

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

“DISEÑO DE UN SISTEMA EMBEBIDO BASADO
EN GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS PARA
MITIGAR LOS ROBOS DE VEHÍCULOS
AUTOMOTRICES, LIMA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERA ELECTRÓNICO

Forma: Artículo científico

Autores:

Andrea Nicole Yep Li
Karla Daniela Sanchez Rodriguez

Asesor:

Mg. Ing. Neicer Campos Vasquez
<https://orcid.org/0000-0003-1508-6575>

Lima - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	MARITZA RAQUEL CABANA CACERES
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	EDUARDO MARTIN REYES RODRIGUEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	NEICER CAMPOS VASQUEZ
	Nombre y Apellidos

INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 41 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega tm:oid::1:3016374129




16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A nuestros padres y familiares, cuyo amor incondicional y apoyo han sido el pilar fundamental desde el inicio de nuestras vidas.

A nuestros amigos, quienes han sido fuente inagotable de ánimo y motivación, iluminando nuestro camino con risas y palabras alentadoras.

A nuestros queridos docentes, cuya dedicación y enseñanzas han sido la base sobre la cual construimos nuestro camino profesional desde los primeros días de educación.

A nosotras mismas, por el mutuo respaldo, el esfuerzo conjunto y la dedicación plena que hemos brindado a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, el Ingeniero Magíster Neicer Campos-Vasquez, por brindarnos orientación valiosa durante la realización de este artículo científico.

A nuestro asesor del curso de tesis, el Ingeniero Magíster Carlos Rodríguez, por compartir generosamente su vasto conocimiento y brindarnos orientación durante la realización de este trabajo.

A todos los profesores que contribuyeron a nuestra formación académica, con especial gratitud al Ingeniero Edward Sanchez, quien generosamente dedicó parte de su tiempo para guiarnos en los primeros pasos de esta investigación.

A la Universidad Privada del Norte, por proporcionarnos un entorno propicio para el desarrollo de nuestras habilidades y por ser la plataforma desde la cual despegamos hacia el mundo profesional.

A nuestros padres y familiares, por su apoyo incondicional, comprensión y aliento constante, que nos impulsaron a superar cualquier obstáculo.

A nuestros amigos, cuya amistad nos ha acompañado en las altas y bajas de esta travesía, siendo un pilar emocional fundamental.

A nosotras mismas, como compañeras, por el inquebrantable soporte mutuo, el esfuerzo conjunto, el compromiso compartido y las noches de estudio que fortalecieron nuestra amistad y enriquecieron nuestra experiencia académica.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	17
CAPÍTULO III: RESULTADOS	20
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño Típico de un Sistema Embebido	14
Figura 2: Diagrama de Flujo del proceso	18
Figura 3: Señal de salida del HX711 a los 0.00 kg	22
Figura 4: Señal de salida del HX711 a los 2.00 kg	22
Figura 5: Señal de salida del HX711 a los 5.00 kg	23
Figura 6: Esquemático del sistema de galgas para el sistema embebido para la detección de personas	23
Figura 7: Esquemático del sistema GPS para el sistema embebido para la detección de personas	24
Figura 8: Interfaz de celular. (a) Encendido y Apagado del sistema de alarma. (b) Mensaje de alerta. (c) Ubicación del vehículo	25
Figura 9: Esquemático del sistema SIM para el sistema embebido para la detección de personas.....	25
Figura 10: Diagrama de flujo del proceso del sistema embebido.....	26
Figura 11: Esquemático del sistema embebido para la detección de personas	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes del sistema embebido.	20
Tabla 2: Características de componentes.	21
Tabla 3: Activación del siguiente paso del sistema.	23
Tabla 4: Activación del siguiente paso del sistema.	24

RESUMEN

De octubre a diciembre de 2023 hubo un alza de 19,8 % en robos de vehículos, alcanzando 2025 denuncias, comparadas con el mismo periodo del 2022, según reporte del INEI. Esto representa una gran dificultad para los afectados y autoridades en recuperarlos. Se desarrolló un sistema Embebido basado en galgas extensiométricas para la mitigación de robos automotrices en Lima, el cual enviara una alarma hacia una interfaz celular en el momento que detecte peso en el asiento del piloto. Para esto, se determinaron los requisitos del sistema Embebido, se diseñó el sistema electrónico, se programó el microcontrolador y se implementó tanto en un simulador como en físico para las pruebas. Para las pruebas, se utilizaron simuladores, un microcontrolador Arduino UNO, módulo GPS NEO-6M, módulo SIM900D, convertidor HX711, puente de galgas extensiométricas, resistencias, condensadores, transistores y una tarjeta SIM. Los resultados demostraron una efectividad superior al 98%, con un tiempo de respuesta optima, lo cual demuestra que el proyecto se puede implementar a gran escala. En un futuro se espera patentar el diseño del sistema embebido.

PALABRAS CLAVES: Sistema embebido, sistema de seguridad vehicular, microcontrolador, galgas extensiométricas.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La delincuencia y la criminalidad son problemas que aquejan a la mayoría de los peruanos, puesto que a diario gran parte de la población sufre algún acto de este tipo. Según [1], las estadísticas de la criminalidad revelan que una de las problemáticas más importantes a las que se enfrentan los peruanos es la inseguridad ciudadana, la cual afecta el derecho que todo individuo tiene a la vida, a la libertad y a la seguridad. Según el [2], “en el año 2020, el 23,4% de la población de 15 y más años de edad del área urbana del país, manifestó haber sido víctima de algún hecho delictivo que atentó contra su seguridad durante los últimos doce meses previos al día en que fueron entrevistados”.

Posteriormente, en el estudio realizado por el INEI, el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el 2022 “Perú: Anuario Estadístico de la Criminalidad y Seguridad Ciudadana, 2017 - 2021” [3], se muestra un desglose detallado de las denuncias policiales, donde 247,672 fueron “delitos contra el patrimonio”.

Además, en [4], se observa que, en el año 2022, solo en el distrito de Lima fueron registrados 17,153 delitos, de los cuales 12,296 son denominados delitos contra el patrimonio, representando un 71.68% del total.

