

# Sistema embebido auxiliar en el monitoreo de casa habitación por medio de detección de formas humanas.

## Trabajo Terminal No. 2021-A033

*Alumnos: \*Reyes Orozco Isaías Emanuel, \*\*Benítez Morales Manuel Emilio.*

*Directores: García Ortega Víctor Hugo, Sosa Saavedra Julio César*

*email: \*isaiasemanuelreyesorozco@gmail.com, \*\*manbenit98@gmail.com*

**Resumen** - Ante la gran cantidad de robos de casa-habitación que existe en nuestro país, se propone desarrollar un prototipo de sistema embebido localizado dentro de una casa-habitación (aplicación enfocada a domótica) que con ayuda de una cámara se obtiene una imagen en el momento que un objeto ingresa a la misma; mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes y de reconocimiento de formas se detecta si el objeto corresponde a una forma humana, de ser así la imagen será mandada al propietario de la casa y a personas que son de confianza del mismo, quienes podrán recibir y ver la imagen en una aplicación móvil.

**Palabras clave** - Aplicación móvil, sistemas embebidos, procesamiento digital de imágenes, reconocimiento de formas.

## 1. Introducción

Se sabe que la situación de nuestro país es desfavorable en tema de seguridad, específicamente en el caso de los robos de casa habitación; si bien es cierto que desde 2015 la tasa de robos a casa habitación ha disminuido 6.75 % en promedio [1] [2] [3] [4] [5], también es verdad que puede volver a incrementar su cifra, de acuerdo con el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) en su encuesta nacional de seguridad pública urbana, 33.3 % de la población de 18+ años considera que la actividad delictiva se mantendrá igual durante el presente año, mientras que el 33.2 % considera que empeorará [6], dando lugar a un posible aumento en el allanamiento de morada [7] que a su vez pone en peligro la vivienda de la persona o incluso a la misma.

Una posible solución para ayudar a las personas a mantener su casa segura es utilizar tecnologías aplicadas a domótica, mismas que se encargan de automatizar procesos en una vivienda, permitiendo su control y monitoreo de manera remota.

La palabra *domótica* tiene su origen en el latín *domus* (domo o casa) y la palabra *informática*, aunque según algunos autores, se hace referencia la palabra *robótica*, “ *se aplica a la ciencia y a los elementos desarrollados por ella que proporcionan algún nivel de automatización o automatismo dentro de la casa; [...] la vivienda domótica es, por lo tanto, aquella que integra una serie de automatismos en materia de electricidad, electrónica, robótica, informática y telecomunicaciones, con el objetivo de asegurar al usuario un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético, de las facilidades de comunicación, y de las posibilidades de entretenimiento.* ” [8]

Existen empresas -como INTEC y ADT- que proporcionan un servicio de instalación de sistemas de seguridad por un pago mensual, sin embargo estos sistemas pueden ser poco eficientes al no estar automatizados es decir, alguien necesita monitorear las cámaras y generar las alertas, por lo que nuestro sistema busca hacer más eficiente el monitoreo de una casa-habitación mediante técnicas de procesamiento de imágenes que nos permiten reconocer formas humanas.

## **1.1. Estado del arte**

### **1.1.1. Trabajos dentro del Instituto Politécnico Nacional**

En [9] se presenta una aplicación domótica con sensores de bajo costo para la supervisión de iluminación, nivel de agua y detección de factores ambientales; implementación de un sistema de seguridad para una puerta y una ventana con el objetivo de saber “si se encuentran cerradas o abiertas para evitar que gente ajena logre acceder a la vivienda”.

Por otro lado, [10] muestra un sistema capaz de monitorear el estado actual de una vivienda, sistema de fácil instalación ya que usa ondas de radio para comunicar módulos autónomos de sensado, con un servidor que envía información la usuario, a través de una interfaz móvil y una web para revisar la información.

Así mismo en [11] se reporta un prototipo de sistema embebido utilizando RaspBerry Pi 3 B que permite el monitoreo del hogar a través de procesamiento de imágenes para detectar presencia humana mandando una señal de alerta al usuario.

