



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**REALIDAD AUMENTADA PARA EL MONITOREO DEL
ESTADO OPERATIVO DE DIFERENTES DISPOSITIVOS
COMÚNMENTE USADOS EN EL MPS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Electrónico

AUTORES:

Anabel Lucia Chicaiza Puco

Bryan Paul Palacios Galeas

TUTOR:

Eduardo Rodrigo Torres Santos

Quito-Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Anabel Lucia Chicaiza Puco con documento de identificación No. 0503266801 y Bryan Paul Palacios Galeas con documento de identificación No. 1400877518, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación,

Quito, 29 de mayo del año 2024

Atentamente,



Anabel Lucía Chicaiza Puco
0503266801



Bryan Paul Palacios Galeas
1400877518

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Anabel Lucía Chicaiza Puco con documento de identificación No. 0503266801 y Bryan Paul Palacios Galeas con documento de identificación No.1400877518 , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del artículo académico: “Realidad aumentada para el monitoreo del estado operativo de diferentes dispositivos comúnmente utilizados en el MPS”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de mayo del año 2024

Atentamente,



Anabel Lucía Chicaiza Puco
0503266801

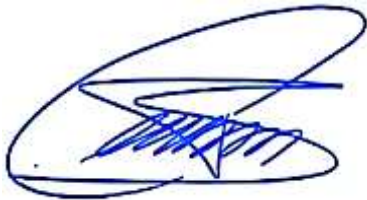


Bryan Paul Palacios Galeas
1400877518

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Rodrigo Torres Santos con documento de identificación No.1713654604 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REALIDAD AUMENTADA PARA EL MONITOREO DEL ESTADO OPERATIVO DE DIFERENTES DISPOSITIVOS COMÚNMENTE UTILIZADOS EN EL MPS, realizado por Anabel Lucia Chicaiza Puco con documento de identificación No. 0503266801 y Bryan Paul Palacios Galeas con documento de identificación No.1400877518, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico: que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de mayo del año 2024



Ing. Eduardo Rodrigo Torres Santos, MSc.
1713654604

REALIDAD AUMENTADA PARA EL MONITOREO DEL ESTADO OPERATIVO DE DIFERENTES DISPOSITIVOS COMUNMENTE UTILIZADOS EN EL MPS

achicaizap@est.ups.edu.ec, bpalaciosg@est.ups.edu.ec
etorres@ups.edu.ec

Resumen: Cada día que pasa es más notorio el impacto de los ambientes virtuales e inmersivos en la vida cotidiana, hace algunos años hablar de mundos virtuales y metaverso parecía solo una idea futurista y poco realista, sin embargo, el avance la tecnología y desarrollo ha permitido que muchas plataformas puedan incorporar herramientas virtuales de trabajo en el sector industrial, la industria 4.0 (última revolución industrial), lo tiene bien claro, por ello implementa el uso de realidad virtual, aumentada y mixta como una solución e innovación de procesos industriales, la finalidad de este artículo pretende demostrar cómo se puede incorporar a la industria 3.0 a la siguiente evolución de la manera de ambientes virtuales y experiencias inmersivas con un punto claro y concreto, analizar los principales componentes que presentan fallas en elementos muy comunes en el sistema de producción modular (MPS), la estación como caso de estudio se denomina PROCESADO, de tal manera de analizar sus puntos frágiles, monitoreo de variables en tiempo real, enlaces bidireccionales y elementos virtuales que complementen el estudio del mundo físico.

Palabras claves: Estación Procesado, sistema de producción modular, realidad aumentada, ambientes inmersivos, enlaces bidireccionales.

Abstract: With each passing day, the impact of virtual and immersive environments in daily life is more noticeable. A few years ago, talking about virtual worlds and the metaverse seemed just a futuristic and unrealistic idea, however, advances in technology and development have allowed many platforms can incorporate virtual work tools in the industrial sector, industry 4.0 (last industrial revolution), it is very clear, for this reason it implements the utilization of virtual, augmented, and mixed reality as a solution and innovation of industrial processes, the purpose In this article I intend to demonstrate how industry 3.0 can be incorporated into the next evolution in the form of virtual environments and immersive experiences with a clear and specific point, to analyze the main components that present failures in very common elements in the modular production system. (MPS), the station as a case study is called PROCESSED, in such a way to analyze its fragile points, monitoring of variables in real time, bidirectional links and virtual elements that complement the study of the physical world.

Keywords: Processing station, modular production system, augmented reality, immersive environments, bidirectional links.

