

Diseño e implementación de un guante electrónico para favorecer la productividad y seguridad en talleres industriales

Design and implementation of an electronic glove to enhance productivity and safety in industrial workshops

Andrés David Peralta de Aguas¹, Daniel José Salas Álvarez²

¹ Investigador del Grupo Sócrates, Universidad de Córdoba, (Cra. 6 No. 77-305) Montería, Colombia.
aperaltadeaguas83@correo.unicordoba.edu.co

² Director del Grupo Sócrates, Universidad de Córdoba, (Cra. 6 No. 77-305) Montería, Colombia.
danielsalas@correo.unicordoba.edu.co

Recibido: 15/feb/2022 Revisado: 30/abr/2022

Aceptado: 30/may/2022 Publicado: 30/jul/2022

Resumen El presente estudio tiene como propósito diseñar e implementar un guante electrónico, para favorecer la productividad y seguridad en las tareas del taller industrial de la Institución Educativa INEM de la Ciudad de Montería, Córdoba, en Colombia. Esta investigación es de tipo tecnológico-descriptivo y estuvo guiada por una etapa de encuestas, antes y después de la implementación del dispositivo electrónico, con el propósito de determinar su impacto en relación con la productividad de las tareas y el bienestar de los operarios del taller industrial, y seguidamente, el desarrollo de una aplicación web que almacena los datos recogidos por el guante electrónico, para permitir una mejor administración de la información. La investigación arrojó resultados alentadores que demuestran la intervención relevante que tiene este tipo de tecnología dentro de la optimización de las labores industriales, en cuanto al manejo del tiempo, la gestión de inventarios, facilidad en la manipulación de las distintas herramientas del taller, junto con la gestión eficiente de la información, debido a que provocó un mejor manejo de los procesos y de los artículos, así como el ofrecimiento de una herramienta innovadora y creativa para la industria.

Palabras claves guante; dispositivo electrónico; industria; seguridad; productividad.

Abstract The purpose of this study is to design and implement an electronic glove to improve productivity and safety in the industrial workshop of the INEM Educational Institution in the city of Monteria, Cordoba. This research was guided by the following stages, first, the application of surveys before and after the implementation of the electronic device, with the purpose of determining the impact of this in relation to the productivity of the tasks and the well-being of the operators of the industrial workshop. Next, the development of a web application that stores the data collected by the electronic glove to allow a better management of the information. The research yielded optimal results that demonstrate the relevant intervention that this type of technology has within the optimization of industrial tasks, in terms of time management, inventory management and ease in the handling of the different tools of the workshop; along with the efficient management of information, this because it caused a better manageability of processes and items, as well as offering a new innovative and creative tool for the industry.

Keywords glove; electronic device; industry; safety; productivity.

1 Introducción

Actualmente, muchas empresas destinadas a la producción industrial, utilizan en sus plantas, robots para aumentar la capacidad y calidad de la misma. Por esta razón, la robótica es uno de los campos con mayor velocidad de desarrollo. No obstante, como lo señala Ramírez, (2017), dichos robots están diseñados para realizar tareas fijas, ya sea soldar, cortar, o desplazar objetos en específico.

En la industria no es posible prescindir de la actuación humana, debido a que las máquinas necesitan de un usuario que las opere. En este sentido, la robótica funciona como un elemento de apoyo para el personal en cuestión, y es por eso que se debe tener en cuenta la implementación de equipos electrónicos que disminuyan el esfuerzo físico y favorezcan la productividad; así como servir de ayuda en tareas que requieran de mucha fuerza o en aquellas donde se deban medir altas temperaturas, asegurando el bienestar del operario; ya que la implementación de estos mecanismos minimizan los riesgos laborales al tiempo que facilitan los procesos. El desarrollo de procesos industriales se encuentra inmerso en diversas actividades cotidianas que requieren de ayuda técnica para facilitar y optimizar los resultados. Razón por la que se deben incluir equipos electrónicos para la realización de dichas actividades, con el propósito de acrecentar la productividad y proteger al usuario de posibles accidentes.

En Colombia, según informes de FASECOLDA y el Consejo Colombiano de Seguridad, en el país se siguen presentando diversos accidentes laborales, pero a pesar de que han disminuido un 6,15%, la cifra no es alentadora, pues cada año se producen más de 600.000 accidentes, y en el 2019 hubo 155.379 (Portafolio, 2019). Igualmente, a nivel internacional, las cifras reflejadas por la OIT (Organización Internacional del Trabajo), el Ministerio de Producción y Trabajo de la Argentina, SafeYouth@WorkProject y la Superintendencia de Riesgos Laborales (SRT), revelaron que 7.600 personas mueren por día en el mundo como consecuencia de accidentes de trabajo. Estos datos fueron conocidos a través de la

Conferencia sobre Seguridad y Salud de trabajadores adolescentes y jóvenes, realizada en Buenos Aires en el marco del Día Mundial de la Salud y la Seguridad en el trabajo, celebrado el 28 de abril del 2019 (Infobae, 2019). Este encuentro favoreció la inserción de la tecnologización y digitalización para el ámbito de la seguridad y la salud en el trabajo.

Lo anterior sustenta el por qué es imperativo desarrollar instrumentos o herramientas electrónicas que minimicen el grado de exposición del operario frente a diversos riesgos latentes en el área de trabajo.