Por otro lado, en [1], indica que entre octubre y diciembre de 2023 hubo un alza de 19,8 % en robos de vehículos, alcanzando 2025 denuncias, comparadas con el mismo periodo del 2022.

Dentro de los crímenes cometidos contra el patrimonio, se encuentran el hurto y el robo o asalto. Es importante resaltar la diferencia que existe entre ellos, ya que en el Código Penal del Perú [5], son condenados por separado. En el mismo, el hurto es definido como “la acción de apoderarse ilegítimamente de un bien mueble total o parcialmente ajeno, para

aprovecharse de él, sustrayéndolo del lugar en que se encuentra”. Por otro lado, en el robo o asalto se “emplea la violencia contra la persona o se le amenaza con un peligro inminente para su vida o integridad física”.

A su vez, en [6], se define el hurto y robo de vehículos como:

La apropiación ilícita de un bien mueble, total o parcialmente ajeno, sustrayéndolo de forma abrupta o sin conocimiento del propietario; abarca tanto el robo o hurto de vehículos tales como: Auto, camioneta, camión, mototaxi, motocicleta, bicicleta, etc., asimismo, se toma en cuenta el robo de autopartes y accesorios del vehículo automotor (faros, parrillas, capot, llantas, aros, parachoques, puertas, equipo de música, etc.). Además de los hechos mencionados, se consideran también los que no lograron ser consumados (intentos).

Es digno de mención, que sea cual sea el crimen cometido, muchos de ellos no son denunciados, por lo que, es posible que ciudadanos hayan sido víctimas de estos crímenes, y no estén registrados en las estadísticas.

Con el rápido aumento del robo de automóviles, muchos propietarios instalan sistemas de seguridad en sus vehículos. Cada sistema utilizado cuenta con tecnologías como alarmas, detectores de movimiento y una contraseña para evitar robos. Sin embargo, el robo de vehículos sigue siendo un problema persistente debido a la diversidad de métodos utilizados por los ladrones. Este fenómeno ha tenido un impacto adverso en la sociedad. [7]

En los últimos 200 años, la invención de los automóviles ha sido una de las más significativas para la humanidad. A partir de ello, han ido evolucionando cada día, volviéndose cada vez más populares y una necesidad para la población, causando también una preocupación por la seguridad de este y los ocupantes. Es por esto, que continuamente se realizan estudios e

investigaciones enfocados en la búsqueda de la seguridad para el vehículo y sus usuarios, con la finalidad de evitar hurtos y robos.

Es por lo que se planteó el diseño de un sistema embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos.

En este trabajo de investigación se realizaron las revisiones de los antecedentes sobre el tema en mención. Se encontró que no existen aplicaciones de sistemas embebidos para la detección de personas en asientos de vehículos a base de galgas extensiométricas que pudieran ser utilizadas en sistemas de seguridad.

Asimismo, es importante mencionar que las galgas “son transductores pasivos, que, aplicados sobre un espécimen, permiten medir la fuerza ejercida sobre él a partir de la deformación resultante” [8]. A partir de los usos de las galgas extensiométricas que se le han dado en sistemas de control durante los últimos 5 años, y aplicando su principio de funcionamiento, se identificó la mejor manera de implementarlas en el diseño del sistema embebido.

Un sistema embebido es aquel conjunto de dispositivos conectados para realizar una tarea específica. Según Pérez [9], un sistema embebido tiene 3 partes fundamentales: Hardware, aplicación principal, y el sistema operativo de supervisión.

Asimismo, Salas Arriarán [10] nos indica que “los sistemas embebidos no son equivalentes a los sistemas de cómputo usados en las laptops o en computadoras de escritorio [...], ya que los sistemas embebidos suelen tener recursos limitados y aplicaciones específicas”.

Al respecto, Pérez [9] señala que un sistema embebido es diseñado bajo 3 restricciones pequeña cantidad de memoria, limitada capacidad de procesamiento y necesidad de limitar el consumo de energía

Es por lo que los sistemas embebidos ejecutan programas especializados y repetitivos, tienen poco costo energético y logran procesar datos en tiempo real. Por lo expuesto, los sistemas embebidos son altamente eficaces y confiables en aplicaciones específicas, pero tienen un gran déficit en el multitasking.

El diseño del hardware de un sistema embebido es fundamental para su funcionamiento. Este diseño define la especialización del sistema en una tarea.

La arquitectura de los sistemas embebidos suele considerar los siguientes aspectos, según se describe en [11] y se muestra en la Fig. 1.

1. El procesador es el encargado de procesar las señales de entrada y salida con las que cuenta el sistema. Es determinado por su velocidad, aplicación, entre otros.
2. La interfaz I/O es la encargada de conectar al procesador con el mundo real mediante los sensores y actuadores.
3. El convertidor AD/DA convierte la señal de analógica a digital, y viceversa, para lograr el acondicionamiento de las señales que se transmiten dentro del sistema.
4. La memoria RAM es una memoria que solo almacena datos cuando es alimentada por corriente eléctrica.
5. La memoria ROM es una memoria que, al no ser volátil, es utilizada para almacenar subrutinas para funciones de frecuente uso. [9].
6. El DMA se refiere a la capacidad del dispositivo de reducir el uso del procesador mediante el movimiento directo de paquetes a la memoria del sistema. [12].

7. ASIC (por sus siglas en inglés, “Application Specific Integrated Circuits) son un tipo de integrados construidos para una aplicación en específico. Son fundamentales para mejorar la velocidad y fiabilidad del sistema. [13]

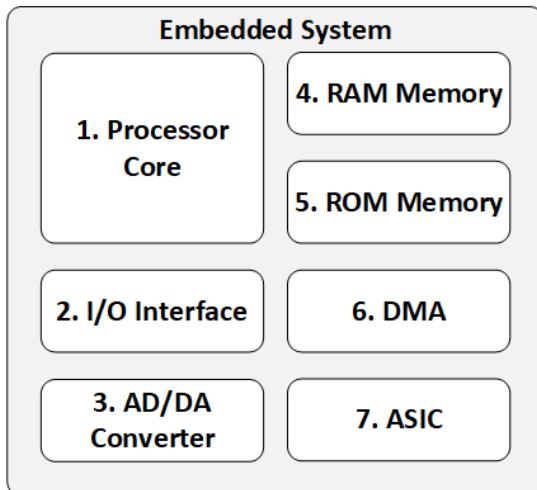


Figura 1: Diseño Típico de un Sistema Embebido

Sistema de Seguridad Antirrobo para vehículos

Según [14], para el robo exitoso de un automóvil solo bastan 15 segundos. Por esta razón, es necesario tomar medidas de seguridad para evitar los robos. Algunas de estas son: Evitar estacionarse en vía pública entre las 8pm y 10pm de jueves a sábado, pues es el horario en que más se registran los robos; contar con un seguro vehicular con cobertura de robos; y adquirir sistemas de seguridad antirrobo.