1 Introducción

La realidad aumentada (AR) se refiere a una realidad extendida o mejorada. El usuario percibe su entorno real, pero se añaden objetos virtuales o información contextual de manera digital. La efectividad de la realidad aumentada depende de la calidad del procesamiento de datos y la visualización de contenido virtual. [1] Esto ocurre simultáneamente para que los usuarios no experimenten retrasos y puedan interactuar con el programa en tiempo real. (Jara Quito, 2020)

Las posibilidades para las presentaciones visuales en la realidad aumentada son diversas. El usuario debe poder observar su entorno, ya sea porque la pantalla está montada en un casco que no cubre completamente su campo visual, o porque la pantalla es transparente y presenta la imagen como si el usuario no estuviera usando ningún dispositivo, como sucede con las gafas inteligentes. (Jara Quito, 2020)

Los avances en programas informáticos y tecnología están introduciendo constantemente nuevas formas de virtualidad, que eventualmente recibirán nombres específicos y se explicarán. Sin importar cómo etiquetemos esta tecnología, los seres humanos seguirán descubriendo nuevas formas de utilizar los datos para mejorar tanto el ámbito laboral como el de entretenimiento en el mundo real. Explorar estas tecnologías ayuda a cerrar la brecha de conocimiento a medida que la realidad aumentada, virtual o mixta se vuelven cada vez más comunes en entornos laborales. (García, 2020)

La presente investigación muestra la manera de incorporar ambientes virtuales como realidad inmersiva y elementos didácticos de manera virtual en una aplicación Android, la misma que fue creada a partir de Unity (entorno multiplataforma), incorpora el servicio de Firebase como base de datos (nube), alojando allí las variables adquiridas por los sensores que monitorean dos elementos principalmente, un motor DC de 24V y un solenoide de 24V, ambos manejan niveles lógicos industriales y son elementos que comúnmente fallan cuando se encuentran en trabajos forzados.

Mediante el uso de sensores y una placa de control IoT como lo es ESP32, la tarjeta ESP32 es un sistema embebido de hardware y software libre para desarrolladores, con la finalidad de usar sus periféricos de entradas y salidas por medio de su chip integrado wifi o bluetooth se

alojan los datos recibidos y se envía a la nube de Firebase. Estos datos que serán leídos por un script y lo visualiza en la plataforma de Android. La aplicación cuenta con botones virtuales encaminados al enfriamiento de los elementos antes mencionados por cuestión de forzado en sus pruebas de funcionamiento.

2 Metodología

La recopilación de información, manejo de bases de datos e incorporación de ambientes virtuales con la tecnología actual permiten un monitoreo del equipo industrial comúnmente usado en el MPS, esta tecnología permite diagnosticar posibles fallos para detectar y realizar un mantenimiento preventivo de la planta. La figura 1 muestra el esquema general de bloques que describe la implementación de la metodología desarrollada.

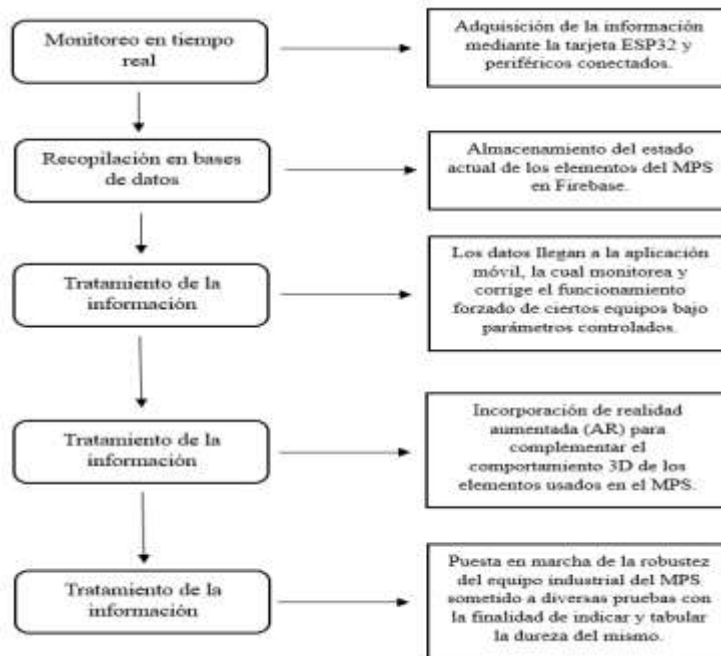


Fig. 1. Metodología del proceso de toma de datos y manipulación de ambientes virtuales.