Di Tore, (2019), afirma que muchas empresas industriales se están sumando a la nueva revolución industrial dominada por la adquisición de datos, la digitalización y otras nuevas tecnologías. Es así que, Wearable combina las características de algunas de las tecnologías más populares de esta revolución, en cuanto a que pueden monitorear regiones específicas del cuerpo, al rastrear información en cualquier lugar y en cualquier momento; los sistemas portátiles para manos también representan un campo especial de interés, ya que son la región principal del cuerpo involucrada en tareas industriales.

Este documento examina dichos sistemas portátiles basados en los datos de los últimos años, recopila información sobre los componentes más importantes que incorporan y analiza sus características, teniendo en cuenta que son dispositivos destinados a ser usados en el cuerpo. De esta forma, al involucrar la tecnología en los procesos industriales, permitirá que quienes los manejen cuenten con movilidad y destrezas transferibles, favoreciendo su trayectoria laboral. La vinculación del sector empresarial y electrónico, generará un desarrollo de competencias, las cuales forman al individuo para el medio laboral, afectando significativamente el rango de competitividad de este.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo se propone diseñar un guante electrónico que ayude en el desarrollo de procesos industriales llevados a cabo en la Institución Educativa INEM de Córdoba, Colombia.

2 Antecedentes

Para el desarrollo de esta investigación, se tuvo en cuenta que no sólo se propone elaborar un guante electrónico que facilite el trabajo a los empleados del sector industrial y que favorezca su productividad y bienestar, sino que se deben tener en cuenta los referentes académicos que han implementado este tipo de investigación, pensando en cómo ayudar a minimizar el esfuerzo de los operarios, reduciendo los accidentes y desde allí, partir hacia la construcción del guante electrónico que beneficie a los trabajadores y atenúe al máximo los riesgos en sus actividades laborales.

Con respecto al campo de la industria, sector donde más accidentes laborales se presentan, ProGlove (s.f), una joven compañía alemana, ha lanzado un guante inteligente (wearable) que está revolucionando sectores como la automoción o la logística, gracias a una digitalización desde el aspecto humano y no del robótico. Además, pensando en mejorar las capacidades de los operarios de almacén y montaje, la compañía le ha incorporado un escáner, el cual permite reducir hasta en cuatro segundos el tiempo que se le dedica a cada proceso de escaneo, un promedio del 50%, reduciendo la tasa de error a un 33%.

Desde su lanzamiento en 2014, el wearable ya cuenta con más de 10.000 negocios en Europa, Canadá y EEUU, con clientes como BMW, Volkswagen, Seat, Renault, Peugeot, Lufthansa, Intersport, Redcoon, Thyssenkrupp, Bosch o Kuka. Precisamente Kuka. Para ser precisos, Kuka, uno de los principales fabricantes del mundo, cuenta con los guantes Mark en sus departamentos de logística y no optan por usar robots para estos procesos.

En este sentido, dentro de las investigaciones académicas encontradas, se halla también Contreras, (2016), con el texto, *Diseño e implementación de un guante electrónico orientado a controlar los movimientos de un dron*, que surge de la necesidad de innovar en la manera de manipular un dispositivo por personas que tengan alguna discapacidad física. Inicia con una recopilación de información del software y

hardware requeridos para el diseño e implementación de un sistema maestro-esclavo, que consta de un guante electrónico y un sistema receptor que se comunican inalámbricamente entre sí.

En este orden de ideas, se muestra cómo el sistema receptor está conectado directamente con el control remoto del dron y de ahí se gobierna el cuadricóptero. Seguidamente, se describen las especificaciones técnicas de los componentes que se utilizan en el desarrollo del proyecto. Con base en lo anterior, se realizó una esquematización de los dispositivos maestro y esclavo, a través del software libre fritizing. Para ello, se dio a conocer la forma cómo los datos son enviados inalámbricamente desde un módulo XBEE, el cual se halla instalado en el guante electrónico, hasta otro módulo XBEE que está disponible en el sistema receptor.

Del mismo modo, Godoy, (2017) desarrolló un guante inteligente que utiliza técnicas de Machine Learning. Esta investigación trata acerca del análisis de una base de datos por medio de algoritmos de aprendizaje de máquina. Consistió en la selección de prototipos basados en un guante electrónico traductor de señas básicas, enfocado especialmente para las personas que presentan discapacidad auditiva y de lenguaje; para ello se utilizó un sistema electrónico inteligente con la capacidad de detectar un número de signos del idioma. Para el sistema electrónico se usó un sensor flexible en cada dedo, que se utilizaron para recolectar datos (se coloca en la mano derecha de la persona para obtener información de los números del 0 al 9 en el lenguaje de señas). Los datos obtenidos se analizaron a través de un esquema que involucra las siguientes etapas: balanceo de datos con Kennard-Stone (KS), selección de prototipos con algoritmo evolutivo (CHC) y procedimiento de optimización para reducción decremental (DROP3). Consecutivamente, se utilizó el algoritmo K-Nearest Neighbours (KNN) para la clasificación numérica. Este trabajo presenta un análisis de los mejores algoritmos de clasificación de prototipos (DROP3 y CHC) por medio del cual se pudo determinar el adecuado para el conjunto de datos.

También, Ramírez, (2013) desarrolló un trabajo de investigación como opción de grado, denominado

Movimiento de un brazo robótico mediante un guante p5 glove. En la actualidad hay proyectos desarrollados con P5 Glove capaz de manipular diversos dispositivos, uno de ellos es el proyecto P5midi, el cual permite usar el guante P5 Glove para enviar señales a través del canal de salida Midi y controlar la conexión. En otros proyectos, se utiliza el guante para imitar la mano humana y controlarla con el movimiento, por lo que consiste en el control de un brazo servo controlador serial Mini SSC.

