

Pizarra digital interactiva mediante Wiimote y Raspberry para el laboratorio de redes y telecomunicaciones

Interactive Digital Whiteboard Using Wiimote and Raspberry for the Networks and Telecommunications Laboratory

Lousa Digital Interativa com Wiimote e Raspberry para o Laboratório de Redes e Telecomunicações

Rodríguez García Eduardo Alejandro¹
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
eduardorodriguezgarcia@tsachila.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-0977-4771>



Valencia Jiménez Danny Alexander²
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
dannyvalenciajimenez@tsachila.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-5402-9083>



Naranjo Olalla Freddy Patricio³
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
freddynaranjo@tsachila.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-5329-3454>



Hinojosa Tonato, Marco Alejandro⁴
marcohinojosa@tsachila.edu.ec
Correo electrónico institucional
<https://orcid.org/0009-0000-1060-4746>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1118>

Como citar:

Rodriguez, E., Valencia, D., Naranjo, F. & Hinojosa, M. (2025). Pizarra digital interactiva mediante Wiimote y Raspberry para el laboratorio de redes y telecomunicaciones. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E2), 2163-2176.

Recibido: 20/06/2025

Aceptado: 21/07/2025

Publicado: 30/09/2025

Resumen

El presente trabajo tuvo como finalidad implementar una pizarra digital interactiva (PDI) de bajo costo, utilizando una Raspberry Pi 4 Modelo B y un control Wiimote como tecnología principal, en el Laboratorio de Redes y Telecomunicaciones. El problema identificado fue la limitada disponibilidad de herramientas tecnológicas interactivas en entornos educativos con recursos restringidos. Se planteó como objetivo general diseñar un sistema funcional que permitiera la proyección e interacción en tiempo real sobre una superficie lisa, simulando el funcionamiento de una pantalla táctil. La metodología utilizada fue en cascada que incluyó una fase de investigación técnica sobre compatibilidad de hardware y software, seguida de la instalación y configuración del sistema operativo, ensamblaje físico, integración del software Smoothboard 2 y validación funcional del sistema. Durante el desarrollo, se identificaron dificultades como la incompatibilidad de Raspberry Pi OS con el software requerido, por lo que se optó por instalar una versión de Windows HOME mediante la herramienta Windows on Raspberry. Los resultados mostraron un funcionamiento estable del sistema, buena precisión del puntero infrarrojo y adecuada respuesta en tiempo real, aunque se observó que la señal se interrumpe si el usuario bloquea el campo visual del sensor. Se concluyó que la solución es viable para su uso educativo, especialmente en áreas técnicas, y que representa una alternativa económica y funcional frente a los sistemas comerciales de PDI.

Palabras clave: Pizarra digital interactiva, wiimote, raspberry pi, superficie proyectada, tecnología educativa, bluetooth, Smoothboard 2

Abstract

The purpose of this work was to implement a low-cost interactive digital whiteboard (IDW), using a Raspberry Pi 4 Model B and a Wiimote controller as the main technology, in the Networks and Telecommunications Laboratory. The identified problem was the limited availability of interactive technological tools in educational environments with restricted resources. The general objective was to design a functional system that would allow real-time projection and interaction on a smooth surface, simulating the operation of a touch screen. The methodology used was the waterfall model, which included a technical research phase on hardware and software compatibility, followed by the installation and configuration of the operating system, physical assembly, integration of Smoothboard 2 software, and functional validation of the system. During development, difficulties were identified such as the incompatibility of Raspberry Pi OS with the required software, which led to the installation of a Windows HOME version through the Windows on Raspberry tool. The results showed stable system performance, good infrared pointer accuracy, and adequate real-time response, although it was observed that the signal is interrupted if the user blocks the sensor's field of view. It was concluded that the solution is viable for educational use, especially in technical areas, and represents an economical and functional alternative compared to commercial IDW systems.