2.1 Entorno de Unity

El motor de Unity es el principal ente constructor, es decir su entorno multiplataforma ha permitido incorporar diferentes herramientas de desarrollo como lo es: Android Studio (usado para la generación de apps móviles), Visual Studio (Usado como editor de código para los diferentes algoritmos), Vuforia (usado para el escáner 2D de realidad aumentada) y Animator Controller (Herramienta de Unity para la visualización 3D y animada del comportamiento de los elementos usados en el MPS), finalmente de la mano de elementos 3D la experiencia virtual complementa la realidad de cada equipo industrial provisto. (García, 2020)

2.2 Android para Unity

La creación de apps móviles para Android mediante archivos con extensión APK han permitido el alcance de esta experiencia tomando características internas de los procesadores Android para integrar la realidad aumentada al momento de escanear una imagen QR en dos dimensiones.

Desarrollar experiencias inmersivas para un dispositivo con sistema operativo Android requiere un enfoque similar al utilizado en iOS. No obstante, el hardware no está uniformemente estandarizado en todos los dispositivos, lo que puede ocasionar problemas que no se presentan en el desarrollo para iOS. Existen variaciones en las características de las versiones de Unity para Android, de manera similar a las versiones para iOS. (Ramírez Caiza, 2022)

2.3 Vuforia para Unity

La integración de Vuforia da como origen la integración de AR Camera, la cual es de licencia gratuita, pero brinda un fuerte motor de escáner 2D y ubicación matemática de elementos virtuales sobre un elemento específico, la figura 2 permite visualizar la localización de puntos más notable del escaneo realizado previamente, se recomienda usar imágenes complejas y ricas en detalle para que la calificación estrella–objeto sea lo más fiable posible. (Ramírez Caiza, 2022)

Vuforia es una plataforma versátil que permite el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) para múltiples plataformas. Ofrece un sólido seguimiento y un rendimiento óptimo en una amplia gama de dispositivos, incluyendo tanto dispositivos móviles como dispositivos de realidad mixta montados en la cabeza (HMD), como el Microsoft HoloLens. La integración de Unity con Vuforia facilita la creación de aplicaciones y juegos de visión para Android e iOS mediante un proceso de creación intuitivo basado en arrastrar y soltar. Además, en la tienda de Unity Asset Store, se encuentra disponible un paquete de muestras Vuforia AR + VR que contiene diversos ejemplos prácticos, demostrando las características clave de la plataforma. [5]

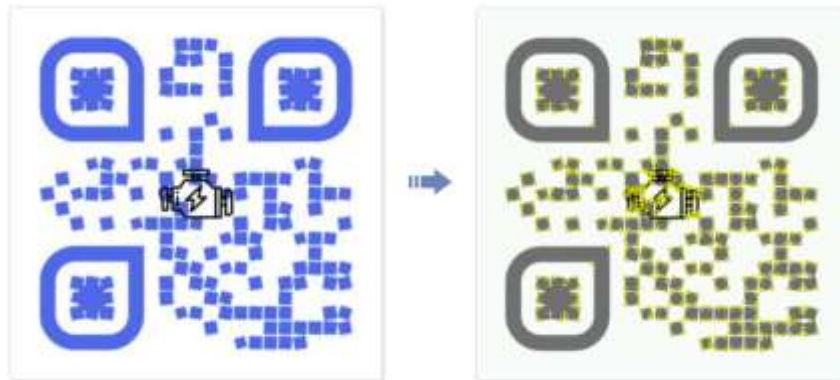


Fig. 2. Calificación estrella-objeto para escáner 2D en realidad aumentada.

Vuforia es compatible con una amplia variedad de dispositivos de terceros, incluyendo gafas de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR), así como dispositivos de Realidad Virtual (VR) que cuentan con cámaras orientadas hacia atrás, como Gear VR. (Cuzco Simbaña, 2012)

2.4 Firebase (Cloud)

Firestore fue la base de datos seleccionada en la investigación por su monitoreo en tiempo real y su adquisición de datos, además su herramienta SDK, la cual se integró a Unity para almacenar los datos provenientes de la tarjeta ESP32 y la aplicación móvil, permite que múltiples usuarios accedan a su información con los permisos correspondientes.

