

# Sistema de Activación de Alarma por Distancia Basado en Inteligencia Artificial para Mejora de la Calidad de Vida de Personas Invidentes en una Habitación

Christian Rubio Rosales  
Maestría en Ciencias de Ingeniería en Microelectrónica  
SEPI ESIME Culhuacán  
Estado de México, México  
crubior1700@alumno.ipn.mx

**Abstract**—Este proyecto se enfoca en el diseño de un sistema dirigido a mejorar la calidad de vida de personas invidentes, aprovechando las capacidades de una computadora de placa reducida, combinado con cámaras fotográficas y detección de personas con inteligencia artificial, todo ello en el contexto de una habitación inteligente. El sistema propuesto se fundamenta en la integración y comunicación de un único sensor de movimiento y cámaras fotográficas para monitorear continuamente el entorno de la habitación. Estos dispositivos tienen la tarea de captar el movimiento de usuarios y cualquier cambio que pueda suponer un reto para una persona con limitaciones visuales. Una vez detectadas estas variables, la información es procesada por la computadora de placa reducida mediante un algoritmo basado en inteligencia artificial y se encarga de generar alertas auditivas para el usuario con intención de dar aviso sobre su proximidad con respecto a algún objeto que pueda provocar una colisión con la persona invidente involucrada.

**Keywords**—Calidad de vida, Cámara, Computadora de placa reducida, Invidente, Inteligencia Artificial.

## Introduction (Heading 1)

### I. INTRODUCCIÓN, PROBLEMA Y OBJETIVOS

#### A. Descripción del problema

En la actualidad, la problemática de la deficiencia visual en las personas ha ido incrementando notablemente, a manera que cada día hay más casos de personas invidentes en el mundo. Con el desarrollo y avance de la tecnología se han logrado diseñar dispositivos que ayuden a las personas que carecen parcial o completamente del sentido de la vista para que puedan seguir con su vida cotidiana (lentes, bastones, pulseras de alerta, entre otras), sin embargo, aún con la existencia de estas alternativas, la autonomía y bienestar de las personas con deficiencia visual tienen problemas en su integración al entorno que los rodea, en primera instancia en sus hogares y habitaciones, ya que es en ellos donde pasan sus tiempos más personales; sin embargo, a pesar de que su experiencia ubica la localización de cada objeto, mueble, etc., no siempre estos se encuentran en el mismo espacio físico, debido a que pueden ser movidos para limpieza, mantenimiento o cambio de los mismos. Esto hace que puedan presentarse accidentes por tropezos o impactos con los objetos.

#### B. Objetivo general

Proponer un sistema de activación de alarmas por distancia basado en una computadora de placa reducida y un microcontrolador para la mejora de la calidad de vida de personas invidentes en una habitación aplicando detección de

personas en imágenes digitales con uso de inteligencia artificial.

#### C. Objetivos específicos

- Elaborar un diseño detallado del sistema de procesamiento en donde exista un equilibrio entre usabilidad y accesibilidad en costos de las interfaces.
- Definir un perímetro estándar en el que el sistema trabajara de acuerdo con las medidas de una habitación de un hogar.
- Establecer puntos estratégicos para la colocación de cámaras para alcanzar un mayor rango visual y así disminuir puntos ciegos.
- Analizar el nivel de iluminación y ubicación de lámparas para disminuir el brillo en la captura de imágenes.
- Fijar una comunicación estable entre el sensor de movimiento y las cámaras fotográficas.
- Implementar una alerta para dar aviso al usuario cuando se aproxime a algún objeto en la habitación.

#### D. Límites

- La cantidad de cámaras fotográficas dependerá del tamaño de la habitación.
- No se abordarán situaciones exteriores o espacios más amplios fuera de la habitación identificada.
- La conexión entre la placa y las cámaras no es inalámbrica.
- La eficiencia de la toma de fotografía depende del rango de apertura de la cámara.
- La idea se va a desarrollar sólo como un prototipo de prueba.