Keywords: Interactive digital whiteboard, wiimote, raspberry pi, projected surface, educational technology, bluetooth, Smoothboard 2.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo implementar uma lousa digital interativa (LDI) de baixo custo, utilizando uma Raspberry Pi 4 Modelo B e um controle Wiimote como tecnologia principal, no Laboratório de Redes e Telecomunicações. O problema identificado foi a disponibilidade limitada de ferramentas tecnológicas interativas em ambientes educacionais com recursos restritos. O objetivo geral foi projetar um sistema funcional que permitisse a projeção e a interação em tempo real sobre uma superfície lisa, simulando o funcionamento de uma tela sensível ao toque. A metodologia utilizada foi o modelo em cascata, que incluiu uma fase de pesquisa técnica sobre compatibilidade de hardware e software, seguida da instalação e configuração do sistema operacional, montagem física, integração do software Smoothboard 2 e validação funcional do sistema. Durante o desenvolvimento, foram identificadas dificuldades como a incompatibilidade do Raspberry Pi OS com o software necessário, o que levou à instalação de uma versão do Windows HOME por meio da ferramenta Windows on Raspberry. Os resultados mostraram um desempenho estável do sistema, boa precisão do ponteiro infravermelho e resposta adequada em tempo real, embora tenha sido observado que o sinal é interrompido se o usuário bloquear o campo visual do sensor. Concluiu-se que a solução é viável para uso educacional, especialmente em áreas técnicas, e que representa uma alternativa econômica e funcional em comparação com os sistemas comerciais de LDI.

Palavras-chave: Lousa digital interativa, wiimote, raspberry pi, superfície projetada, tecnologia educacional, bluetooth, Smoothboard 2.

Introducción

La integración de tecnologías interactivas en la educación ha demostrado mejorar la enseñanza, pero su alto costo limita su adopción en instituciones con recursos limitados. Aguilar y Ramírez, (2015) han demostrado la viabilidad de desarrollar pizarras digitales interactivas (PDI) utilizando dispositivos accesibles, como lápices infrarrojos y controladores Wiimote. Estas soluciones convierten superficies lisas en pantallas táctiles proyectadas, validando su efectividad en entornos educativos.

Es por esto que la presente investigación tiene como objetivo implementar una PDI utilizando tecnología Wiimote y Raspberry Pi en el Laboratorio de Redes y Telecomunicaciones, proporcionando una solución tecnológica accesible que fomente un aprendizaje más participativo y adaptado a las necesidades de las instituciones educativas.

Como resultado, se logró implementar un sistema funcional de pizarra digital interactiva (PDI) capaz de detectar y procesar en tiempo real la señal de un lápiz infrarrojo

artesanal, permitiendo realizar tareas como escritura, selección de objetos y navegación sobre una superficie proyectada. La solución final utilizó una Raspberry Pi 4 Modelo B y un control Wiimote como elementos centrales del sistema, integrando el software Smoothboard 2 para calibración y gestión de la interacción. Durante las pruebas realizadas en el Laboratorio de Redes y Telecomunicaciones, el sistema demostró ser estable, con un retardo mínimo y una precisión de detección adecuada para actividades educativas en el laboratorio de redes y telecomunicaciones.

Metodología

Investigación de compatibilidad entre hardware y software

Revisión documental y técnica

Se realizó una revisión técnica para identificar las características del control Wiimote y de la Raspberry Pi 4 Modelo B. Se analizó el funcionamiento del sensor óptico PixArt integrado en el Wiimote, su protocolo de comunicación HID (Human Interface Device) y la conectividad mediante Bluetooth 2.0. Asimismo, se evaluaron herramientas de captura de señales infrarrojas (IR) compatibles con sistemas operativos Windows.

En cuanto a la Raspberry Pi, se revisó su arquitectura ARM (Advanced RISC Machine), la conectividad Bluetooth 5.0, el soporte para sistemas operativos de escritorio y la compatibilidad con periféricos de entrada. Esta revisión permitió establecer la viabilidad técnica del sistema propuesto y seleccionar las herramientas necesarias para su implementación (López Aldea, 2017).