Firestore es una plataforma móvil desarrollada por Google, diseñada para facilitar el rápido desarrollo de aplicaciones de alta calidad, con el objetivo de expandir la base de usuarios y aumentar los ingresos. La plataforma está subida en la nube y está disponible para diferentes plataformas como iOS, Android y web. Contiene diversas funciones para que el desarrollador combine y adapte la plataforma a medida de sus necesidades. (Cuzco Simbaña, 2012)

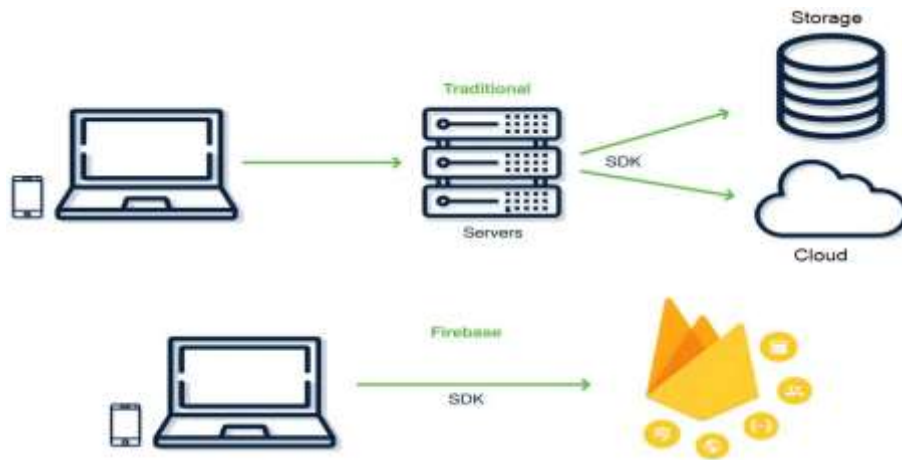


Fig. 3. Manejo de la información cliente servidor de Firebase.

2.5 Estación de procesamiento (MPS)

La estación de procesamiento o processing en inglés del fabricante Festo, compone un sistema de producción basada en una mesa indexada que permite circular fichas de colores a lo largo de múltiples procesos que emulan el sellado de botellas, de allí se tomó como elementos principales a estudiar como el motor de 24V DC de la parte inferior de la mesa indexada, el solenoide M4 de sellado, el sensor inductivo para la correcta colocación de la mesa indexada y el sensor capacitivo para detectar fichas existentes.

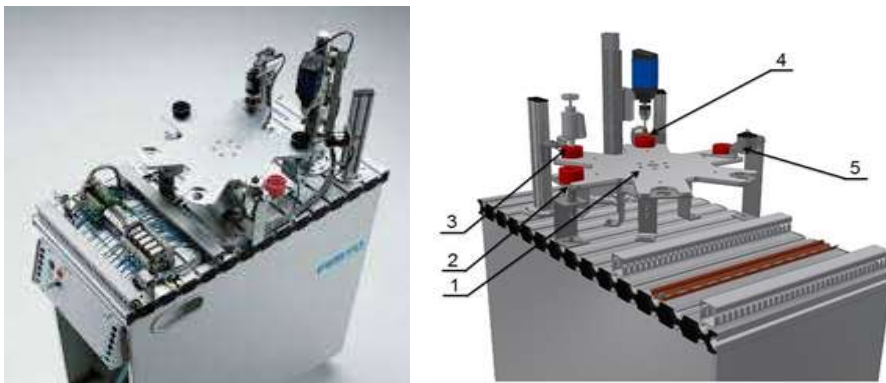


Fig.4. Estación de procesamiento MPS y sus periféricos.

Partes que lo componen:

1. Mesa Indexada
2. Sensor inductivo
3. Solenoide vertical M3
4. Solenoide Horizontal M4 y taladro
5. Sensores capacitivos

3 Resultados y Discusión

Para forzar cada elemento industrial ya sea sensor o actuador se lleva a cabo una maqueta como banco de pruebas, la cual consta de una fuente de 24V, motor DC expuesto, solenoide, sensor inductivo y capacitivo, como elementos principales, cada uno consta con sensores y sistema de refrigeración para monitorear su comportamiento, tal como se puede apreciar en la figura 4.