Los sistemas de seguridad antirrobo evitan los robos de manera oportuna, generando mayor seguridad para los propietarios de vehículos gracias a los nuevos avances tecnológicos [15].

En [16] se indican algunos de los sistemas antirrobo más importantes utilizados en la actualidad:

1. Inmovilizador del motor. Se utiliza una llave inteligente que envía una señal eléctrica al vehículo para permitir el encendido del motor.
2. Sistemas de seguridad mecánicos. Hace referencia a objetos físicos que se colocan en el interior o exterior del automóvil para dificultar su robo. Entre estos sistemas podemos encontrar las barras antirrobo en el volante, cepo para las ruedas, bloqueador de freno de mano y barra de cambios, y bloqueador de los pedales.
3. Interruptor de corriente. Consiste en un interruptor al interior del vehículo que corta la corriente hacia el motor. Mientras que no se active dicho interruptor, el auto no encenderá.
4. Sistemas de rastreo y geolocalización. Este sistema no evita el robo, pero ubica el vehículo mediante el rastreo por GPS, lo que permite visualizar en tiempo real la posición de este.
5. Tuercas de seguridad. Consiste en pernos únicos con un patrón especial que pueden ser colocados y retirados con una única llave, lo que dificulta el robo de los neumáticos del vehículo.
6. Láminas de seguridad. Consiste en adherir una lámina especial a las ventanas y, así, incrementar la resistencia de este ante posibles golpes y astillamientos del vidrio.

Asimismo, existen varios tipos de alarmas que se pueden encontrar en el mercado, tal como se explica en [17]. Estos son:

1. Sistema de alarma GPS. Rastrea la ubicación exacta del vehículo y envía dicho dato al propietario y a la policía, dependiendo de la configuración. Estos dispositivos funcionan dentro de la cobertura GSM y es posible instalarlos en cualquier tipo de automóvil.

2. Sistema de alarma básica. Emite una alerta sonora cuando alguien intenta forzar el vehículo o percibe un movimiento brusco.
3. Sistema de alarma inmovilizador. Bloquea algunas de las funciones del vehículo, impidiendo el encendido o movimiento. Es considerado uno de los sistemas más fiables, pues se pueden activar y desactivar desde un ordenador, llamada de teléfono o mensaje de texto.
4. Alarma unidireccional. Solo permite la comunicación en un solo sentido.
5. Alarma bidireccional. Permite el envío de datos entre la alarma y otros dispositivos externos. Existen alarmas que incluso permiten escuchar las conversaciones que se producen dentro de un vehículo.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Materiales

Dentro de los materiales utilizados en el diseño del sistema embebido se empleó el software Proteus Design Suite, el cual combina la facilidad de uso con un potente conjunto de características para permitir el rápido diseño, prueba y disposición de placas de circuito impreso profesionales [18]. Es utilizado para el desarrollo de los esquemas PCB, simulaciones de circuitos e IoT Builder. En el presente estudio, se aplicó el software Proteus para la simulación virtual del sistema embebido. Además, se utilizó una placa del microcontrolador de un Arduino UNO, la cual está basada en ATmega328P (datasheet). Este tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio [19]. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente se conecta a una computadora con un cable USB o se enciende con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar. Finalmente, se empleó un módulo GPS para Arduino. Este Sistema de Posicionamiento Global (GPS) utiliza las señales enviadas por los satélites en las estaciones espaciales y terrestres de la Tierra para determinar con precisión su posición en la Tierra [20]. En el caso de este diseño fue seleccionado el módulo receptor GPS NEO-6M, el cual “utiliza la comunicación USART para comunicarse con el microcontrolador o terminal de PC, y recibe información como la latitud, longitud, altitud, hora UTC, etc. de los satélites en forma de cadena NMEA” [20].

Método

Procedimiento de recolección de datos

En la Fig. 2 se muestra el diagrama flujo del sistema embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos.

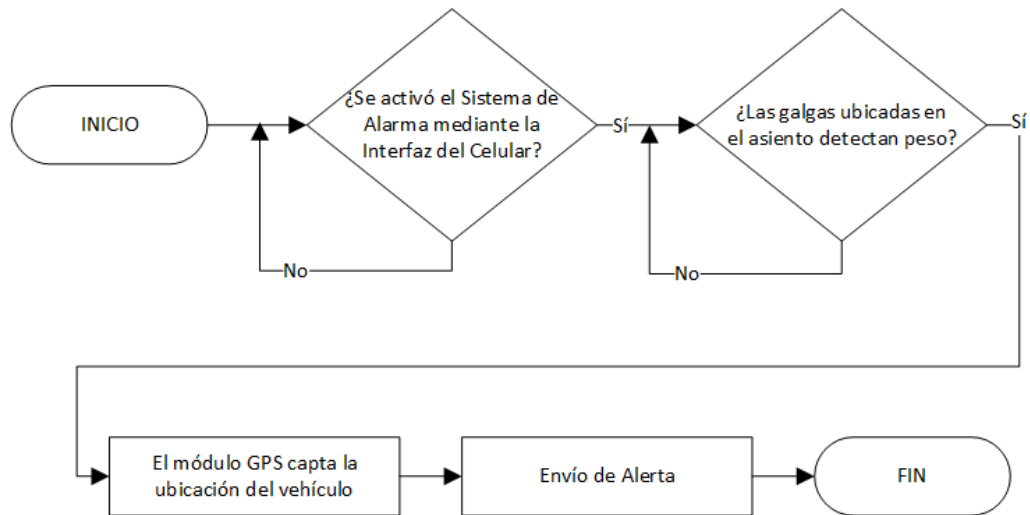


Figura 2: Diagrama de Flujo del proceso

Para recolectar los datos y validar de la eficiencia del sistema embebido para la detección de personas en sistemas de seguridad antirrobo de vehículos automotrices se desarrolló lo siguiente:

Primero, se realizó el diseño del sistema embebido para la detección de personas en sistemas de seguridad antirrobo de vehículos automotrices. Posteriormente, se implementó el diseño en el software Proteus. Esto para validar el correcto diseño del sistema. Seguidamente, se elaboraron las modificaciones necesarias al diseño para un funcionamiento óptimo del sistema embebido para la detección de personas en sistemas de seguridad antirrobo de vehículos automotrices. Luego, se corrió la simulación virtual en el software Proteus. En total se corrió la simulación 10 veces. Después, se implementó la simulación física del sistema y se realizaron 40 pruebas en este.

Finalmente, se procedió a analizar los resultados de las pruebas.

Análisis de Datos

Antes de proceder con el análisis, se ordenaron todos los datos obtenidos de las pruebas utilizando el software Microsoft Excel. Posteriormente, se aplicó el método de análisis descriptivo de tipo cuantitativo, en el que se realizaron gráficos que muestran de manera resumida los resultados obtenidos para mayor organización y comprensión de las pruebas.

Seguidamente, se realizó una comparación de los resultados obtenidos con los objetivos planteados, y se determinó la coherencia entre ambos. Además, se verificó la eficacia del diseño calculando el porcentaje de detección de personas con la siguiente fórmula:

$$Eficacia = \frac{\text{Personas detectadas}}{\text{Número de pruebas ejecuradas}} \times 100\% \quad (1)$$

Finalmente, se presentaron los resultados considerando la alineación con los objetivos establecidos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Análisis e Interpretación de los Resultados que se obtuvo Determinando los requisitos del diseño del sistema.

El diseño del sistema embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos se implementó en el software Proteus. En dicho programa, se comprobó que el diseño planteado funcionara de manera virtual según los requisitos del proyecto. Estos son:

1. Detección de peso en el arreglo de galgas
2. Recepción de la posición global del circuito
3. Envío de alerta cuando el sistema de alarma se active

El sistema empieza a funcionar en el momento en el que se realiza la instalación y el mismo es alimentado. El módulo GPS se mantiene recibiendo la ubicación mientras el sistema esté funcionando. Luego, el circuito valida que el arreglo de galgas se ha deformado, lo que significa que existe una persona apoyada o sentada en el asiento del conductor. Seguidamente, si la validación ha sido correcta, se envía una alerta a la interfaz del celular con la posición actual del vehículo, alertando al dueño de un posible robo vehicular.

Componentes del Sistema

El sistema embebido para la detección de personas en vehículos automotrices se desarrolló con los componentes enlistados en la TABLE I. .

Tabla 1: Componentes del sistema embebido.

Cantidad	Componente
1	Arduino UNO
1	Módulo GPS NEO-6M
1	HX711
1	Puente de Galgas extensiométricas
1	Módulo SIM900D
2	Resistencias

Cantidad	Componente
2	Condensadores
1	Transistor NPN
1	SIM
1	Fuente de alimentación

Requerimientos del Sistema

Para el correcto funcionamiento del sistema y sus componentes, se tomaron en cuenta las características enlistadas en TABLE II. .

Tabla 2: Características de componentes.

Componente	Característica	Valor
Arduino UNO	Alimentación	7 - 12V
	Corriente	410 mA
	Pines I/O	14
	Pines salida	6
	Memoria flash	32 K
Módulo GPS NEO-6M	Alimentación	3 .3V
	Corriente	2 0 - 50 mA
Celda de Carga extensiométrica	Resistencia	3 50 Ohms
	Sensibilidad (mV/V)	2
HX711	Alimentación	2 .6 – 5.5V
	Resolución	2 4 bits
	Corriente	1 – 2 mA

Análisis e Interpretación de los Resultados que se obtuvo en el Diseño del Sistema embebido y la programación.

En el diseño del circuito, se utilizó el microcontrolador Arduino UNO, que permite programar los distintos módulos necesarios para el desarrollo del sistema embebido.

El circuito consta de tres sistemas independientes trabajando en conjunto: Sistema de galgas, Sistema GPS y Sistema SIM. Cada sistema fue diseñado y simulado por separado

antes de la integración final. Para esto, se inició diseñando y programando cada sistema independiente del sistema embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos.

Sistema de galgas

El sistema de galgas se desarrolló tomando en cuenta la información que estas pueden proporcionar y las necesidades del sistema embebido final. Para su integración con el Arduino, se decidió utilizar un módulo HX711, encargado de amplificar y transmitir la lectura de las celdas de carga al microcontrolador, permitiendo que sea confiable y precisa.

En Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 se muestran las lecturas de salida del módulo HX711 en los distintos pesos simulados en el software Proteus.