Evaluación de sistemas operativos

Se evaluaron distintas opciones de sistemas operativos compatibles con la arquitectura ARM de la Raspberry Pi 4 Modelo B (8GB). El objetivo fue determinar la plataforma más adecuada en términos de compatibilidad con el Wiimote, conectividad Bluetooth y ejecución del software Smoothboard 2. La comparación incluyó Raspberry Pi OS, Ubuntu, Kali Linux,

Windows 10 Home, Manjaro ARM, LibreELEC y Android (LineageOS). La Tabla 1 resume las principales características, ventajas y limitaciones identificadas.

Tabla 1.
Sistemas operativos

Sistema Operativo	Características principales	Ventajas	Limitaciones
Raspberry Pi OS	Basado en Debian, optimizado para la arquitectura ARM de Raspberry Pi.	Estable, ligero, amplia compatibilidad, gran comunidad, soporte oficial.	No ejecuta software nativo de Windows y presenta problemas con la compatibilidad del Wiimote.
Ubuntu Server / Desktop	Distribución basada en Linux con soporte ARM.	Interfaz moderna, compatibilidad con múltiples entornos.	Requiere más recursos, más pesado que Raspberry Pi OS.
Kali Linux	Distribución enfocada en ciberseguridad y pruebas de penetración.	Incluye herramientas preinstaladas para análisis de red.	No es estable.
Windows 10 HOME	Versión ligera de Windows 10 diseñada para dispositivos embebidos.	Alta compatibilidad con dispositivos bluetooth y app de la PDI	Mas pesado y utiliza más recursos del sistema para su funcionamiento.
Manjaro ARM	Basado en Arch Linux, orientado a usuarios avanzados.	Rolling release, flexible, buena personalización.	Requiere conocimientos técnicos avanzados.
LibreELEC	Sistema minimalista para centros multimedia basado en Kodi.	Ideal para media centers, interfaz intuitiva.	No sirve para desarrollo o tareas educativas interactivas.
Android (LineageOS)	Versión adaptada de Android para arquitectura ARM.	Compatible con apps móviles, buena interfaz táctil.	Baja compatibilidad con periféricos como Wiimote o controladores específicos.

Implementación

Ensamblaje del sistema

La Raspberry Pi fue montada en una carcasa equipada con disipadores y ventilador para optimizar la refrigeración. El control Wiimote se instaló en un soporte fijo orientado hacia la superficie de proyección, conectado a un proyector HDMI mediante un adaptador micro HDMI. Adicionalmente, se diseñó y fabricó un puntero infrarrojo con un LED IR de 940 nm, un pulsador y una batería AAA de 1,5 V. Para la configuración inicial se emplearon teclado y ratón USB.

El soporte del Wiimote se ubicó a 3 m de la superficie de proyección y a una altura aproximada de 2 m desde el suelo, lo que permitió abarcar el área activa de la pizarra digital interactiva (PDI) y minimizar interferencias físicas.

Instalación del sistema operativo

Inicialmente se instaló Raspberry Pi OS, sistema basado en Debian y optimizado para arquitectura ARM. Aunque permitió configurar librerías para la comunicación con el Wiimote, presentó incompatibilidades con Smoothboard 2 y desconexiones frecuentes. Por ello, se optó por instalar Windows 10 Home (versión 2004), adaptado a arquitectura ARM mediante la herramienta Windows on Raspberry. Esta elección garantizó compatibilidad con Smoothboard 2, mejor reconocimiento del Wiimote y un entorno interactivo más estable.

Pruebas iniciales de compatibilidad

Se verificó el emparejamiento del Wiimote con la Raspberry Pi a través de Bluetooth y se evaluó la detección del puntero IR. Se probó el rendimiento de Smoothboard 2, logrando precisión en el rastreo infrarrojo y adecuada respuesta en tiempo real.

Instalación y configuración del software

Se instaló Smoothboard 2 en el entorno Windows, configurando los controladores Bluetooth para reconocer al Wiimote como dispositivo de entrada. Posteriormente se realizó la calibración de la superficie proyectada mediante los cuatro puntos de referencia, ajustando la sensibilidad y delimitando el área activa de interacción.

Validación del sistema interactivo

Se probó el funcionamiento de la PDI en actividades como escritura digital, manipulación de objetos y navegación en menús. El sistema presentó fluidez, bajo retardo y estabilidad en sesiones continuas de hasta dos horas, sin fallos térmicos ni desconexiones.