#### E. Alcances

- El sistema reconoce de forma inmediata el movimiento de la persona.
- El amueblado no afecta el proceso de captura.
- La calidad de imagen no afecta el proceso.
- Se utilizan componentes de tipo comercial por si se requiere extender, escalar o modificar el proyecto.
- Consideración del diseño ergonómico del sistema para facilitar su uso por parte de personas invidentes.
- Realización de pruebas exhaustivas en un entorno controlado que simule una habitación típica para evaluar la efectividad y la confiabilidad del sistema.

## F. Justificación

El diseño del sistema busca ser la base de un sistema eficiente para mejorar la seguridad y noción de ubicación en el desplazamiento de usuarios invidentes que tienen dificultades en sus actividades diarias dentro de su propio entorno doméstico y así reducir los casos de accidentes físicos. Su utilidad se enfoca lograr un desplazamiento más fluido y seguro con un sistema rentable en recursos energéticos, de cómputo y de datos.

## II. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se muestra información acerca de la documentación utilizada para este proyecto.

### A. Trabajos relacionados

Para el desarrollo del proyecto presentado en este documento resulta crucial apoyarse del uso de algoritmos de detección humana y otros objetos en imágenes digitales e inteligencia artificial, así como determinar la distancia entre ellos a partir de la imagen capturada.

Entre los documentos utilizados en la investigación se encuentra “A survey on human detection surveillance systems for Raspberry Pi” [1] (2019) procedente de la Universidad de El Cairo, Egipto, donde se proponen métodos variados de detección humana de bajo costo en sistemas de seguridad implementados en computadoras de placa reducida Raspberry Pi.

Para implementación en espacios pequeños, como es en este caso una habitación, se considera “Smart Motion Detection System using Raspberry Pi” [2] (2016), donde se propone un sistema de vigilancia basado en Raspberry Pi implementando un sensor PIR y una aplicación para dispositivos Android.

En artículos más recientes y con un enfoque más marcado hacia la implementación de inteligencia artificial se encuentra “Development of smart camera systems based on artificial intelligence network for social distance detection to fight against COVID-19” [3] (2021), en el cual se propone el uso de una computadora de placa reducida Raspberry Pi para procesar videos y mediante inteligencia artificial y un entorno de desarrollo Nvidia Jetson Nano determinar la distancia entre dos personas en relación a la sana distancia recomendada durante la pandemia de COVID-19.

Cabe mencionar de igual manera la importancia del proyecto “Desarrollo de un sistema de detección de personas usando inteligencia artificial para controlar el distanciamiento social en la zona comercial de Pelileo” [4] (2023), el cual se enfoca en un prototipo que calcula la distancia entre personas a través de una captura de video y apoyándose en el uso de inteligencia artificial aplicado en el software MatLab.

## III. MARCO TEORICO

### A. Introducción

La navegación o la orientación para personas invidentes es un desafío imperante en la comunidad. Buscar un desplazamiento seguro comenzando desde su lugar más concurrido, su hogar, es vital para generar confianza y una movilidad independiente, es decir, el diseño de un sistema con alerta y ubicación de posición. Las personas invidentes suelen utilizar ayudas para su desplazamiento como perros guía, bastones o dependen de un compañero de viaje. Además de estas ayudas convencionales, aunado a la tecnología y el paso del tiempo se han propuesto diversos sistemas de asistencia y soluciones para abordar problemas relacionados con el desplazamiento de personas invidentes. Algunos de los principales problemas encontrados con este tipo de sistemas están relacionados con la portabilidad ya que su diseño está expuesto a muchos riesgos en la recepción de datos como la posición inestable o movimiento, efectos visuales, entre ellos, brillo, saturación, enfoque, ángulo y el suministro de información ambiental en tiempo real en las inmediaciones durante la trayectoria para evitar obstáculos y prevenir accidentes. Una vez considerando esto, el enfoque está relacionado a la colocación y comunicación de un sistema de cámaras que reduzca el uso de recursos energéticos de cómputo y de datos en la captura de información. La detección de objetos y/o muebles consiste en identificar y localizar obstáculos. Se toman diversas características de los datos de entrada visuales (por lo general, imágenes o videos) así como ondas, en este caso, sensores de proximidad.