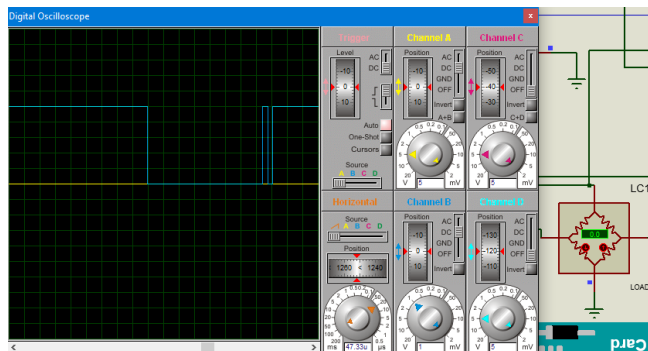


Figura 3: Señal de salida del HX711 a los 0.00 kg

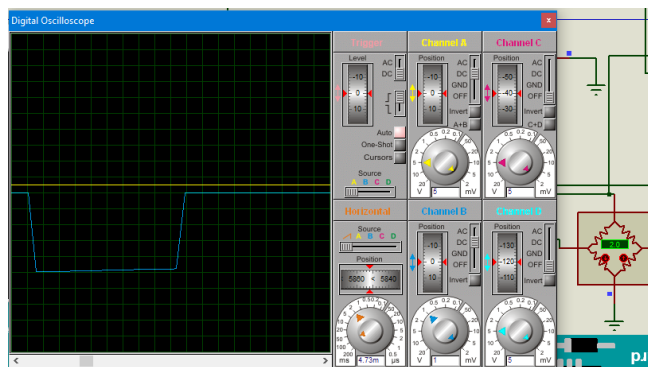


Figura 4: Señal de salida del HX711 a los 2.00 kg

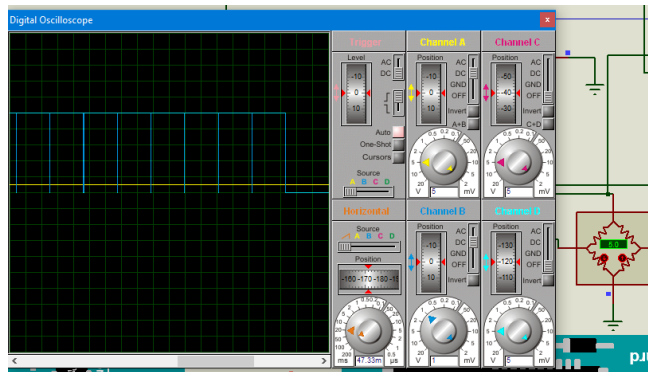


Figura 5: Señal de salida del HX711 a los 5.00 kg

En la TABLE III. , se describe las acciones que el sistema realiza con los datos obtenidos en las lecturas del sistema de galgas.

Tabla 3: Activación del siguiente paso del sistema.

Peso detectado en el sistema de galgas	Activación del sistema GPS
Sí	Sí
No	No

A continuación, en la Fig. 6 se muestra el diseño del sistema de GPS del sistema embebido en Proteus.

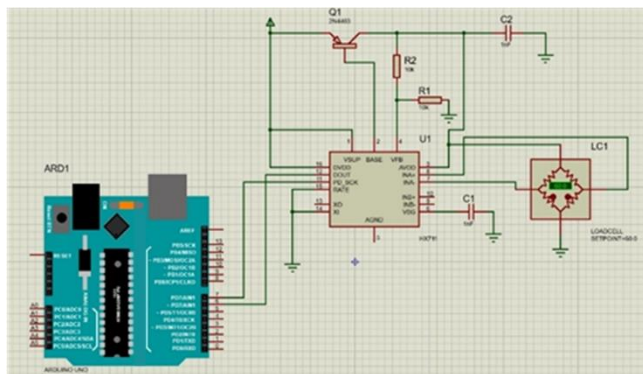


Figura 6: Esquemático del sistema de galgas para el sistema embebido para la detección de personas

Sistema de GPS

El sistema de GPS se diseñó utilizando el módulo receptor GPS NEO-6M, el cual permite recibir latitud, longitud, fecha, hora, etc. de la posición actual del módulo.

En la TABLE IV., se describe las acciones que el sistema realiza con los datos obtenidos en las lecturas del módulo GPS.

Tabla 4: Activación del siguiente paso del sistema.

Activación del sistema de galgas	Envío de la ubicación del automóvil tomada del GPS
Sí	Sí
No	No

A continuación, en la Fig. 7 se muestra el diseño del sistema de GPS del sistema embebido en Proteus.

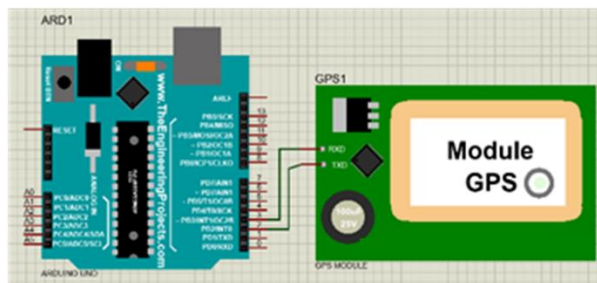


Figura 7: Esquemático del sistema GPS para el sistema embebido para la detección de personas

Sistema de Alarma/SIM

El Sistema de Alarma se diseñó utilizando el módulo transmisor SIM900D, el cual permite enviar y recibir desde un chip SIM información. Este sistema se activará siempre y cuando el sistema GPS validó movimiento del vehículo y el sistema de galgas haya detectado peso mayor a 0 kg.

El sistema de alarma se controla desde una interfaz, que tiene dos funciones: encender y apagar la alarma, y emitir la alarma cuando el sistema esté activado. En la Fig. 8 se muestra la interfaz de celular desarrollado para el sistema.

Cuando el sistema está encendido, se podrá revisar la ubicación del vehículo en cualquier momento (Ver Fig. 8. (a)). Cuando el sistema detecte un peso sospechoso y la alarma se active, se mostrarán tres acciones: aceptar y descartar la alarma, mostrar la

ubicación del vehículo, y llamar a emergencias (Ver Fig. 8. (b)). Si se decide ver la ubicación del vehículo, se muestra un mapa señalizado con la ubicación de este (Ver Fig. 8. (c)).

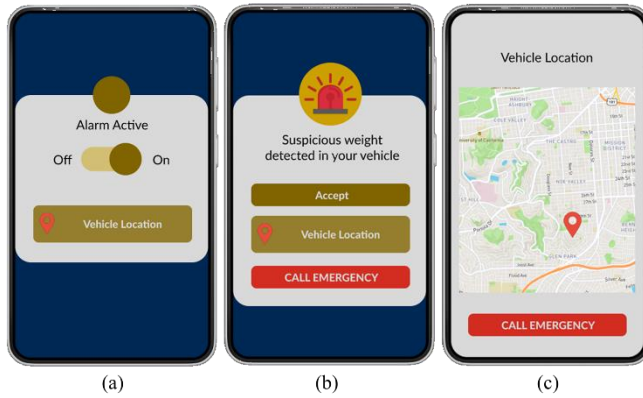


Figura 8: Interfaz de celular. (a) Encendido y Apagado del sistema de alarma. (b) Mensaje de alerta. (c) Ubicación del vehículo

A continuación, en la Fig. 9 se muestra el diseño del sistema SIM del sistema embebido en Proteus.