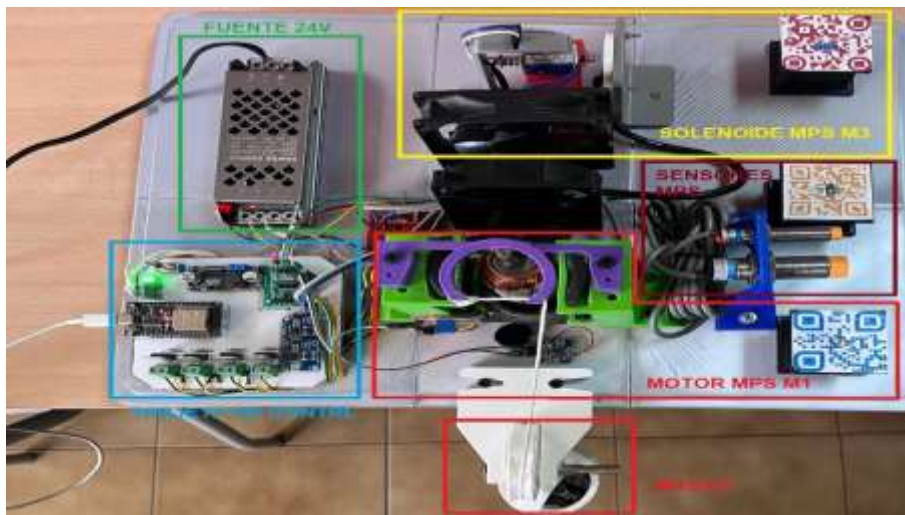


Fig.5. Banco de pruebas para la estación de maquinado del MPS.

Los parámetros analizados para el primer caso del motor que gira la mesa indexada son el consumo de voltaje, corriente, potencia activa, vibraciones del motor y campo magnético. Cuenta con un botón de simulación en el cual se despliega los bobinados internos y escobillas del motor, dando así el complemento virtual de la experiencia real de manejar motores DC. (Chiliquina Tierra, 2020)

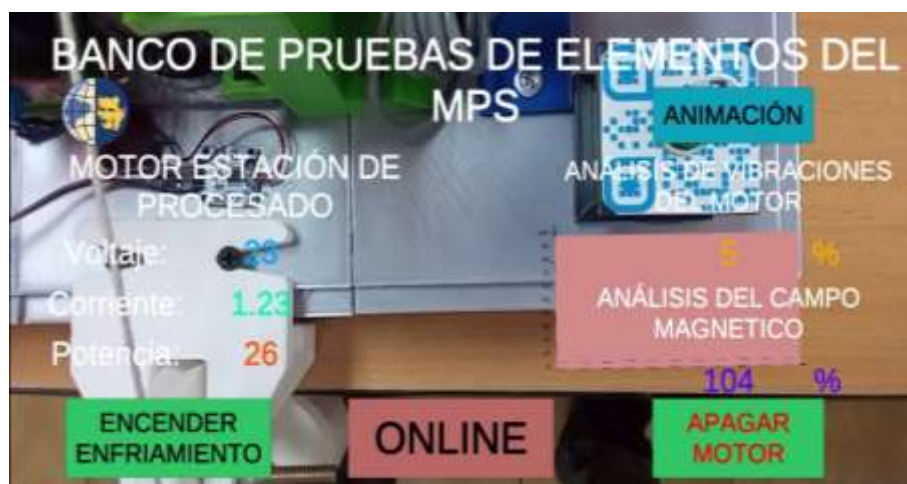


Fig.6. Parámetros de estudio para el análisis forzado del motor de la mesa indexada de procesado MPS.

En el caso del solenoide además de los parámetros de consumo energético, se analizó la temperatura de manera infrarroja ya que tiene un calentamiento excesivo al someterla a un forzado crítico, esta fuerza aplicada es medida por una galga extensiométrica que indica el valor aplicado en Newtons. Cuenta con una animación que indica el comportamiento del flujo magnético cuando circula una corriente eléctrica. (González Sacoto, 2022)



Fig.7. Parámetros de estudio para el análisis forzado del solenoide de la estación de procesado MPS.

El banco de pruebas de elementos cuenta un sensor inductivo y un sensor capacitivo. Se llevó a cabo una serie de pruebas donde se constata que el sensor inductivo reacciona ante metales ferrosos, es decir con una composición de hierro en su estructura, mientras que metales como el latón que son imperceptibles para el sensor inductivo, se empleó el sensor capacitivo, el cual incluso reacciono favorablemente incluso con el vidrio y el agua estática, por otro lado, no reacciona favorablemente antes metales altamente conductivos como el oro.



Fig.8. Pruebas de funcionamiento alterando las propiedades intrínsecas de sensores inductivos y capacitivos.