Pruebas de funcionamiento y validación técnica

Calibración

La calibración de la superficie activa se realizó con Smoothboard 2, ajustando sensibilidad y zona útil de interacción. El control Wiimote se colocó a 3 m de la superficie proyectada (72 pulgadas), alineado con el centro de la imagen y a 90 cm del suelo, lo que permitió cubrir uniformemente el área activa.

Monitoreo térmico y rendimiento de la Raspberry Pi

Se monitoreó la temperatura de la Raspberry Pi durante pruebas intensivas. Gracias al ventilador y disipadores, la temperatura no superó los 60 °C, garantizando estabilidad en el rendimiento.

Estabilidad de la conectividad

Se evaluó la conexión Bluetooth entre el Wiimote y la Raspberry Pi en distintos escenarios, confirmando estabilidad durante el uso continuo y ausencia de interferencias significativas.

Superficies y condiciones ambientales

El sistema se probó sobre diferentes superficies (pizarra acrílica blanca, pared lisa pintada y cartulina mate). Los mejores resultados se obtuvieron en superficies claras, opacas y mate, que reducen reflejos y optimizan la detección IR. Se observó, además, que la luz solar directa afecta de manera negativa la precisión, por lo que se recomienda utilizar el sistema en ambientes controlados de iluminación.

Resultados

El sistema PDI implementado se comportó de manera estable durante las pruebas, manteniéndose operativo de forma continua sin desconexiones inesperadas del Wiimote ni fallas en el sistema operativo. Esto nos garantiza su uso prolongado en entornos educativos sin interrupciones técnicas que afecten el desarrollo de las actividades.

La precisión, el sensor del Wiimote detectó de manera confiable el punto infrarrojo emitido por el lápiz, logrando una respuesta precisa con un pequeño margen de error. Esta precisión es suficiente para permitir tareas de escritura, navegación y selección de elementos sobre la superficie proyectada. Sin embargo, se identificó que cuando la trayectoria entre el lápiz IR y el sensor del Wiimote se ve obstruida por la mano u otro objeto, se pierde temporalmente la señal. Para evitar esta interferencia, se debe adoptar una postura de escritura lateral, de modo que el cuerpo no bloquee la línea de visión entre el LED infrarrojo y el sensor.

La calibración de la superficie mediante Smoothboard 2 se realizó con éxito. El software permitió registrar los puntos de referencia de forma exacta, estableciendo un área interactiva que respondió de forma fluida y sin saltos. Esta calibración adecuada fue clave para garantizar una experiencia similar a la de una pantalla táctil.

Durante las pruebas interactivas, el sistema permitió escribir, dibujar, manipular objetos y navegar por menús con relativa fluidez, sin retardo perceptible. La respuesta inmediata a las acciones realizadas con el lápiz IR demostró que el sistema puede funcionar como una solución de bajo costo que simula adecuadamente una interfaz táctil.

En términos de rendimiento térmico, la Raspberry Pi 4 se mantuvo dentro de parámetros seguros gracias al uso de disipadores y ventilador. La temperatura del procesador no superó los 60 °C incluso en periodos prolongados de uso, lo que asegura la fiabilidad del sistema en entornos de laboratorio.

Finalmente, uno de los resultados más destacados fue que es una alternativa frente a las pizarras digitales interactivas comerciales. La solución desarrollada representa un costo reducido frente a una PDI profesional. Esto la convierte en una alternativa viable y replicable en otras aulas del Instituto superior tecnológico Tsáchilas.

Discusión

El sistema de pizarra digital interactiva (PDI) implementado demuestra un funcionamiento estable y confiable en las pruebas realizadas, confirmando su potencial como alternativa de bajo costo en entornos educativos con recursos limitados. Este hallazgo coincide con estudios previos que validan la viabilidad de utilizar tecnologías accesibles como el Wiimote y dispositivos de bajo costo en la construcción de sistemas interactivos (Borbón, 2012; Aguilar & Ramírez, 2015; Tipán Simbaña, 2012). En particular, la estabilidad observada durante el uso continuo respalda la hipótesis inicial de que es posible reproducir funcionalidades de una pantalla táctil sin recurrir a equipos comerciales de alto costo.