### **1.1.2. Trabajos externos al país**

Un sistema de automatización basado en un control remoto por medio de una aplicación en Android y una tarjeta RaspberryPi se puede encontrar en [12], éste utiliza servicio web, principalmente controlando la apertura y cerradura de las persianas de una ventana.

Finalmente, en [13] se presenta un un diseño de sistema embebido para la seguridad de una casa-habitación o laboratorio, el cual tiene la finalidad detectar la presencia de un intruso cuando este ingresa al inmueble. Esto lo logran con ayuda de 4 sensores PIR (Passive Infra Red) que al momento de detectar una presencia se genera una alarma mediante una bocina al tiempo que se toma una fotografía con ayuda una cámara web, la cual es mandada a los usuarios y almacena las imágenes en la nube. Dicha cámara igual se mueve en ángulos de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  con ayuda de servomotores para seguir el rastro de los intrusos.

Software	Módulo de comunicación inalámbrica entre el usuario y el sistema	Monitoreo de puertas y ventanas	Seguridad con reconocimiento de formas	Control remoto móvil
Sistema de control domótico utilizando un microcontrolador y tecnologías PLC [9]	✓			✓
SIDOM [10]	✓			✓
Embedded Human Detection System for Home Security [11]			✓	✓
Remote control of a domestic equipment from an android application based on raspberry pi card [12]	✓	✓		✓
An Intelligent Embedded Cloud Monitoring System Design [13]	✓			✓
Sistema propio	✓	✓	✓	✓

Tabla 1: Tabla comparativa de trabajos realizados.

## 2. Objetivo

### 2.1. General

Implementar un prototipo de sistema embebido auxiliar en el monitoreo de una casa-habitación por medio de reconocimiento de formas humanas empleando técnicas de análisis de procesamiento digital de imágenes.

### 2.2. Específicos

- Desarrollar un módulo para captura y análisis de imágenes mediante técnicas para su procesamiento digital y detección de formas humanas.
- Desarrollar un módulo para el envío de imagen a la aplicación móvil por medio del protocolo TCP (Protocolo de Control de Transmisión).
- Desarrollar una interfaz gráfica (aplicación móvil) que muestre una imagen de una presencia humana detectada y alerte al usuario mediante una notificación.
- Implementar un módulo de comunicación entre la aplicación móvil remota y el módulo embebido para el envío y recepción de imagen utilizando SSH Tunneling.

### 3. Justificación

Durante los últimos años la tecnología ha jugado un papel importante en el desarrollo de aplicaciones domóticas para la automatización de diversos procesos dentro de un inmueble, tales como el monitoreo de una casa-habitación.

El monitoreo suele implicar personal que atienda el sistema en todo momento para poder generar las alertas correspondientes y así notificar al propietario cuando se detecte una presencia humana. Es por ello que nuestro prototipo de sistema embebido se enfoca en automatizar este proceso.

Gracias a la automatización se evita la intervención humana para el monitoreo del sistema, lo que implica tener un mejor tiempo de respuesta al momento de detectar una presencia humana, así mismo, reducir el costo computacional en capacidad de memoria, ya que la captura de fotos ocupa poco espacio en el sistema. es decir, no se requiere una gran cantidad de unidades de almacenamiento.

Son escasos los sistemas implementados por automatización que puedan reconocer formas humanas, que utilicen poco almacenamiento y además notifiquen al usuario directamente en su dispositivo móvil por medio de una aplicación de dedicada.

Nuestro prototipo de sistema embebido pretende hacer uso de técnicas de procesamiento de imágenes para reconocer formas humanas con ayuda de sensores que detectan presencia, al hacerlo el SoC (Sistema en un Chip) captura una imagen por medio de la cámara, la cual analizada mediante dichas técnicas para corroborar que corresponda a una forma humana, de ser así se envía tanto la imagen como la alerta a la aplicación móvil por medio del protocolo TCP.