### B. Criterio de colocación de cámaras

Para evitar los puntos ciegos o zonas muertas al colocar las cámaras fotográficas, estas se posicionan a una altura considerable para cubrir un rango de alcance y ángulos óptimos, es decir, que cada cámara cubra el mayor rango posible. Además, cada cámara debe abarcar las zonas muertas de otra o más cámaras. Para ocupar una cantidad menor de cámaras en el prototipo, se propone posicionamiento angular [11].

### C. Comunicación i2c

El I2C está diseñado como un bus maestro-esclavo. La transferencia de datos es siempre inicializada por un maestro; el esclavo reacciona. Es posible tener varios maestros mediante un modo multimaestro, en el que se pueden comunicar dos maestros entre sí, de modo que uno de ellos trabaja como esclavo [12]. En este caso para la comunicación de datos con respecto a la medición de la distancia se definirá la Raspberry PI como maestro y el PIC16F877a como esclavo.

### D. Algoritmo YOLO (You Only Look Once)

Se trata de un algoritmo de código abierto enfocado en la detección de objetos en imágenes digitales, introducido recientemente en 2015. Utiliza una sola red neuronal convolucional para detectar distintos tipos de objetos apoyado en el uso de cajas delimitadoras para reducir la complejidad del proceso y, por ende, ejecutar las tareas solicitadas en poco tiempo [19].

Se dará uso al algoritmo YOLO a través de MatLab para determinar los objetos dentro de la habitación de la persona invidente, y a partir del resultado obtenido determinar la

distancia entre algún objeto y la persona invidente con fin de dar aviso con una alarma auditiva si se encuentra cerca de algún objeto.

**E. Herramientas de hardware**

El hardware, que se debe seleccionar, debe ser eficiente en términos de visión nocturna, enfoque, tamaño y peso. Discutiendo y explorando las características de varios componentes que se adapten al uso de nuestro proyecto optamos por los más fáciles de utilizar para la implementación de acuerdo con eficiencia y costos. El proyecto propuesto utiliza Raspberry-Pi 4 model B, Modulo cámara Raspberry Pi 5 megapíxeles y Sensor ultrasónico HC-SR04.

**Raspberry-Pi 4 model B:**

- Memoria: 8GB LPDDR4 con ECC integrado
- Conectividad
  - 2,4 GHz y 5,0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac inalámbrico
  - LAN, Bluetooth 5.0, BLE
  - Gigabit Ethernet
  - 2 ×puertos USB 3.0
  - 2 ×puertos USB 2.0
- GPIO: encabezado GPIO estándar de 40 pines (totalmente compatible con placas anteriores)
- Vídeo y sonido:
  - 2 ×puertos micro HDMI (compatible hasta 4Kp60)
- Soporte de tarjeta SD: Ranura para tarjeta Micro SD para cargar el sistema operativo y almacenamiento de datos.
- Alimentación de entrada:
  - 5 VCCatravés del conector USB-C (mínimo 3A) [13]

Uso: Punto de conexión inalámbrico y alámbrico para los componentes tipo comercial, el cual llevará todo el proceso para leer datos y la salida de estos en forma de una alarma.

**Sensor ultrasónico HC SR04:**

- Voltaje de trabajo: 5V
- Corriente de trabajo: 15 mA
- Frecuencia de trabajo: 40 KHz
- Rango de funcionamiento: 2 a 500 cm
- Ángulo de detección: 15 a 20 grados [14]

Uso: Cálculo de la distancia con respecto al objeto censado.

**Modulo cámara Raspberry Pi 5 Megapíxeles:**

- Sensor de 5MP OV5647
- Resolución 2592 x 1944 pixeles para imágenes estáticas
- Lente:  $f = 3,6 \text{ mm}$ ,  $f / 2.9$

- Campo visual: 2,0 x 1,33 m, a 2 m
- Cámara de Interfaz Serial
- Cable plano de 15 cm [15]

Uso: Captura de datos con respecto al sensor.