La compañía Essential Reality, diseñó el guante P5 Glove a partir de la tecnología del antiguo modelo Power Glove de Nintendo, con la excepción de que en este caso se le agregó la capacidad de rotación. El guante de realidad virtual P5 Glove, el cual se puede encontrar fácilmente en internet por aproximadamente 60 €, fue diseñado especialmente para el ámbito del ocio, por ello vienen incluidos con un par de juegos creados con la finalidad de sentirse más cerca de la acción de los mismos, controlando los movimientos con la mano derecha, y a parte de los juegos, también incorpora los drivers y un programa que permite la calibración del dispositivo. Este aparato consta de dos partes: el guante y la torre, siendo el guante la parte móvil, con la cual ejecutaremos todas las acciones, y la torre la parte fija, que recolecta los datos y los envía al computador mediante una conexión USB.

De la misma manera, Herrera et al. (2013) llevó a cabo el diseño e implementación de un dispositivo de control diseñado como un guante sensorizado, que se utilizará como interfaz de control remoto para 5GDL, enseñando a un brazo robótico a realizar tareas de operación de objetos y transporte de materiales peligrosos. La implementación del sistema parte con la investigación de acelerómetros y sensores flexoresistivos, usados para censar el movimiento del brazo humano y apertura de la mano. Es así como se obtuvo un módulo de teleoperación para un manipulador robótico que combina técnicas de electrónica, programación y robótica, con el uso de nuevas tecnologías en sensores, para lograr una visión más amplia de la capacidad y alcances de la Ingeniería Mecatrónica, contribuyendo con beneficios en el área de teleoperación que pueden ser escalados a niveles industriales.

Ahora bien, Meng., Feng., & Tian., (2020), llevaron a cabo el diseño de un guante inteligente para combinar entornos virtuales y reales para experimentos químicos, en razón de que los usuarios carecen del sentido real de la operación y la plataforma experimental virtual, no puede capturar con precisión las intenciones de los usuarios; por lo que se creó un guante inteligente basado en IMU (unidad de medida inercial) que propone un algoritmo de percepción de intención de fusión multimodal, fundamentado en datos de visión, gestos y voz. El experimento demostró que el guante diseñado en este documento, puede obtener con precisión la postura de la mano y la intención operativa del usuario. En el entorno sin supervisión, el usuario puede completar con éxito el experimento de dilución de ácido sulfúrico concentrado, hablando con el guante, y la naturaleza de la interacción humano-computadora se mejora y obtiene una buena evaluación del usuario.

El artículo de Wójcicki, (2019) presenta una propuesta para un proyecto de guante inteligente para adquirir el movimiento de la mano humana. El prototipo consta de un guante equipado con sensores flexibles, un sensor de fuerza, un acelerómetro, una unidad de control y un sistema de alimentación. Los datos recibidos se clasifican en el grupo apropiado de gestos. El guante ha sido equipado con un sensor de fuerza diseñado para implementar la detección de gestos específicos; y el acelerómetro supervisa el cambio de posición de la mano. Los datos clasificados se recopilan y transmiten, utilizando Particle Photon en dos escenarios considerados, uno es mediante la transferencia de datos a una PC y el otro a través de una transferencia de datos a otro sistema, por ejemplo, Particle Photon o NodeMCU. El documento utiliza el prototipo como una herramienta para monitorear el progreso de la rehabilitación y como una interfaz hombre-máquina para controlar el equipo.

Ahora bien, Scheuermann., Strobel., Bruegge., & Vercla., (2017) sostienen que, en los entornos de fábrica, ofrecer beneficios para apoyar la mano de obra resulta muy útil, ya que puede generar que los procesos se aceleren y se ahorre tiempo. Dichos beneficios también pueden ser de mejoras ergonómicas que ofrecen operaciones de manos

libres durante las tareas diarias, así como el levantamiento de piezas pesadas; es un escenario típico durante los procesos de puesta en marcha, que puede impedir los procesos de escaneo necesarios. Desarrollaron dos variantes de guantes inteligentes en combinación con una aplicación de reloj inteligente, donde una variante ofrece una operación semi, y la otra una operación totalmente de manos libres durante el proceso de puesta en marcha. Los resultados muestran que los enfoques desarrollados ofrecen beneficios en cuanto al apoyo a los humanos, reducen la fatiga física de los brazos, manos, dedos, y aumentan la aceptación del usuario.

De igual forma, Ma., Lu., Xu., & Dai., (2020) elaboraron un par de guantes ligeros calentados eléctricamente (EHG) con función de control de temperatura inteligente para evaluar las propiedades de termorregulación del EHG. Se registraron durante 60 minutos, los cambios en la temperatura de la piel en todos los dedos, el opisthenar y la sensación térmica subjetiva; igualmente se investigaron los efectos de dos velocidades del aire (es decir, 0,17 y 0,50 m/s) sobre el rendimiento de protección contra el frío del EHG en escenarios de calefacción y control. Para los escenarios de calentamiento, la temperatura de la piel y la sensación térmica en todos los dedos y el opisthenar, se encontraron significativamente más altas que en las condiciones de control. Además, la velocidad del aire a 0,50 m/s redujo en gran medida el rendimiento de protección contra el frío de los guantes. Los resultados de la investigación pueden aplicarse para mejorar el confort térmico y ampliar los tiempos de trabajo de las personas en entornos fríos.