### 4. Productos o resultados esperados

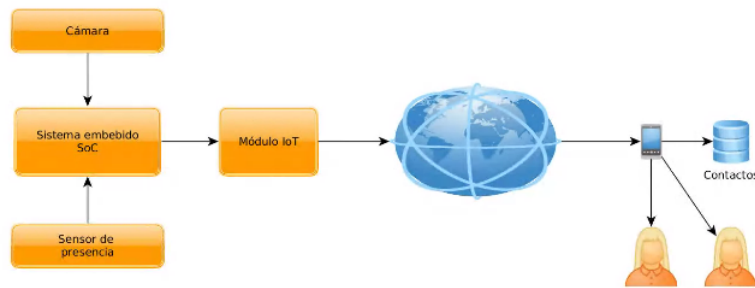


Figura 1: Diagrama a bloques del producto esperado.

1. Módulo para el procesamiento de imágenes para detección de formas humanas utilizando tecnología SoC (System on Chip).
2. Módulo para el envío de imágenes a la aplicación móvil, esto para asegurar que el sistema funcione de manera segura en conjunto con el nodo central (tecnología SoC) y que la mayoría de usuarios del mercado pueda adquirir nuestro sistema.
3. Sistema de comunicación capaz de enviar la información por medio de un túnel TCP abierto desde la línea de comandos del sistema embebido, este proporcionará una dirección IP (Protocolo de Internet) pública que permite acceder al sistema desde cualquier parte del mundo por medio de la aplicación móvil.

## 5. Metodología

Debido a que nuestro proyecto utiliza tanto elementos de hardware (por ser un sistema embebido) y de software (se requiere una aplicación móvil), se requiere una metodología que tenga la capacidad de combinar ambos de forma que se tenga la mayor confiabilidad posible en dicho sistema, es por esta razón que se utilizará el modelo en V enfocado en sistemas embebidos (Figura 2).

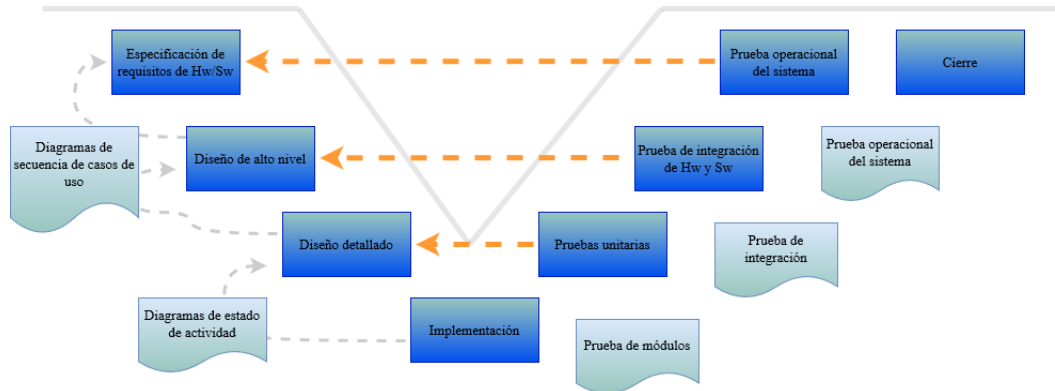


Figura 2: Modelo en V para sistemas embebidos [14].

**Especificación de requisitos de Hw/Sw:** Definición y documentación de requisitos del sistema, tales como variables (digitales y analógicas) del sistema, interfaces que requieren dichas variables, tipos del algoritmos que el sistema procesará, requisitos funcionales, no funcionales y selección de componentes.

**Diseño de alto nivel:** Obtención de diagramas esquemáticos para el hardware así como diagramas de descripción del sistema para el software (tales como casos de uso, actividades, componentes, etc.) para una visión general del sistema.

**Diseño detallado:** Consiste en agregar información específica de las partes del sistema descritas en el esquemático y diagramas de descripción del sistema para su mejor comprensión.

**Implementación:** Fase de realización del diseño detallado (armado de circuito, programación de módulos en sistema embebido y en software de alto nivel).

**Pruebas unitarias:** En esta fase se verifican los módulos Hw y Sw de forma independiente, comprobando su adecuado funcionamiento de acuerdo a los requerimientos, debe reportarse el resultado de cada prueba.

