Máster en Edificación. Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización. Barcelona, España.

- [17] Salgado, F, (2017). Guía de la energía solar fotovoltaica. Madrid, España.
- [18] SENER, (2014). Prospectiva del sector eléctrico americano. Dirección General de Planeación Energética. México, D.F. 230.
- [19] Sunfields Europe, (2014). Boletín solar fotovoltaico. Santiago de Compostela, La Coruña, España.
- [20] Tous, M, (2010). Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Editoriales CEAC.
- [21] Vasilis, M, (2017). Photovoltaics systems: Life cycle environmental profile and comparisons, ScienceDirect.
- [22] XE, (2020). Convertido oficial de dinero, Disponible en: <https://www.xe.com/es/currencyconverter/convert/?Amount=5724&From=MXN&To=USD>



UTEQ

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

¡Seguimos creciendo!