De manera similar se halla la investigación de Müller., Gust., et al., (2015) que trata sobre la viabilidad técnica de los guantes ligeros con actuadores inteligentes con detección automática. Este concepto de un sistema de guantes de apoyo, se desarrolló para reducir el estrés de las manos de los empleados mientras trabajan. El objetivo es un sistema compacto equipado con cables de aleación de memoria inteligente que funcionen como actuador. Al mismo tiempo, debe usarse para diferentes procesos de medición, como la resistencia del cable y las fuerzas producidas durante el agarre. Para obtener el

mejor soporte posible, el peso del sistema de guantes debe ser lo más bajo posible y las dimensiones deben reducirse al mínimo. Para ello, todos los subsistemas deben desarrollarse, construirse y probarse.

También, Deval, (2018) por su parte se enfocó en la seguridad de las mujeres por lo que los guantes inteligentes son una buena opción para brindar seguridad en este caso, funcionando como un dispositivo de autodefensa eléctrica que utiliza alto voltaje para detener a un atacante. El guante inteligente propuesto está diseñado con fines de seguridad y su diseño se basa en la tecnología de descarga eléctrica, destinada a interrumpir temporalmente las funciones musculares e infligir dolor sin causar una lesión importante. De esta forma, el receptor se inmoviliza mediante dos sondas metálicas conectadas al dispositivo.

Otra investigación dirigida a asegurar el bienestar del usuario mientras realiza tareas de alto riesgo, es la desarrollada por R., SK., et al., (2020) la cual se centra en la construcción de un dispositivo que monitorea la salud del electricista y que está compuesto por instrumentos de medición de voltaje, amperio, inductancia, capacitancia, resistencia, rotación por minuto y prueba de conectividad. El sistema de control de la salud y los instrumentos de medición, están integrados en los guantes eléctricos aislados. Además, el guante calcula las horas de trabajo del electricista una vez que los usa.

Por otro lado, Navarrete., (2015) diseñó el Prototipo G: T: S: B-1 (guante traductor de señas básicas) para personas con problemas de audición y lenguaje. Los guantes constan de cinco sensores en cada dedo de la mano derecha y prácticamente permite traducir ocho señas básicas diferentes a las ya existentes en el lenguaje dactilológico, como son los símbolos del abecedario; este reconocerá cada seña y lo reproducirá en sonido de voz artificial mediante una aplicación Android desarrollada en un Smartphone. La comunicación inalámbrica se implementa con tecnología Bluetooth y puede enviar datos digitales que pueden ser controlados por una aplicación móvil instalada en el teléfono inteligente, por lo que se consigue una reproducción auditiva y textual del mensaje a imprimir.

Así mismo, San José, (2017) desarrolló una interfaz cuyo objetivo fue la creación de un entorno de realidad virtual en el que se representen los datos de flexión de una mano real que esté usando un dispositivo “5DT Data Glove 14 Ultra Left”. Para ello se elaboró toda la capa de comunicación entre el guante y el entorno de realidad virtual. Esta capa de comunicación incluye la publicación de los valores leídos en el programa Robotic Operating System (ROS) con un paradigma publicador/subscriptor. Los alcances de este proyecto se basaban en crear un modelo de una mano izquierda en un entorno de realidad virtual y crear la capa de comunicación entre el guante sensorizado y la virtualización. El software de control y envío de datos se desarrolló en la plataforma de Arduino, en donde al activar una señal visual el paciente deberá movilizar el dedo indicado, enviando los datos a una aplicación móvil, la cual se creó utilizando el software App Inventor. El hardware se diseñó en el software SolidWorks y fue construido a través de una impresora 3D; en cuanto al diseño del guante, este se realizó a través de los requerimientos solicitados por la empresa Kamay Solutions S.A.

Solís, (2019) desarrolló una investigación que tuvo como objetivo diseñar e implementar un prototipo de guante electrónico de asistencia para personas que padezcan discapacidad visual y así mejorar su desplazamiento dentro y fuera del hogar a través de un sensor ultrasónico que detecta la proximidad de obstáculos; de esa manera darle solución a los principales problemas que posee esta población que es la autonomía e independencia en actividades básicas como lo son la movilidad, la identificación de objetos y encontrarlos. Para la elaboración de este estudio, se utilizó una metodología en cascada, caracterizado por ser un modelo lineal de diseño que emplea un proceso secuencial constituido por varias etapas diferentes: requisitos, diseño, implementación, verificación y mantenimiento. Se comprobó que el prototipo de guante sensor permite disminuir el índice de posibles accidentes dentro y fuera del hogar causados por la carencia del sentido de la vista.

De igual forma, Patiño, (2020) redactó un artículo en el que describe la elaboración de un dispositivo wearable diseñado en forma de muñequera, el cual

funciona como una herramienta auxiliar del monitoreo continuo remoto de signos vitales, para pacientes afectados por la pandemia del coronavirus (SARS-CoV-2). El aparato está equipado por el sensor MAX30102 que registra el ritmo cardiaco y porcentaje de saturación de oxígeno en sangre. Este componente es controlado mediante un microcontrolador de WIFI ESP32, configurado bajo la plataforma de Arduino IDE, permitiendo la transferencia de datos a través del protocolo MQTT hacia la plataforma de Cayenne myDevices cada diez minutos, con el propósito de minimizar el consumo de potencia. Con base en los resultados reportados se pudo afirmar la viabilidad del wearable para detectar anomalías en la saturación de oxígeno en sangre y con ello solucionar la problemática de gestión del tiempo y atención de los pacientes enfermos de COVID-19 detectados con hipoxemia.