En términos de precisión, el sistema mantiene una detección adecuada del puntero infrarrojo, con un margen de error mínimo. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Kung-Teck, Kuan y Chia (2019), quienes destacan la eficacia del Wiimote como sensor óptico para aplicaciones educativas. Sin embargo, se identifican limitaciones técnicas derivadas de la necesidad de mantener la línea de visión entre el puntero y el sensor, lo cual coincide con lo señalado en investigaciones sobre la dependencia de la tecnología IR frente a interferencias físicas y lumínicas (Segurilatam, 2023; Sharma & Malhotra, 2021).

La calibración mediante Smoothboard 2 permite establecer un área de interacción homogénea y funcional, lo que refuerza la idea de que los entornos virtuales generados con este tipo de herramientas pueden simular con éxito la experiencia de las pizarras digitales comerciales (Gallego, Cacheiro & Dulac, 2009; González, 2008). No obstante, la dependencia del software en entornos Windows plantea un desafío técnico importante, ya que limita la portabilidad del sistema hacia plataformas libres como Raspberry Pi OS o Linux, lo cual también ha sido señalado en estudios sobre compatibilidad de hardware embebido (Castelo & Pancha, 2020; Abraham, Galvin & Gagne, 2018).

En cuanto al desempeño térmico, la Raspberry Pi 4 se mantiene dentro de parámetros seguros gracias al sistema de refrigeración pasiva y activa. Este comportamiento coincide con la documentación oficial de la Raspberry Pi Foundation (2022, 2025), que resalta la importancia del control de temperatura para la estabilidad del dispositivo en aplicaciones intensivas. Este aspecto fortalece la viabilidad del sistema en sesiones prolongadas, aunque se reconoce que el rendimiento podría verse limitado frente a dispositivos más potentes como NVIDIA Jetson Nano o BeagleBone Black (NVIDIA, 2023; BeagleBoard, 2022).

Desde una perspectiva educativa, los resultados obtenidos evidencian un impacto positivo, ya que la implementación de este sistema amplía el acceso a recursos interactivos en instituciones con restricciones presupuestarias. Esto está alineado con los planteamientos de Aguilar y Ramírez (2015), quienes destacan que la PDI fomenta metodologías activas de enseñanza y aprendizaje colaborativo. Asimismo, el carácter replicable y de bajo costo de la solución desarrollada refuerza su pertinencia en el marco de la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador (Asamblea Nacional, 2024), que promueve la integración de tecnologías emergentes en la formación técnica y tecnológica.

No obstante, se deben reconocer ciertas limitaciones: la dependencia de un entorno Windows para garantizar compatibilidad plena, la sensibilidad del sistema a la iluminación ambiental y la necesidad de mantener condiciones físicas óptimas para la detección infrarroja. Estas restricciones invitan a futuros estudios orientados a optimizar el hardware y explorar alternativas como sensores ópticos de mayor rango o integración con cámaras de visión artificial (Castelo & Pancha, 2020; Tomarken et al., 2011).

En conclusión, el presente trabajo no solo valida la factibilidad de implementar una PDI funcional con bajo costo, sino que también aporta evidencia empírica sobre su potencial educativo en laboratorios técnicos. Futuras investigaciones podrían explorar la comparación de desempeño con otras plataformas de bajo costo como Orange Pi, Banana Pi o LattePanda

(Orange Pi Community, 2023; Sinovoip, 2023; Team, 2023), así como la incorporación de algoritmos de corrección automática para mitigar errores de calibración. De esta manera, el sistema aquí desarrollado se perfila como un punto de partida hacia soluciones educativas inclusivas, escalables y adaptadas a las necesidades del contexto latinoamericano.