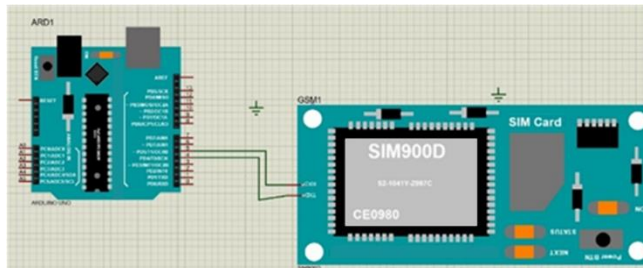


Figura 9: Esquemático del sistema SIM para el sistema embebido para la detección de personas.

Análisis e Interpretación de los Resultados que se obtuvo en la Integración del Sistema embebido.

Luego de validar el funcionamiento de cada sistema por separado, se procedió a la integración del sistema embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos.

Para lograr la integración del sistema, se inició desarrollando el paso a paso del proceso que desarrolla el sistema embebido. La Fig. 10 esquematiza el flujo de trabajo que realiza el sistema embebido integrado para la activación de la alarma.

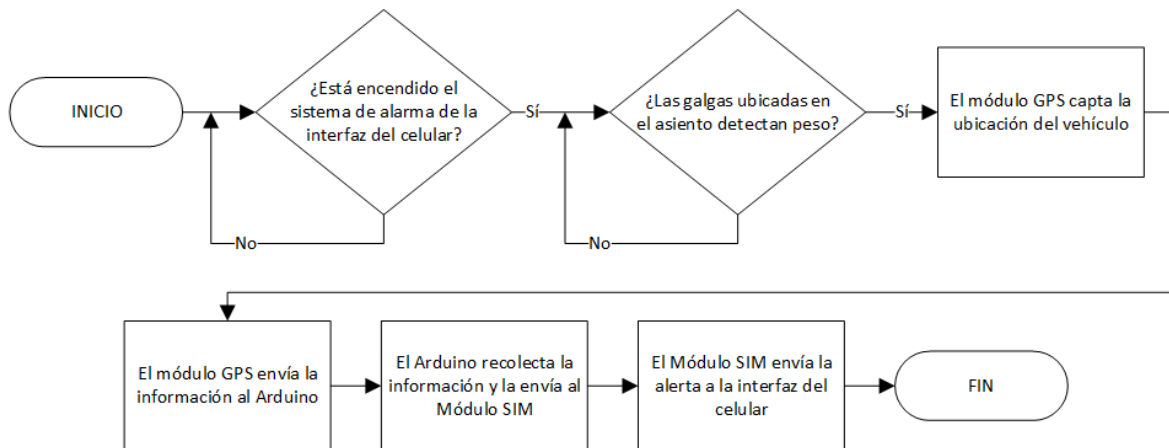


Figura 10: Diagrama de flujo del proceso del sistema embebido.

A continuación, en la Fig. 11 se muestra el circuito electrónico integrado y simulado en Proteus.

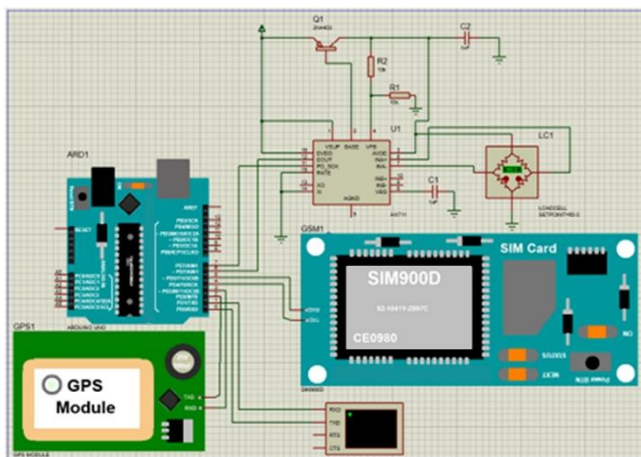


Figura 11: Esquemático del sistema embebido para la detección de personas

Análisis e Interpretación de los Resultados que se obtuvo en la Validación del Diseño del Sistema embebido.

El diseño implementado en el software Proteus fue simulado en varias ocasiones. En dichas corridas se validó que el sistema funcione correctamente siguiendo los siguientes criterios:

1. El microcontrolador Arduino detecta la variación de resistencia de la galga a través del módulo HX711.
2. El microcontrolador Arduino es capaz de recibir la ubicación detectada por el módulo GPS NEO-6M.
3. El microcontrolador Arduino integra de manera eficiente los datos proporcionados por el módulo GPS NEO-6M en un mensaje de alerta comprensible para el usuario y lo envía al módulo SIM 900D.
4. El módulo SIM 900D envía el mensaje proporcionado por el microcontrolador Arduino al terminal virtual, que en la simulación realiza la función de teléfono receptor.

Luego de comprobar el correcto funcionamiento en la simulación virtual, se procedió a implementar el circuito en un protoboard, donde se realizó la simulación física. En dicha simulación se realizaron 40 pruebas.

Durante las pruebas de funcionamiento, se corroboró el correcto funcionamiento de cada uno de los sistemas independientes (sistema de galgas, sistema GPS y sistema SIM). Asimismo, se comprobó el funcionamiento en conjunto del sistema embebido, validando que cumpla con el flujo de trabajo planteado en la Fig. 10. Dichas pruebas fueron superadas con éxito. Por tanto, se corrobora que el sistema embebido superó la validación de funcionamiento en la simulación virtual y física, validando el diseño del sistema embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

El diseño del Sistema Embebido basado en galgas extensiométricas para reducir los robos de vehículos se desarrolló con éxito, sin embargo, durante la ejecución de este se presentaron diferentes retos.