De igual modo, Li, Y et al., (2020) propusieron un guante inteligente integrado con fibras sintonizables MWNT / PDMS fabricado con un método de extrusión de un solo paso para la destreza de los dedos, los gestos y el reconocimiento de la temperatura. Este guante inteligente está basado en nanotubos de carbono de múltiples paredes / fibras de poli (dimetilsiloxano) (MWNTs / PDMS) para el reconocimiento de gestos y temperaturas. También presentan una relación lineal de cambio de resistencia y temperatura de 0,55% °C⁻¹ con un coeficiente de correlación de 0,998 en el rango de 0-100 °C. Al finalizar la investigación se obtuvo un guante altamente integrado, de bajo costo y multifuncional con un gran potencial para diversas aplicaciones, como el reconocimiento del lenguaje de señas, la capacitación en rehabilitación y la telemedicina en la era de Internet de las cosas.

La electrónica ha demostrado ser un trampolín en el campo de los dispositivos portátiles, ello se demuestra en el artículo propuesto por Chiu, CM, et al., (2019) quienes crearon un guante inteligente con nanogenerador triboeléctrico integrado para el reconocimiento de gestos autoamplificado y la expresión del lenguaje. Esto se logra al colocar el sensor en el dorso de la mano y así percibir el desplazamiento de los tendones para detectar los

gestos. Por lo tanto, el sensor puede servir como un traductor de lenguaje de signos electrónicos al convertir gestos en palabras.

Finalmente, se encuentra el estudio realizado por Borik, S. et al., (2019) enfocado en la medición de las fuerzas ejercidas con la mano, durante el contacto y la manipulación con varios objetos. Una parte del trabajo estuvo dedicada a sensores y métodos de medición de fuerza y presión. Cabe aclarar que el diseño y desarrollo del dispositivo midiendo las fuerzas de agarre, se realizó con base en el conocimiento de las áreas técnica y médica. El trabajo trata de la calibración y la prueba del dispositivo en condiciones industriales simuladas. El dispositivo diseñado promete ser utilizado en aplicaciones como la medición de fuerza durante las actividades laborales y la evaluación de riesgos relacionados con la carga física excesiva.

De acuerdo con lo anterior, se observa que existen investigaciones que han desarrollado el diseño de guantes electrónicos, resultando innovadores cada uno desde su objetivo principal. Además, el diseño y configuración de este guante les permitirá a las industrias hacer frente a las demandas de competitividad y modernización, al capacitar y dotar a su personal en herramientas tecnológicas calificadas para áreas específicas, que incrementan los valores de producción al agilizar las tareas engorrosas, debido a la disminución de riesgo, haciendo los resultados industriales, más eficaces.

3 Metodología

La población elegida en esta investigación corresponde a los estudiantes de grado décimo y trabajadores de la Institución Educativa INEM en la ciudad de Montería, que en conjunto suman 120 personas, de los cuales se tomó una muestra que respondió específicamente a los usuarios que operan en el taller industrial del plantel educativo, correspondiente a un número de 40 personas. El estudio responde a una investigación de tipo tecnológico-descriptivo, guiada por las siguientes etapas: primero, la aplicación de encuestas antes y

después de la implementación del dispositivo electrónico. Luego, el desarrollo de una aplicación web que almacena los datos recogidos por el guante electrónico para permitir una mejor administración de la información. En esta investigación se empleó la técnica de lectura y documentación, encargada de recopilar y seleccionar información a través de la lectura de documentos, libros, revistas, grabaciones, filmaciones, periódicos, bibliografías, etc. Para el desarrollo de este estudio se trae a colación una serie de guantes electrónicos diseñados anteriormente, con el propósito de ofrecer una visión general de los dispositivos existentes en el mercado, resaltando la descripción de su funcionalidad e ilustrando los diseños pertinentes.

4 Resultados

El diseño del dispositivo tiende a afirmar la hipótesis del estudio, debido a que las diferentes funcionalidades que lo componen, garantizaron un resultado eficiente, en cuanto a que cubre diversas tareas facilitando la productividad, al reducir el tiempo de ejecución de las labores y teniendo un control absoluto de cada una de ellas, puesto que al estar registradas en una base de datos la información es accesible en cualquier momento, sujeta a modificaciones necesarias por parte del usuario, todo ello, gracias a la selectiva búsqueda de los materiales empleados.

En cuanto al diseño de la aplicación Web, se usó PHP para el desarrollo de la página web y MySQL para el almacenamiento de la información que se envía del dispositivo.

3.1 Materiales

Tabla 1. Materiales para la construcción del guante inteligente

Materiales	
1. Módulo ESP32	8. Guante de Nylon reforzado aislado
2. Sensor de humedad- ambiente	9. Jumpers
3. Batería de Litio 5V	10. Termoencogible
4. Pantalla Nokia	11. TAG RFID
5. Módulo RFID	12. Sensor de voltaje
6. Buzzer	13. Stickers RFID
7. Sensores de temperatura	14. Interruptor

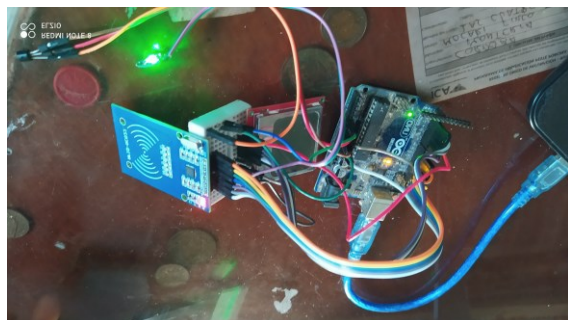


Figura 1. Diseño inicial del dispositivo.