El uso de bases de datos facilita en gran medida el trabajo, para ello Firebase ofrece toma de datos en tiempo real, en color naranja es cuando un valor se actualiza, mientras que en color gris el valor se mantiene (no ha sufrido cambios temporalmente), cabe mencionar que Firebase actualiza sus datos cuando existe un cambio en el mismo, reduciendo un 80% la latencia en comparación con otras bases de datos.

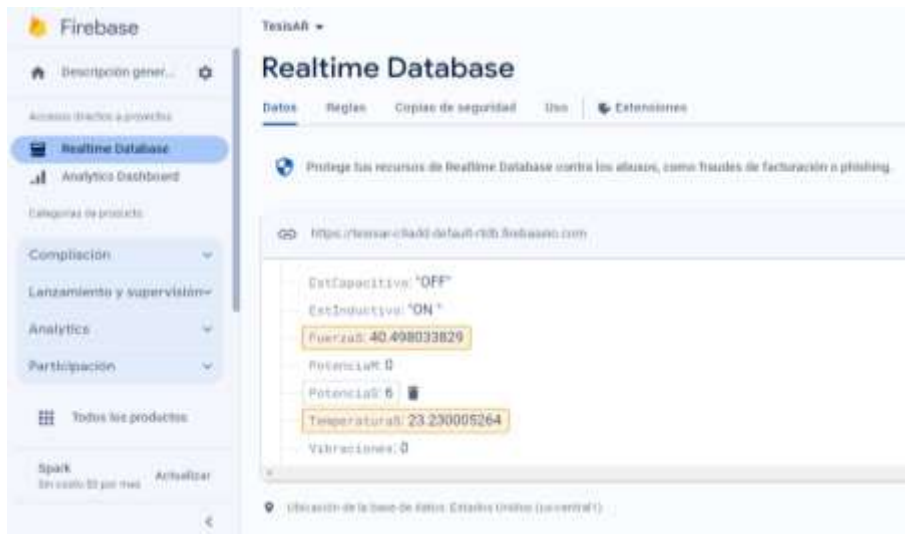


Fig.9. Toma de datos en tiempo real mediante Firebase.

Índice de potencia consumido durante las pruebas de forzado del motor, sometido a diferentes masas referente a voltaje, corriente y potencia consumida, es notable en la tabla 1 que a medida en que se aumenta el valor de masas, el voltaje corriente y la potencia que el motor debe ejercer incrementa gradualmente.

Tabla 1. Análisis de la potencia consumida por el motor a diferentes cargas.

Masas (g)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
100	23.10	1.23	26.30
200	23.20	1.22	26.35
300	23.30	1.30	27.00
400	23.30	1.35	31.85
500	23.30	1.36	32.45
600	23.40	1.40	36.12

A partir de la información anterior es indispensable denotar como el motor de la figura 6 fue sometido a diferentes pesos que se muestra en la siguiente tabla 1, la cual indica los valores más significativos durante la medición.

Tabla 2. Análisis de vibraciones para el motor DC.

Masas (g)	Porcentaje de detección (%)				Promedio básico (%)
100	6%	6%	6%	6%	6%
200	7%	5%	7%	7%	6.5%
300	10%	7%	8%	10%	8.75%
400	10%	8%	8%	10%	9%
500	9%	10%	11%	11%	10.25%
600	12%	15%	15%	15%	13.75%

El campo magnético se veía ligeramente afectado cuando el motor era sometido a sobrecarga mediante las diferentes masas o detención total del eje, este incremento es de tipo proporcional a mayor cantidad de masa sometido.

Tabla 3. Análisis del campo magnético para el motor DC.

Masas (g)	Porcentaje de detección (%)				Promedio básico (%)
100	105%	105%	104%	105%	104.75%
200	105%	105%	107%	107%	106.00%
300	106%	106%	106%	107%	106.25%
400	107%	107%	106%	107%	106.75%
500	108%	108%	110%	108%	108.50%
600	111%	110%	112%	110%	110.75%

La potencia consumida por el solenoide directamente relacionada al tiempo que fue sometido a mantener la carga se tomó en base a pequeños lapsos de enfriamiento por medio del motor DC ya que el solenoide llegaba a temperaturas aproximadas a 27.45 grados centígrados.

Tabla 4. Análisis de potencia consumida por el solenoide a diferentes masas.

Tiempo de activación (min)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
10	23.40	1.56	36.90
20	23.50	1.60	37.59
30	24.20	1.70	42.15
40	25.70	2.03	52.17

Para el caso del solenoide se sometió a tiempos prolongados de activación y desactivación continua, para verificar su calentamiento y fuerza al estar forzado, correspondiente a la figura 7, lo cual arrojó los siguientes resultados.