Conclusiones

- ✓ La implementación de una pizarra digital interactiva (PDI) mediante el uso del control Wiimote y la Raspberry Pi 4 Modelo B representó una solución práctica de herramientas tecnológicas interactivas en entornos educativos. A lo largo del proceso, se evidenció la importancia de la investigación técnica previa para seleccionar el sistema operativo y los componentes más adecuados, reconociendo limitaciones como la incompatibilidad de Raspberry Pi OS con ciertos programas fundamentales, lo cual derivó en la adopción de una versión adaptada de Windows HOME, pero también evidenciando ciertos problemas como un mayor consumo de recursos de la Raspberry Pi en el funcionamiento del sistema operativo.
- ✓ Durante la etapa inicial se investigó la compatibilidad entre el hardware (Wiimote y Raspberry Pi) y el software necesario para implementar una PDI funcional. Esta etapa fue clave para entender las limitaciones técnicas del entorno Linux con software educativo, lo que permitió tomar decisiones acertadas, como el uso de Windows ARM y la herramienta Smoothboard 2.
- ✓ Superadas las dificultades iniciales se logró ensamblar e instalar una pizarra digital interactiva completamente funcional. El sistema fue probado en diferentes condiciones y permitió detectar con precisión un puntero infrarrojo, ejecutar tareas como escritura y navegación sobre una superficie proyectada, y mantener una interacción relativamente fluida con baja latencia.

- ✓ Se realizaron pruebas de validación técnica y educativa en el Laboratorio de Redes y Telecomunicaciones. Se comprobó que el sistema podía ser utilizado para simular esquemas de red y reforzar conceptos técnicos de manera didáctica, con bajo costo y sin comprometer la funcionalidad. Estas pruebas también permitieron evaluar aspectos como el rendimiento térmico, la estabilidad de la conexión Bluetooth y la influencia de factores externos como la luz ambiental.
- ✓ El proyecto demostró que es posible implementar una pizarra digital interactiva de bajo costo, empleando recursos accesibles y adecuados para el ámbito educativo en el Laboratorio de Redes y Telecomunicaciones. Esto fue posible gracias a una investigación previa adecuada y a una integración precisa entre los componentes de hardware y software, permitiendo así una solución funcional y viable para entornos similares.

Referencias bibliográficas

- Borbón Alpízar, A. (2012). *Creación de una pizarra interactiva de bajo costo con el mando del Wii*. Costa Rica: Ponencia VIII Congreso CIENTEC. Obtenido de <https://cientec.or.cr/archivo/matematica/2012/ponenciasVIII/Alexander-Borbon.pdf>
- Abraham, S., Galvin, P., & Gagne, G. (2018). *Operating System Concepts*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. doi:<https://archive.org/details/operatingsystemconcepts10th>
- Aguilar Álvarez, R., & Ramírez Martinell, A. (2015). *La Pizarra Digital Interactiva: Componentes, Configuraciones, Posibilidades y Singularidades*. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica. Obtenido de https://www.academia.edu/40205293/La_pizarra_digital_interactiva_componentes_configuraciones_posibilidades_y_singularidades?nav_from=b4954923-bb7b-4f58-813d-4e9dae2738bb
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2024). *Ley Orgánica de Educación Superior*. Quito: Registro Oficial. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/60676>
- BeagleBoard.org Foundation. (18 de 11 de 2022). *BeagleBone Black – Product Overview*. Obtenido de BeagleBoard.org: <https://beagleboard.org/black>
- Borbon, A. (2012). *Creación de una pizarra interactiva de bajo costo con el mando del Wii*. Costa Rica: CIENTEC. Obtenido de <https://cientec.or.cr/archivo/matematica/2012/ponenciasVIII/Alexander-Borbon.pdf>