**Prueba de integración Hw/Sw:** Fase de integración de los distintos módulos que forman el sistema. Tal como en el caso anterior, debe reportarse la prueba general; por una parte se debe comprobar el funcionamiento correcto de todo el sistema y por otra, en caso de tratarse con un sistema tolerante a fallos, debe verificarse que ante la presencia de un fallo persiste el funcionamiento correcto. También se debe comprobar el cumplimiento de los requisitos establecidos.

**Prueba operacional del sistema:** Realización de las últimas pruebas (escenario de prueba definido en el trabajo), anotando una vez más las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

## 6. Cronograma

### 6.1. Algoritmo de reconocimiento de formas humanas

Alumno: Reyes Orozco Isaías Emanuel

Actividad	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Investigación de algoritmos de detección de formas humanas	X	X									
Análisis del sistema del Procesamiento Digital de Imágenes (PDI)		X	X								
Diseño del algoritmo de PDI			X	X	X						
Evaluación de TT1					X						
Implementación del algoritmo de PDI						X	X	X			
Pruebas unitarias del algoritmo de PDI							X	X	X		
Pruebas de integración del algoritmo de PDI								X	X	X	
Pruebas operacionales									X	X	X
Evaluación de TT2											X
Documentación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

### 6.2. Sistema embebido

Alumno: Benítez Morales Manuel Emilio

Actividad	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Investigación de sistemas embebidos	X	X									
Diseño del sistema embebido y sus periféricos		X	X								
Diseño de la aplicación móvil			X	X	X						
Evaluación de TT1					X						
Implementación de la aplicación móvil						X	X	X			
Implementación del sistema embebido y sus periféricos						X	X	X			
Pruebas unitarias de la aplicación móvil							X	X	X		
Pruebas unitarias del sistema embebido y sus periféricos							X	X	X		
Pruebas de integración								X	X	X	
Pruebas operacionales									X	X	X
Evaluación de TT2											X
Documentación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## 7. Referencias

- [1] O. N. Ciudadano, “Reporte sobre delitos de alto impacto.” [https://onc.org.mx/uploads/Dig\\_May\\_2015.pdf](https://onc.org.mx/uploads/Dig_May_2015.pdf), Mayo 2015.
- [2] O. N. Ciudadano, “Reporte sobre delitos de alto impacto.” <https://onc.org.mx/uploads/mensual-febrero-digital.pdf>, Febrero 2016.
- [3] O. N. Ciudadano, “Reporte sobre delitos de alto impacto.” [https://onc.org.mx/uploads/-Rep\\_Abril17\\_VF.pdf](https://onc.org.mx/uploads/-Rep_Abril17_VF.pdf), Abril 2017.
- [4] O. N. Ciudadano, “Reporte sobre delitos de alto impacto.” <https://onc.org.mx/uploads/mensual-mayo2020.pdf>, Mayo 2020.
- [5] O. N. Ciudadano, “Reporte sobre delitos de alto impacto.” <https://onc.org.mx/uploads/mensual-junio2020-D.pdf>, Junio 2020.
- [6] INEGI, “Encuesta nacional de seguridad pública urbana.” [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensu/doc/ensu2020\\_diciembre\\_presentacion\\_ejecutiva.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensu/doc/ensu2020_diciembre_presentacion_ejecutiva.pdf), Enero 2021.
- [7] “Código penal federal,” 2021. Art. 285.
- [8] J. M. Huidobro, *Manual de domótica*. Creaciones Copyright SL, 2010.
- [9] N. N. Pérez Hernández, “Desarrollo de un sistema de control domótico utilizando un microcontrolador y tecnologías plc,” tesis, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN, Abril 2016.
- [10] O. Espinosa Rosas, J. D. Herrera Villagrán, H. Hinojosa Jiménez, and R. Y. Valdez Altamirano, “Sidom: Sistema de domótica móvil,” trabajo terminal, Escuela Superior de Cómputo, IPN, Mayo 2013.
- [11] A. González Gonzlaes, A. M. Pérez Soberanes, V. H. García Ortega, and J. C. Sosa Saavedra, “Embedded human detection system for home security,” p. 13.
- [12] A. Hafedh and H. Lamine, “Remote control of a domestic equipment from an android application based on raspberry pi card,” *15th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control computer engineering*, p. 6, Diciembre 2014.
- [13] Y.-C. C. Y.-C. H. Bing-Ting D., Ching-Min L., “An intelligent embedded cloud monitoring system design,” p. 1, 2017.
- [14] C. R. M. Ángel, M. R. D. Alberto, and T. M. L. Ricardo, “Sistema embebido para monitoreo remoto de signos vitales,” trabajo terminal, Escuela Superior de Cómputo, IPN, Diciembre 2015.