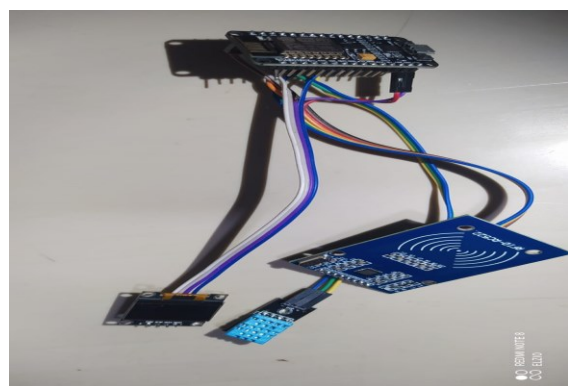


Figura 2. Diseño intermedio del dispositivo.



Figura 3. Prototipo#1 del Guante Electrónico.

3.2 Diseño del dispositivo y de la aplicación web

El guante electrónico está diseñado para brindar seguridad y disminuir los riesgos laborales del personal que lo utilice. El diseño de este dispositivo

cuenta con un fácil manejo puesto que el operario, solo debe incorporarlo en su mano derecha, presionar el botón de encendido y el sistema se iniciará mostrando en la pantalla la humedad ambiente y la hora. Seguido de esto, el sujeto podrá escanear artículos u objetos que estén etiquetados con stickers RFID, medir el voltaje de puntos eléctricos, baterías, entre otros. También podrá medir la temperatura de superficies o aparatos. Por último, el individuo apaga el sistema oprimiendo el botón del guante.

Por otra parte, todos los componentes del dispositivo (hardware) estarán conectados a un Arduino nano Pro mini, el cual se encargará del correcto funcionamiento de cada uno de estos.

En cuanto a la aplicación Web, encargada de almacenar los datos recogidos por el usuario a través del guante electrónico, cuenta con un inicio de sesión, administración y eliminación de artículos, administración de usuarios, control de inventario y manejo del historial.

Al colocar en funcionamiento la aplicación web se puede confirmar que este cumple con los requisitos establecidos. En este sentido, se evidencia que el Login funciona perfectamente, ya que se puede acceder al aplicativo de una manera fácil, ya sea como administrador u operario. En este sentido, la parte de administración de los usuarios también cumple con los objetivos establecidos puesto que, el administrador puede crear, editar, ver el historial del operario (temperatura, fecha y hora de ingreso al recinto) y buscar un usuario.

También, el apartado de administración de los artículos cumple con los parámetros establecidos porque, a la hora que el administrador este en la vista artículos, éste puede editar, crear, buscar y ver el historial (fecha y hora de ingreso y quien lo ingresa) de los artículos del taller. De igual forma, el ítem del historial cumple y satisface los parámetros señalados, pues bien, el administrador puede copiar, exportar y buscar el historial de los operarios. Del mismo modo, la vista artículos–operario, desempeña un correcto funcionamiento con énfasis en las demandas establecidas; así pues, el operario puede crear, editar buscar y ver el historial de los artículos del taller.



Figura 4. Diseño final del dispositivo.

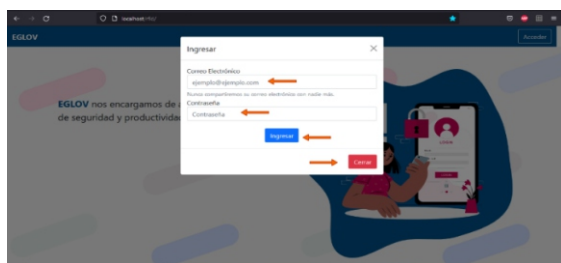


Figura 5. Interfaz: Inicio de sesión.

Tabla Artículos

#	Tarjeta	Nombre	Cantidad	Disponibilidad	Precio	Historial	Editar	Eliminar
46	123456	Estación de Soldadura	3	3	500000			
38	15110018259	aaa	12	11	1			

Figura 6. Vista de administración y eliminación de artículos.

Tabla Inventario

#	Operario	Nombre Artículo	Cantidad	Disponibilidad	Fecha	Hora
40	Javier	cortadora	10	0	2021-12-12	12:43:49
39	Javier	Destornillador Estrella	21	21	2021-12-12	12:43:40
38	Javier	Soplete	4	2	2021-12-12	12:41:00
37	Javier	Soplete	4	4	2021-12-12	12:40:53
36	Javier	Destornillador Estrella	0	0	2021-12-05	17:55:19

Figura 7. Control de inventario.

Historial Artículo

#	Fecha	Hora	Cantidad	Disponibilidad	Ultimo en Modificar
0	0	0	0	0	
#	Fecha	Hora	Cantidad	Disponibilidad	Ultimo en Modificar

Mostrando registros del 1 al 1 de un total de 1 registros

Figura 8. Historial de los artículos.