**PIC16F877A:**

- Frecuencia de operación: 0-20 MHz
- Voltaje: 2V a 5.5V
- 35 pines de entrada y salida
- Módulo USART
- Puerto Serie Síncrono Maestro (MSSP)
- 368 bytes de memoria RAM
- Memoria ROM de 8K con tecnología FLASH
- Opción de programación serial en el circuito [16].

Uso: Cálculo y muestra del valor de la distancia de un objeto con ayuda de sensor ultrasónico HC-SR04 y transferencia de la información por medio del protocolo i2c.

**F. Herramientas de software**

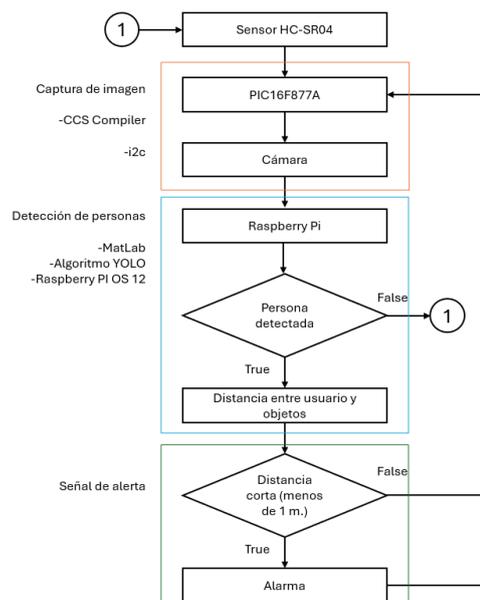
- Raspberry Pi OS Versión Debian 12
- Proteous Versión 8.13
- MathWorks MatLab Versión 9.14 (Raspberry Pi Support from MatLab)
- CCS C Compiler Versión 5.015

**IV. MÉTODO DE DESARROLLO**

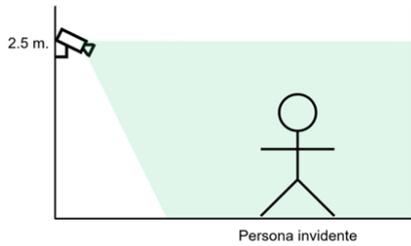
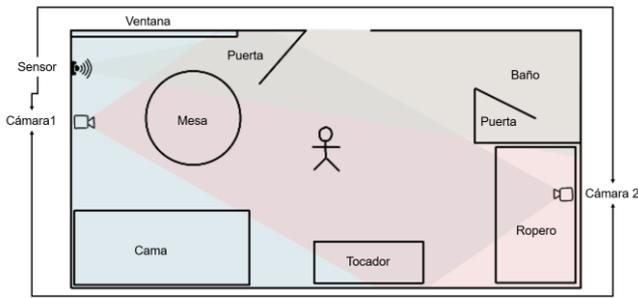
**A. Introducción**

Como método de desarrollo, se presentan los siguientes diagramas.

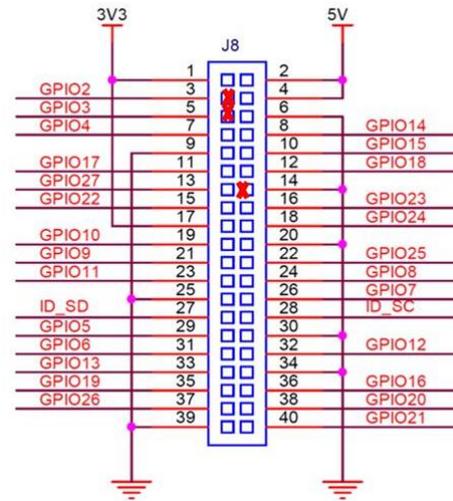
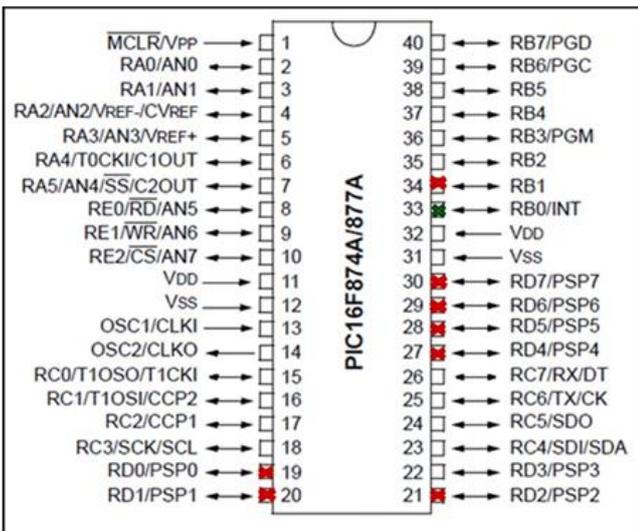
**B. Diagrama de funcionamiento**