## 8. Alumnos y directores

Isaías Emanuel Reyes Orozco.- Alumno de la carrera Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta 2014031140, Tel. 5547263265, email: isaiasemanuelreyesorozco@gmail.com.

Firma: \_\_\_\_\_

Manuel Emilio Benítez Morales.- Alumno de la carrera Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta 2014030148, Tel. 5539148557, email: manbenit98@gmail.com.

Firma: \_\_\_\_\_

Víctor Hugo García Ortega.- Ing. en Sistemas Computacionales egresado de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional (IPN-1999). Maestría en Ingeniería de Cómputo con especialidad en Sistemas Digitales en el Centro de Investigación en Computación del IPN (2006). Actualmente es profesor Titular en la Escuela Superior de Cómputo del IPN trabajando en el área de Sistemas embebidos, Arquitectura de Computadoras y Procesamiento Digital de Imágenes y Señales.  
e-mail: vgarciaortega@yahoo.com.mx.

Firma: \_\_\_\_\_

Julio Cesar Sosa Savedra.- Ing. en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, Mich. Méx. El grado de M. en C. en Ingeniería Eléctrica por el CINVESTAV-IPN, México y el grado de Dr. en Tecnología de la Información, Computación y Comunicaciones por la Universidad de Valencia, España. Actualmente es profesor titular en el departamento de posgrado de la ESCOM-IPN, México. Sus áreas de interés son: sistemas reconfigurables, diseño digital, diseño VLSI y análisis de movimiento en tiempo real. e-mail: jcsosa@ipn.mx.


Firma: \_\_\_\_\_

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.  
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.



Benítez Morales Manuel Emilio:  
Estoy de acuerdo con las modificaciones realizadas con base en las observaciones de los sinodales.

Reyes Orozco Isaías Emanuel:  
Estoy de acuerdo con las modificaciones pertinentes hechas basadas en las observaciones solicitadas.




**Isaías Emanuel Reyes Orozco**

21:26 (hace 1 hora)

☆

Buenas noches doctor, mi compañero Manuel Emilio Benítez Morales y yo (Isaías Emanuel Reyes Orozco) queremos ver si nuestro protocolo "Sistema embebido auxiliar



**Julio Cesar Sosa Savedra**

21:56 (hace 1 hora)

☆

↩

⋮

para mí ▾

Mando el protocolo firmado.

Saludos!

**Dr. Julio Cesar Sosa Savedra**  
Profesor  
IPN – CICATA Querétaro  
Cerro Blanco No. 141  
Colinas del Cimatario  
76090 Querétaro, Qro.  
  
+52 44 2229 0804 Ext. 81078 (Querétaro)  
+52 55 5729 6000 Ext. 81078 (México, D.F.)  
correo electrónico: [jcsosa@ipn.mx](mailto:jcsosa@ipn.mx) , [jcsosa.ipn@gmail.com](mailto:jcsosa.ipn@gmail.com)  
<https://www.cicataqro.ipn.mx/cq/qro/Paginas/index.php/julio-cesar-sosa-savedra-inicio.html>


Aprobación Protocolo Corregido

Recibidos x

⌵

🖨

🔗




**Isaías Emanuel Reyes Orozco**

21:24 (hace 2 minutos)

☆

Buenas noches profesor, mi compañero Manuel Emilio Benítez Morales y yo (Isaías Emanuel Reyes Orozco) queremos ver si nuestro protocolo "Sistema embebido auxili



**Victor Garcia**

21:25 (hace 2 minutos)

☆

↩

⋮

para mí ▾

Buenas noches,

De acuerdo con las correcciones del protocolo.

M. en C. Victor Hugo Garcia Ortega  
Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Cómputo  
Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales  
Academia de Sistemas Digitales  
Tel. (52)55 57296000 ext. 52064