Tabla 5. Análisis de fuerza y temperatura del solenoide.

Tiempo de activación (min)	Fuerza (N)	Temperatura (°C)
10	12.82	21.27
20	14.75	23.42
30	12.08	25.27
40	10.02	27.45

3.1 Discusión

Para establecer la comunicación entre el modelo digital y la estación física de Procesado, se empleó el módulo ESP32 junto con un algoritmo programado en Arduino IDE para crear un servidor web. Este servidor web se encargaba de enviar los datos de los 4 sensores de la posición del palet hacia la nube, permitiendo que Unity los recibiera y gestionara para el proceso del Digital Twin. En este proyecto, se llevó a cabo un análisis del consumo de datos en la red local y la ejecución del programa en la plataforma de Unity, conectado al servidor web, lo que resultó en un ancho de banda utilizado de 322.8 [kB] de bajada y 338.4 [kB] de subida. (Tenorio Maisincho, 2022)

Para validar el funcionamiento del proceso del Digital Twin, se llevaron a cabo conexiones y desconexiones del ESP32, con un total de 10 muestras, para medir el tiempo necesario para que el servidor web volviera a estar activo. El resultado fue un promedio de reconexión de 4397 [ms]. Además, se evaluaron los tiempos de envío y recepción de datos desde el accionamiento de los sensores hasta la visualización en Unity. Estos resultados confirmaron que el modelo del Digital Twin opera con datos en tiempo real, con un promedio de transmisión de datos de 1023.25 [ms]. (Tenorio Maisincho, 2022)

Cuando se ejecuta la aplicación en un teléfono móvil con sistema operativo Android igual o anterior a la versión 5.0, se observa un aumento significativo en la temperatura del dispositivo, ocasionado por el elevado consumo de recursos del procesador central. Por este motivo, se recomienda preferiblemente ejecutar la aplicación en un teléfono con sistema operativo Android igual o superior a la versión 5.0. (Chiliquinga Tierra, 2020)

La dirección URL proporcionada por Particle Cloud está configurada como pública, lo que permite que un dispositivo móvil acceda a ella y observe el estado de los sensores en tiempo real, presentados en formato JSON. Se registró un error del 1.91%, que indica la fiabilidad de la aplicación móvil en la adquisición de datos. Este error es el resultado de errores humanos durante la recopilación de datos y el tiempo necesario para que la aplicación complete todo el proceso, desde la captura de datos del sensor hasta la presentación de los valores en la aplicación de Realidad Aumentada (AR). (Chiliquinga Tierra, 2020)

Basándonos en los artículos previamente mencionados y en el transcurso de esta investigación, se concluyó que las bases de datos sirven como el canal de comunicación entre el entorno de Unity y la tarjeta de desarrollo ESP32 para el control de procesos en la adquisición de datos en tiempo real. La conexión constante y latente registra un

tiempo de respuesta de 123.4 [mS]. Los datos se envían en formato JSON para facilitar la lectura y escritura de datos.

A diferencia del uso de gemelos digitales, la presente investigación muestra animaciones 3D que estiman el fenómeno físico de sensores y actuadores industriales ante reacción de sus estímulos de medición. Partiendo de los artículos mencionados en la parte superior es importante recalcar el impacto que tiene generar aplicaciones móviles con realidad aumentada, tener en nuestras propias manos aplicativos que complemente el mundo físico que nos rodea, el uso de bases de datos para permitir leer y escribir un determinado proceso industrial.

4 Conclusiones

El forzado de equipo industrial trabajando bajo ciertos parámetros controlados brinda un promedio relacional de 110.75% a 600 [g], respecto 104.75% a 100 [g] en el caso del motor DC indicando la variación del campo magnético, resulta ser muy mínima a pesar de que la corriente se incrementa un 70%, debido a que el fenómeno físico basado en la ley de Lenz es directamente proporcional a lo evidenciado en la tabla (3).

La calificación estrella-objeto de Vuforia comprende imágenes ricas en detalle, lo cual vuelve ideal el uso de QRs para esta aplicación en concreto, se analizó imágenes sencillas y de poco detalle, lo cual implicó retardos en la detección y lectura de datos, incluso la luz natural era un importante parámetro para tomar en cuenta.

La latencia obtenida para el caso de 10 muestras en tiempos controlados y con variación latente de la conectividad inalámbrica dio un promedio de 75% de efectividad en 3.5 [s], se estableció como base para la toma de datos, por otro lado la incorporación del segundo núcleo del esp32 mejoro un 80% a fiabilidad de los datos.