C. Diagrama de una habitación



D. Pines utilizados (PIC16F877A)



GPIO	Default Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
0	High	SDA0	SA5	PCLK	SPI3_CEO_N	TXD2	SDA6
1	High	SCL0	SA4	DE	SPI3_MISO	RXD2	SCL6
2	High	SDA1	SA3	LCD_VSYNC	SPI3_MOSI	CTS2	SDA3
3	High	SCL1	SA2	LCD_HSYNC	SPI3_SCLK	RTS2	SCL3
4	High	GPCLK0	SA1	DPLD0	SP4_CEO_N	TXD3	SDA3
5	High	GPCLK1	SA0	DPLD1	SPI4_MISO	RXD3	SCL3
6	High	GPCLK2	SOE_N	DPLD2	SPI4_MOSI	CTS3	SDA4
7	High	SPI0_CEO_N	SWE_N	DPLD3	SPI4_SCLK	RTS3	SCL4
8	High	SPI0_CEO_N	SD0	DPLD4	-	TXD4	SDA4
9	Low	SPI0_MISO	SD1	DPLD5	-	RXD4	SCL4
10	Low	SPI0_MOSI	SD2	DPLD6	-	CTS4	SDA5
11	Low	SPI0_SCLK	SD3	DPLD7	-	RTS4	SCL5
12	Low	PWM0	SD4	DPLD8	SPI5_CEO_N	TXD5	SDA5
13	Low	PWM1	SD5	DPLD9	SPI5_MISO	RXD5	SCL5
14	Low	TXD0	SD6	DPLD10	SPI5_MOSI	CTS5	TXD1
15	Low	RXD0	SD7	DPLD11	SPI5_SCLK	RTS5	RXD1
16	Low	FL0	SD8	DPLD12	CTS0	SPI1_CEO_N	CTS1
17	Low	FL1	SD9	DPLD13	RTS0	SPI1_CEO_N	RTS1
18	Low	PCM_CLK	SD10	DPLD14	SPI6_CEO_N	SPI1_CEO_N	PWM0
19	Low	PCM_FS	SD11	DPLD15	SPI6_MISO	SPI1_MISO	PWM1
20	Low	PCM_DIN	SD12	DPLD16	SPI6_MOSI	SPI1_MOSI	GPCLK0
21	Low	PCM_DOUT	SD13	DPLD17	SPI6_SCLK	SPI1_SCLK	GPCLK1
22	Low	SD0_CLK	SD14	DPLD18	SD1_CLK	ARM_TRST	SDA6
23	Low	SD0_CMD	SD15	DPLD19	SD1_CMD	ARM_RTCK	SCL6
24	Low	SD0_DAT0	SD16	DPLD20	SD1_DAT0	ARM_TDO	SPI3_CEO_N
25	Low	SD0_DAT1	SD17	DPLD21	SD1_DAT1	ARM_TCK	SPI4_CEO_N
26	Low	SD0_DAT2	TE0	DPLD22	SD1_DAT2	ARM_TDI	SPI5_CEO_N
27	Low	SD0_DAT3	TE1	DPLD23	SD1_DAT3	ARM_TMS	SPI6_CEO_N