Primero, investigar que elemento podían funcionar con el microcontrolador seleccionado que fue el Arduino UNO. Luego hallar sus características, precios y donde se conseguían en el mercado. Posteriormente, realizar el diseño esquemático en Proteus, y paralelamente el código en el microcontrolador. Este último paso fue el más complicado, ya que se requiere ciertos parámetros que al ser una simulación virtual no se podían obtener en la realidad, como ejemplo tenemos, la ubicación que se obtiene del módulo GPS y el envío de la alerta a un celular con la interfaz. Estos dos puntos solo se pueden obtener con una simulación física.

Por los inconvenientes presentados, se procedió a elaborar un código que al ser grabado en un Arduino UNO en físico funcionase con normalidad, pero que en el programa Proteus nos brindara ubicaciones aleatorias que estuvieran focalizadas en Lima, de manera que no interfiera con la realidad. Además, se utilizó el terminal serial del mismo software, para que se reflejase la alerta y la ubicación, como modelo del mensaje de texto que sería enviado a un teléfono celular, en una simulación física.

Finalmente, se realizó la corrida del programa varias veces obteniendo siempre buenos resultados en las simulaciones. Esto nos brinda la seguridad del que proyecto se puede implementar de manera física, dando pie a continuar con la simulación física del sistema.

Para esto, el sistema embebido se implementó utilizando la misma metodología que en la simulación virtual. Empezando por la implementación de cada sistema por separado en el protoboard, asegurándose del correcto funcionamiento. Luego, se probó el sistema en conjunto, respondiendo con gran éxito.

Durante nuestro proceso de investigación evaluamos diferentes artículos y tesis para el diseño de este sistema. Es importante mencionar que, aunque los siguientes investigadores diseñaron sistemas embebidos utilizando microcontroladores, no se halló ninguno que emplearan galgas extensiométricas y GPS a la vez en sistemas de seguridad para automóviles.

Sin embargo, se encontraron investigaciones donde desarrollaron sistemas de seguridad antirrobo para vehículos con objetivos alineados a la presente investigación.

A modo de ejemplo, tenemos a Lin et al [21], quienes desarrollaron un sistema de seguridad para autos basado en Internet + GPS, conectando el sistema de monitoreo del vehículo con la aplicación WeChat. Otro ejemplo es Lv et al [22], quienes diseñaron un sistema de seguridad antirrobo para un vehículo basado en un detector de huella dactilar y el Internet de las Cosas. Asimismo, Subektu et al [23] realizaron un sistema de seguridad antirrobo donde usaban un Arduino UNO como microcontrolador y un sensor de presencia. Además, Castilla et al [24] optaron por desarrollar un sistema de detección y monitoreo de infantes dentro de un vehículo por medio de sensores de temperatura y oxígeno.

En las investigaciones analizadas desarrollaron sistemas de control utilizando galgas extensiométricas para la captura de datos. Un ejemplo de esto es Correa Hernández [25], quien utilizó estos dispositivos adheridos a los cardanes para medir el torque generado por equipos rotodinámicos y luego enviar esos datos a múltiples dispositivos por medio del

protocolo de comunicación del internet de las cosas. De igual modo, Valeev et al [26] aplicaron las galgas extensiométricas y el control de pulsos para localizar defectos en máquinas multirrotores. También Bohórquez & Ushiña [27] desarrollaron una prensadora de quesos semiautomática, donde las galgas extensiométricas fueron utilizadas para controlar la fuerza ejercida por la máquina en el momento de prensar el queso. Igualmente, Sacoto & Zaruma [28], implementaron un sistema de control mediante galgas extensiométricas para el monitoreo de deformaciones verticales en vigas metálicas de un puente ubicado sobre el río Machángara, en Cuenca, Ecuador. De la misma manera, Adarsh et al [29], desarrollaron un control de respuestas sísmicas de estructuras utilizando galgas extensiométricas basándose en un modelo de edificio de 4 pisos, concluyendo en un algoritmo altamente efectivo para el control de las respuestas sísmicas de las estructuras. Por último, Soto [30], quien diseñó un sistema de dosificación de alimento, donde usó un controlador que recibía señales de galgas extensiométricas, y dependiendo de su configuración se enviaban determinadas señales a los actuadores.

CONCLUSIONES

En las pruebas realizadas se comprobó que el diseño del sistema funciona correctamente. Estas pruebas se realizaron en simuladores y en dispositivos físicos. Para determinar los requisitos del diseño se realizó una investigación previa donde se reconocieron las necesidades que debía cumplir el diseño en base a los objetivos. Se diseñó el sistema electrónico y se programó para la detección de personas en sistemas de seguridad antirrobo en vehículos automotrices. Se utilizó un software de simulación para el diseño electrónico y el IDE de Arduino para la programación del sistema de control. Se integró el sistema embebido para la detección de personas mediante una simulación, donde se combinaron el sistema de localización GPS, el sistema de envío de alertas, y el sistema de

Diseño de un sistema Embebido basado en galgas extensiométricas para mitigar los robos de vehículos automotrices, Lima 2023

detección de peso por galgas extensiométricas. Se realizaron pruebas en la simulación virtual para comprobar el correcto diseño y comunicación entre todos los componentes del sistema. Se implementó dicho sistema en una simulación física, donde los resultados en las simulaciones virtuales fueron corroborados. La efectividad en los tiempos de respuesta alcanzó un 98%, lo que representa un resultado óptimo e indica que puede ser reproducido a mayor escala.