Referencias

1. Jara, T., & Duy, H. (2020). Desarrollo de una aplicación móvil basada en realidad aumentada para la caracterización y visualización del patrón de radiación en 3D de antenas predefinidas. Universidad Politécnica Salesiana-Cuenca.
2. Gómez, G., Rodríguez, C., & Marín, J. A. (2020). La trascendencia de la Realidad Aumentada en la motivación estudiantil. Una revisión sistemática y meta-análisis. *Alteridad*, 15(1), 36-46.
3. Tenorio Maisincho, J. C. (2022). Realidad aumentada de la estación Conveyor del MPS bajo el modelo de digital twin (Bachelor's thesis).

4. Ramírez Caiza, K. S., & Velasco Galarraga, S. G. (2022). Desarrollo de un juego prototipo utilizando el motor Unreal Engine para videojuegos en 3D (Bachelor's thesis).
5. Cuzco, E., Guillermo, P., & Peña, E. (2012). Análisis, Diseño e Implementación de una aplicación con realidad aumentada para teléfonos móviles orientada al turismo. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
6. Chiliquinga Tierra, G. F., & Molina Andrade, J. C. (2020). Aplicación de realidad aumentada para visualizar variables en procesos industriales (Bachelor's thesis).
7. González Sacoto, M. A., & Maldonado Mejía, P. A. (2022). Análisis del proceso productivo para la optimización de la producción en la industria del cuero y calzado en el cantón Gualaceo (Bachelor's thesis).
8. González Castro, C. M. (2022). Estrategias de comercialización aplicadas en la industria plástica de Guayaquil por Covid-19, año 2020 (Bachelor's thesis).
9. Arévalo Torres, J. R., & Crespo Rosillo, A. C. (2020). La competitividad y su relación con la sostenibilidad económica de las industrias plásticas en el Ecuador, 2019 (Master's thesis).
10. Konffe Gómez, F. A., & Lavayen León, C. A. (2020). Diseño y planificación de mantenimiento preventivo de lubricación de la maquina flexo grafica Bobst para una industria cartonera (Bachelor's thesis).
11. Caiza Chacha, F. O., & Sasig Silva, E. L. (2022). Desarrollo de una aplicación web y móvil de realidad aumentada para el museo de la Casa de los Marqueses de Miraflores de la ciudad de Latacunga (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).).
12. Encarnación Díaz, J. D., & Torres Torres, F. A. (2022). Sistema de monitoreo a través de realidad aumentada del módulo Sorting and Handing del laboratorio de MPS (Bachelor's thesis).
13. Galarza Sánchez, P. C. (2017). Aplicación (APP) con realidad aumentada para teléfonos móviles orientada al turismo cultural para proporcionar información de los lugares más importantes en la ciudad de Santo Domingo (Bachelor's thesis).
14. Gómez Villafuerte, H. F. (2021). Aplicación móvil de realidad aumentada para el museo Etno-arqueológico municipal de Pastaza Mempa (Bachelor's thesis).
15. Caiza Muela, J. A., & Tapia Espinoza, S. X. (2017). Desarrollo de una aplicación con realidad aumentada, para dispositivos móviles android, que permita obtener información de las instalaciones de la facultad de ingeniería, ciencias físicas y matemática (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
16. Rodríguez Castro, M. J. (2022). Desarrollo de una aplicación móvil de exploración basada en realidad aumentada para promoción de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (Bachelor's thesis).
17. Moreno Tamayo, M. A. (2016). Análisis, diseño y desarrollo de una aplicación informativa que utiliza realidad aumentada para dispositivos móviles android utilizando un motor gráfico para la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana (Bachelor's thesis).
18. Mantilla Carvajal, F. I., & Eugenio Plúa, J. M. (2021). Desarrollo de una aplicación Android para la Tele-educación en la simulación del Control de una caldera basado en realidad aumentada (Bachelor's thesis).
19. Tandazo Roldan, R., & Lara Yance, E. (2015). Diseño de una guía de buenas prácticas de manufactura para la industria vinculada a la fabricación de artículos que tendrán contacto

directo con productos de consumo humano, basado en el reglamento de buenas prácticas de manufactura para industrias alimenticias.

20. Orellana Tigre, A. G. (2015). Propuesta para la implementación de una empresa de distribución y comercialización de productos de la industria siderúrgica en el cantón Gualaceo (Master's thesis).