BIBLIOGRAFÍA

E. Pines utilizados (Raspberry Pi)

- [1] Khalifa A. F., Badr E., N. Elmahdy H. (2019). A survey on human detection surveillance systems for Raspberry Pi. Image and Vision Computing, (85), 1– 13
- [2] B. Patel P., M. Choksi V., Jadhav S., M. B. Potdar (2016). Smart Motion Detection System using Raspberry Pi. International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)– ISSN, (10), 37– 40
- [3] Karaman O., Alhudhaif A., Polat K. (2021). Development of smart camera systems based on artificial intelligence network for social distance detection to fight against COVID-19. Applied Soft Computing, (107610), No. 110, 1-11
- [4] Silva Chipantiza C. F., (2023). Desarrollo de un sistema de detección de personas usando inteligencia artificial para controlar el distanciamiento social en la zona comercial de Peñileo. Universidad Nacional de Chimborazo UNACH, 1- 112
- [5] M. Ramesh, G. R. L. Prasanna, S. Narendra, S. Lakshmi, M. Anil Kumar, B. Srihari (2017). Raspberry PI Based Ultrasonic Sensor to Measure Distance Adopting Internet of Things (IoT). International Journal of

- Scientific Engineering and Technology Research (JSETR), (6), 2623-2628
- [6] Sahba F., Sahba A., Sahba R. (2018). Helping Blind People in Their Meeting Locations to Find Each Other Using RFID Technology. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, (16), No. 12
- [7] Hifzan A. A., Fairuz I. O. M., Bahaman N., Zaki M. M., Sa'aya Z. (2021). Implementation of Home Security Motion Detector using Raspberry Pi and PIR Sensor. *Journal of Advanced Computing Thecnology and Applicationl*, (3), No. 2, 41- 49
- [8] A Latifah, W Ramdhani, M R Nasrulloh, R Elsen (2021). Ultrasonic sensor for monitoring corn growth based on Raspberry Pi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098, 042087
- [9] W. Jolles J. (2021). Broad-scale applications of the Raspberry Pi: A review and guide for biologists. *Methods in Ecology and Evolution*, (12), 1562– 1579
- [10] Nayak M., Dash P. (2018). Smart Surveillance Monitoring System Using Raspberry Pi and PIR Sensor. *PARIPEX- Indian Journal of Research*, (7), 493- 495
- [11] Davantis. “Seguridad Perimetral: Cómo resolver “Zonas Muertas” en Video Vigilancia”. 2021 [Online]. Disponible en: <https://www.davantis.com/es/blog/tecnologia/como-resolver-zonas-muertas-videovigilancia/> [Fecha de acceso: Nov. 7, 2023]
- [12] MCI Capacitación. “Protocolo I2C (Inter Integrated Circuit)”. 2022 [Online]. Disponible en: <https://cursos.mcielectronics.cl/2022/08/23/i2c/> [Fecha de acceso: Nov. 9, 2023]
- [13] Raspberry Pi (Trading). “Raspberry Pi 4 Model B Datasheet”. 2019 [Online]. Disponible en: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf> [Fecha de acceso: Nov. 4, 2023]
- [14] Morgan Elijah J. (2014) HC-SR04 Ultrasonic Sensor. [Online]. Disponible en: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132204/ETC2/HCSR04.html> [Fecha de acceso: Nov. 4, 2023]
- [15] RS-Components. “Raspberry Pi Camera Module”. 2019 [Online]. Disponible en: <https://docs.rs-online.com/2888/0900766b8127db0a.pdf> [Fecha de acceso: Nov. 4, 2023]
- [16] Componentes 101. “PIC16F877A Microcontroller”. 2017 [Online]. Disponible en: <https://components101.com/microcontrollers/pic16f877a-pin-diagram-description-features-datasheet> [Fecha de acceso: Nov. 4, 2023]
- [17] Bocanegra Torres M. A., López Marcos M. F. J., Mastache Caballero J. (2012). Vienda Inteligente de Aprendizaje Neuronal Especializada en reconocimiento de Imágenes. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo ESCOM, (TT 2011-B006), 1– 89
- [18] Kanta Panda S., Kumar Sahu S. (2020). Design of IoT based Real-Time Security System using Raspberry Pi. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, (7), 1163– 1168
- [19] Jiang P., Ergu D., Liu F., Cai Y., Ma B. (2022). A Review of Yolo Algorithm Developments. *Procedia Computer Science*, (199), 1066-1073