3.2.1 Evaluación del dispositivo y la aplicación web

En esta etapa los datos obtenidos de las encuestas desarrolladas en la investigación, son procesados y analizados para así determinar si la implementación de un prototipo electrónico brinda beneficios relacionados con la productividad y la seguridad. Es preciso aclarar que los resultados van de acuerdo con las respuestas obtenidas antes y después de utilizar el guante electrónico, en relación con los ítems de productividad y seguridad. Por lo que las barras de color anaranjado, representan las respuestas de los operarios antes de usar el guante electrónico, y las barras de color verde, son los resultados alcanzados tras la implementación del dispositivo electrónico a partir de las distintas funciones que ofrece el dispositivo las cuales son: control de temperatura, lectura de corriente, y control de ritmo cardíaco; teniendo en cuenta esto, se midió el nivel de confianza y seguridad de los operarios al realizar las labores del taller industrial con el guante electrónico demostrando el impacto positivo que tuvo su implementación en el taller industrial.

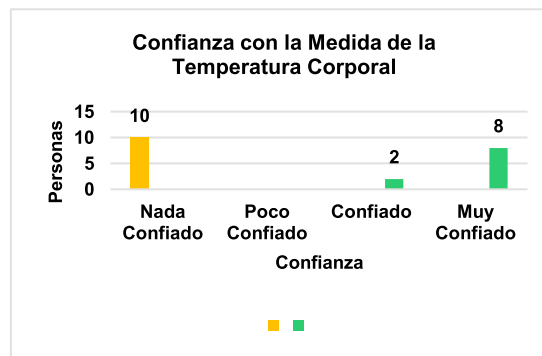


Figura 9. Confianza de los operarios con la Medida de la Temperatura Corporal antes de la implementación del Egllove.

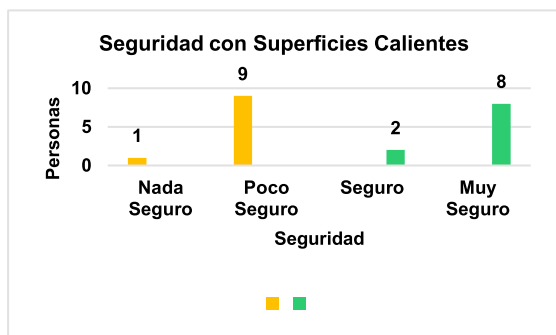


Figura 10. Resultados del ítem: Seguridad con superficies calientes antes de la implementación del Eglove.

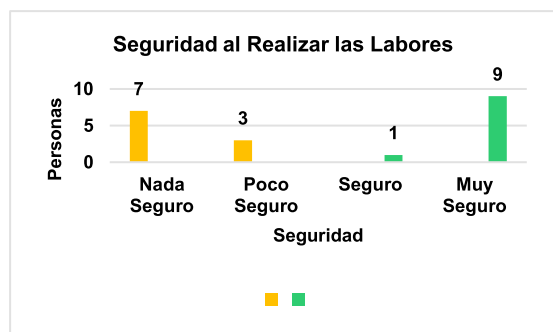


Figura 11. Resultados del ítem: Seguridad de los operarios al momento de realizar las labores con el guante electrónico.

4 Discusión

En función de lo planteado, las pruebas de productividad y de seguridad, arrojaron resultados favorables para la investigación, sustentando la idea de que la implementación de un guante electrónico para el desarrollo de las tareas industriales de un taller, mejoraría la productividad y seguridad de los operarios.

Del mismo modo, el diseño y desarrollo de un software que recopilara los datos recogidos por el dispositivo fue alcanzado satisfactoriamente, lo que corrobora la viabilidad del proyecto debido a que permite una mejor visualización de lo logrado, al digitalizar la información tomada por el dispositivo, lo que le garantiza al personal y al encargado del taller, una mejor administración y almacenamiento de lo recolectado. El acrecentamiento de la productividad y seguridad por medio de un dispositivo electrónico, le ofrece al taller aspectos indispensables y destacados

como calidad, producción, eficiencia, innovación, tecnología y nuevos métodos de trabajo; características que están ligadas con el éxito de este.

Así mismo, los resultados iniciales representados en los gráficos anteriores de color amarillo, son la prueba fehaciente del grado de superación que obtuvo el taller tras la implementación del guante electrónico, en sus actividades y en la seguridad de sus operarios, consiguiendo una calificación excelente en la prueba final, representada en las gráficas de color verde. Tras este estudio se constató, cómo la inclusión de la tecnología dentro del campo de la industria, mejora el rendimiento de los operarios, porque a través de ella se lleva a cabo un proceso de optimización y automatización de las tareas a ejecutar, haciéndolas más rápidas y eficientes; además de proponer una movilización más segura, disminuyendo la posibilidad de accidentes dentro del área de trabajo.

El dispositivo electrónico logró lo propuesto al comienzo de esta investigación, demostrado en el aumento de la producción y la mejoría en la gestión del inventario, así como el control del ingreso al taller, la temperatura y ritmo cardiaco de los operarios, y en especial mantener la confianza, estabilidad y seguridad de las personas al momento de realizar sus tareas. El proyecto de investigación basado en el desarrollo e implementación de un guante electrónico para favorecer la productividad y seguridad en el taller industrial, logró un aporte significativo y un impacto positivo, al trabajar de la mano con la tecnología, la industria y la innovación.

5 Conclusiones

Los objetivos estipulados al comienzo de esta investigación, se alcanzaron satisfactoriamente, siendo la ruta que permitió demostrar la factibilidad y la utilidad de ésta, dentro del campo abarcado, con el fin de demostrar la importancia de la tecnología dentro de la optimización de herramientas.