- Castelo, J. C., & Pancha Ramos, J. M. (2020). *Estudio de viabilidad técnica del Raspberry Pi para su uso en sistemas de visión artificial*. Riobamba: E-IDEA M U L T I D I S P L I N A R Y J O U R N A L. Obtenido de [file:///C:/Users/Personal/Downloads/125-Texto%20del%20art%C3%ADculo-311-1-10-20211206%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/125-Texto%20del%20art%C3%ADculo-311-1-10-20211206%20(1).pdf)
- Escuela Taller Candelaria Comunica. (2009). *Proyectores de video: preguntas y clasificación*. Bogotá: Bogotá. Obtenido de <https://etcandelariacomunica.wordpress.com/wp-content/uploads/2009/02/proyectores-de-video-preguntas-y-clasificacion.pdf>
- Gallego, D. J., Cacheiro, M. L., & Dulac, J. (2009). *La pizarra digital interactiva como recurso docente*. Salamanca: Universidad de Salamanca. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/28319938_La_pizarra_digital_interactiva_c_omo_recurso_docente
- González, A. &. (2008). *La pizarra digital interactiva como recurso didáctico*. Madrid: Editorial Académica Española. Obtenido de <https://www.mextesol.net/journal/public/files/d849586cbd7a59e3467131beca8bbbc7.pdf>
- Kung-Teck, w., Kuan, N., & Chia, Y. (2019). *Innovative Improvised Low-Cost Wiimote Interactive Whiteboard (Iw-IWB) Learning Tool for Teaching Chinese As A Second Language (TCSL)*. Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication (BEIESP). Obtenido de <https://www.ijitee.org/portfolio-item/A4803119119/>
- López Aldea, E. (28 de 05 de 2017). *¿Qué es Raspberry Pi y para qué sirve?* Madrid, España: RA-MA Editorial. Obtenido de Founderz: https://books.google.com.co/books?hl=es&id=Zae6EAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- López Aldea, E. (28 de 05 de 2017). *¿Qué es Raspberry Pi y para qué sirve?* Obtenido de Google Books: <https://books.google.com.co/books?id=Zae6EAAAQBAJ>
- Massaro, R. (22 de 05 de 2025). *Pizarra digital interactiva de bajo costo*. Obtenido de Medios Educativos: <https://medioseducativos.com/pdi-pizarra-digital-interactiva/>
- NVIDIA Corporation. (29 de 05 de 2023). *Jetson Nano Developer Kit*. Obtenido de NVIDIA Developer: <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>
- Orange Pi Community. (03 de 07 de 2023). *Orange Pi product comparison*. Obtenido de Orange Pi: <http://www.orangepi.org/>
- Raspberry PI Foundation. (16 de 05 de 2022). *Raspberry PI 4*. Obtenido de Raspberry PI: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- Raspberry Pi Foundation. (19 de 05 de 2025). *Raspberry Pi Documentation*. Obtenido de Raspberry Pi Foundation: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/cooling.html>
- RUBEN A, V. C. (2014). *DISTRIBUCIÓN PERSONALIZADA DE LINUX PARA USO DE TABLEROS DIGITALES DE BAJO COSTO*. REPÚBLICA DE PANAMÁ, PANAMÁ:

UNIVERSIDAD DE PANAMA VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO . Obtenido de <https://up-rid.up.ac.pa/409/>

Segurilatam. (27 de 12 de 2023). *Tipos de sensores infrarrojos y sus aplicaciones*. Obtenido de Segurilatam: https://www.segurilatam.com/actualidad/sensores-infrarrojos-tipos-funciones_20231227.html

Sharma, D., & Malhotra, R. (2021). *Infrared (IR) Serial Communication*. Nueva Delhi: IJARCCCE (International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering). Obtenido de <https://ijarccce.com/wp-content/uploads/2021/05/IJARCCCE.2021.10518.pdf>

Sinovoip Co., L. (12 de 06 de 2023). *Banana Pi BPI-M64 product page*. Obtenido de Banana Pi Official Wiki: https://wiki.banana-pi.org/Banana_Pi_BPI-M64

Team, L. (15 de 06 de 2023). *LattePanda V1.0 specifications and features*. Obtenido de LattePanda: <https://www.lattepanda.com/>

TIPÁN SIMBAÑA, J. R. (2012). *DESARROLLO DE UNA PIZARRA DIGITAL INTERACTIVA DE BAJO COSTO MEDIANTE EL USO DE LÁPICES INFRARROJOS Y DETECCIÓN CON WIIMOTE*. Quito, Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1841>

Tomarken, S. L., Simons, D. R., Helms, R. W., Johns, W. E., Schriver, K. E., & Webster, M. S. (2011). *Arxiv*. Obtenido de Motion Tracking in Undergraduate Physics Laboratories with the Wii Remote: <https://arxiv.org/abs/1108.5022>