REFERENCIAS

- [1] P. A. Altamirano *et al.*, “Estadísticas de la Criminalidad, Seguridad Ciudadana y Violencia. Una visión desde los registros administrativos. Octubre-Diciembre 2023”, Accessed: Feb. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/25444-que-es-un-delito-y-cuales-son-sus-factores>.
- [2] INEI, “Victimización en el Perú 2010-2020 Principales Resultados,” p. 51, 2021, Accessed: Jun. 09, 2023. [Online]. Available: www.inei.gob.pe
- [3] D. C. Bonett *et al.*, “Perú: Anuario Estadístico de la Criminalidad y Seguridad Ciudadana, 2017 - 2021,” 2022.
- [4] INEI, “Criminalidad módulo de ciudadanos.” Accessed: Jun. 09, 2023. [Online]. Available: <https://datakrim.inei.gob.pe/ciudadano/#>
- [5] Ministerio de Justicia, “CODIGO PENAL DECRETO LEGISLATIVO N° 635,” 2018.
- [6] INEI, “Instituto Nacional de Estadística e Informática.” Accessed: Jun. 09, 2023. [Online]. Available: <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/vehicle-theft/>
- [7] S. Nairouz, R. Dashti, Z. B. Abbas, A. Alajmi, H. Almutairi, and M. Rashdan, “Vehicle Anti-Theft Security System with GPS Tracking and Remote Engine Locking,” in *2023 5th International Conference on Bio-engineering for Smart Technologies (BioSMART)*, 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/BioSMART58455.2023.10162051.
- [8] E. Alzate, J. Montes, and C. Silva, “Medidores de deformación por resistencia: galgas extensiométricas,” *Scientia Et Technica*, vol. XIII, pp. 7–12, 2007, Accessed: Jan. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934002>
- [9] D. Pérez, “Sistemas Embebidos y Sistemas Operativos Embebidos,” Oct. 2009.
- [10] S. Salas Arriarán, “Capítulo 1. Conceptos básicos,” in *Todo sobre sistemas embebidos. Arquitectura, programación y diseño de aplicaciones prácticas con el PIC18F*, D. Félix, Ed., 2015. doi: 10.19083/978-612-318-033-1.
- [11] R. Camposano and J. Wilberg, “Embedded system design,” *Design Automation for Embedded Systems*, vol. 1, no. 1–2, pp. 5–50, 1996, doi: 10.1007/BF00134682/METRICS.
- [12] Intel LA, “Acceso directo a memoria (DMA) Coalescing,” 2019. Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000007456/ethernet-products.html>
- [13] A. Nath, “Application Specific Integrated Circuit (ASIC) in Embedded Systems.” Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: <https://chippedge.com/asic-in-embedded-systems/>

- [14] América Noticias, “Robo de autos: ¿Cuándo, dónde y a qué hora se dan estos siniestros? - América Noticias.” Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.americatv.com.pe/noticias/util-e-interesante/robo-autos-cuando-donde-y-que-hora-se-dan-estos-siniestros-n284501>
- [15] C. Cárdenas and D. Villacrés, “Diseño e Implementación de un Sistema de Seguridad Antirrobo por Inmovilización del Motor mediante Corte de Combustible y Señal de Alerta por Llamada de Voz a Dispositivo Móvil, complementado con Señal de ubicación del Vehículo por GPS,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2021. Accessed: Feb. 09, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21189/1/UPS-CT009311.pdf>
- [16] Dercocenter, “Noticias | Conoce los sistemas de seguridad antirrobo para autos | Dercocenter.” Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.dercocenter.cl/noticias/conoce-los-sistemas-de-seguridad-antirrobo-para-autos>
- [17] canalMOTOR, “Tipos y sistemas de alarmas para coches - canalMOTOR.” Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.motor.mapfre.es/accesorios/noticias-accesorios/tipos-alarma-coche/>
- [18] Labcenter Electronics Ltd., “PCB Design and Circuit Simulator Software - Proteus.” Accessed: Feb. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.labcenter.com/>
- [19] Arduino, “Arduino Uno Rev3 — Arduino Online Shop.” Accessed: Aug. 15, 2023. [Online]. Available: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>
- [20] DescubreArduino, “Módulo GPS e Interfaz con Arduino UNO | Descubrearduino.com.” Accessed: Aug. 15, 2023. [Online]. Available: <https://descubrearduino.com/modulo-gps/>
- [21] L. Lin, W. Xinghao, Z. Yongxin, and Q. Jifan, “A Car Security System Based on Internet +GPS,” *2019 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data, ICAIBD 2019*, pp. 291–294, May 2019, doi: 10.1109/ICAIBD.2019.8836969.
- [22] S. Lv, L. Wu, Z. Li, Q. Xu, and X. Zhou, “Intelligent Car Security System Based on Fingerprint Identification and Internet of Things,” *Proceedings - 2021 IEEE 13th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks, CICN 2021*, pp. 183–187, Sep. 2021, doi: 10.1109/CICN51697.2021.9574696.
- [23] Z. M. Subekti, S. Suhadi, R. Ramdani, A. Suroso, R. B. Agung, and M. Surur, “Internet of Things-based Early Warning Car Theft Security System Using Smartphones,” *2021 6th International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2021*, 2021, doi: 10.1109/ICIC54025.2021.9632901.
- [24] J. S. R. Castilla, A. Trueba-Espinosa, and J. H. Santiago, “Seguridad infantil en el interior de automóviles usando un sistema en tiempo real,” *Res. Comput. Sci.*, vol. 151, pp. 3–14, 2022.

- [25] A. A. Correa Hernández, "Desarrollo de un transductor de torque de bajo costo, utilizando galgas extensiométricas y protocolos de comunicación del internet de las cosas," Universidad EAFIT, 2020. Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/24800>
- [26] A. Valeev, R. Tashbulatov, and A. Tokarev, "Development of condition monitoring of industrial machines using strain gauge analysis and locating defects via pulse control," *Proceedings - 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2021*, pp. 971–975, 2021, doi: 10.1109/ICIEAM51226.2021.9446358.
- [27] E. E. Bohórquez and L. D. Ushiña, "Diseño e implementación de una máquina prensadora semiautomática para la elaboración de quesos," 2023, Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24493>
- [28] L. Sacoto and C. Zaruma, "Implementación de un sistema de control mediante Galgas extensiométricas para estructuras esenciales," *Universidad Católica de Cuenca*, 2021, Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11533>
- [29] S. Adarsh, J. Panda, and S. Ray-Chaudhuri, "H2 Based Acceleration-Strain Feedback Control of Structures Subjected to Seismic Input," *2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control, AIRC 2022*, pp. 52–56, 2022, doi: 10.1109/AIRC56195.2022.9836445.
- [30] L. Soto, "Automatización de un dosificador de alimento concentrado para ganado bovino," *E-IDEA Journal of Engineering Science*, vol. 1, no. 1, pp. 50–70, Sep. 2019, Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/esci/article/view/56>