De igual manera, se logró realizar el estudio comparativo de los guantes inteligentes existentes en el mercado, permitiendo desarrollar un dispositivo accesible y asequible, puesto que los actuales

comprenden un costo elevado. En cuanto al diseño, implementación y desarrollo del guante electrónico en compañía con la página web, estas metas se consiguieron con eficacia, evidenciados en el aumento de la seguridad y bienestar, así como un mejor manejo y empleo de la información y del tiempo, en cuanto a ingresos, desarrollo de tareas y gestión de inventario.

Es así que, el logro de las metas planteadas al inicio de este estudio, explica el impacto significativo del guante electrónico a favor de la productividad y seguridad en el taller industrial; debido a que, los operarios calificaron de forma positiva al dispositivo, resaltando la aceptabilidad y utilidad de este, su fácil manejo y en especial la reducción del tiempo a la hora de realizar las actividades junto con la seguridad que ofrece cuando estas se ejecutan; ya que se determinó que la configuración electrónica del prototipo implementado en un guante, permite una fácil manipulación para el usuario.

Trabajo Futuro. En este orden de ideas, es necesario ampliar el alcance de esta investigación y profundizar aún más en la literatura teórica y práctica que confirma la importancia de tecnologías como el desarrollo de dispositivos electrónicos, que permiten la optimización de operaciones que requieren esfuerzo y tiempo en el campo de la industria, así como en otras disciplinas que necesiten la intervención tecnológica para una mejor gestión de las mismas.

Se recomienda reconstruir el dispositivo con elementos de menor tamaño y mayor calidad para aumentar su durabilidad, así como su valor. De igual forma, garantizar una mejor estética del artefacto electrónico, siendo más llamativo en cuanto a lo visual.

Referencias

- Borik, S. et al. (2019). Guante inteligente para medir la fuerza de agarre de los trabajadores. *Telecomunicaciones y Procesamiento de Señales, TSP*, 383–388.
- Contreras. (2016). Diseño e implementación de un guante electrónico orientado a controlar los movimientos de un dron. *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
- Chiu., CM., et al., (2019). Un guante inteligente con nanogenerador triboeléctrico integrado para el reconocimiento de gestos autoamplificado y la expresión del lenguaje. *Ciencia y tecnología de materiales avanzados*, volumen (20)(1),964–971.
- Deval, S. (2018). Guante inteligente de seguridad para mujer. *Revista internacional de investigación en ciencia aplicada y tecnología de ingeniería*, volumen (6)(3), 2418–2421.
- Di Tore, & R. (2019). [Obtenido de rua.ua.es:https://doi.org/10.14198/jhse.2019.14.proc1.09].
- Godoy, P. (2017). Un primer enfoque para el reconocimiento de lenguaje de señas basado en un guante inteligente que utiliza técnicas de Machine Learning. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de *RepositorioDspace*:<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bi>.
- Herrera., et al. (2013). Diseño e implementación de un guante sensorizado para el control teleoperado de un prototipo de brazo robótico para aplicaciones de manejo de materiales peligrosos. [Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas].
- Infobae. (2019). [Accidentes laborales a nivel internacional]. <https://www.infobae.com/america/colombia/>.
- Li, Y et al. (2020). Guante inteligente integrado con fibras sintonizables MWNT / PDMS fabricado con un método de extrusión de un paso para la destreza de los dedos, los gestos y el reconocimiento de temperatura. *Interfaces y materiales aplicados de AC*, volumen 12 (21), 23764–23773.
- Ma., Lu., Xu., & Dai. (2020). Desarrollo y evaluación del rendimiento de guantes calentados eléctricamente con función de control de temperatura inteligente. *Revista internacional de seguridad y ergonomía en el trabajo*, volumen 26 (1), 46–54.
- Meng., Feng., & Tian. (2020). Un guante inteligente de combinar entornos virtuales y reales para experimentos químicos. *ACM International Conference Proceeding Series. Asociación para Maquinaria de Computación*, 227–231.
- Müller., Gust., et al. (2015). Guantes ligeros con actuadores inteligentes con detección automática para reducir el estrés laboral. *Procedia Manufacturing*, volumen (3), 1426–1433.
- Navarrete. (2015). Prototipo G: T:S: B-1 (guante traductor de señas básicas), para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje. [Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte].
- Patíño, D. (2020). Diseño de un dispositivo wearable para el monitoreo de la oxigenación y ritmo cardíaco. *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica, México, [S.l.]*, volumen (7), 485-492.
- Portafolio. (2019). Disminuyen los accidentes laborales en el país. *Economía, [s.v.]*, 1.
- ProGlove. (s.f.). [Guante inteligente (wearable) que está revolucionando el sector industrial].
- R., SK., et al. (2020). Guantes inteligentes para trabajadores con alambre vivo. *Serie Innovaciones en tecnología de la información y las comunicaciones, [S.V.]*, 256–259.

- Ramírez. (2013). Movimiento de un brazo robótico mediante un guante P5 Glove. [s.v].
- Ramírez, S. (2017). Movimiento de un brazo robótico mediante un guante P5 Glove. *Revista Espacios*, [s.v.],1.
- San José, P. (2017). Desarrollo de un interfaz de usuario para guante de datos 5DT Data Glove. [Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales].
- Scheuermann., Strobel., Bruegge., & Vercla. (2017). Incrementar el apoyo a los seres humanos en entornos de fábrica utilizando un guante inteligente: una evaluación. *IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing*, [s.v], 847–854.
- Wójcicki, P. (2019). Diseño y Desarrollo de Guante Inteligente. En *Actas de ICERI2019*, Volumen (1), 7169–7173).