



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO EMBEBIDO  
INTEGRABLE A UNA WSN PARA LA SUPERVISIÓN DE  
SEMOVIENTES”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORA**

**ADRIANA VANESSA CHICAIZA ZAMBRANO**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO EMBEBIDO  
INTEGRABLE A UNA WSN PARA LA SUPERVISIÓN DE  
SEMOVIENTES”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORA: ADRIANA VANESSA CHICAIZA ZAMBRANO**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR.**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Adriana Vanessa Chicaiza Zambrano**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Adriana Vanessa Chicaiza Zambrano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de Junio del 2022






**Adriana Vanessa Chicaiza Zambrano**  
**060421903-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación; Tipo: Dispositivo Tecnológico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO EMBEBIDO INTEGRABLE A UNA WSN PARA LA SUPERVISIÓN DE SEMOVIENTES**”, realizado por la señorita: **ADRIANA VANESSA CHICAIZA ZAMBRANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Verónica Elizabeth Mora Chunllo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 VERONICA ELIZABETH MORA CHUNLLO Digitally signed by VERONICA ELIZABETH MORA CHUNLLO Date: 2022.07.20 10:55:55 -05'00'	2022-06-30
Ing. José Enrique Guerra Salazar <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR Firmado digitalmente por JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR Fecha: 2022.07.19 15:25:12 -05'00'	2022-06-30
Ing. José Luis Morales Gordon <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 JOSE LUIS MORALES GORDON Firmado digitalmente por JOSE LUIS MORALES GORDON Fecha: 2022.07.20 09:00:00 -05'00'	2022-06-30

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico, a mis padres Marcelo Chicaiza y Patricia Zambrano, por darme la vida por brindarme su esfuerzo, sacrificio dedicación, apoyo económico y moral lograron este sueño se vuelva realidad por estar pendiente cada día de mi vida estudiantil compartir conmigo mis proyectos y logros a mi abuelita Rosa por sus consejos, por inculcarme los buenos valores y deseos de seguir adelante, por siempre ayudarme en cada problema, a mi hermana Tania Chicaiza por ser el apoyo incondicional mi mejor amiga y consejera por siempre estar conmigo por cada experiencia vivida y por siempre contar con ella TE AMO, a mis hermanos Roberto y Adrián por ser el motivo de mis objetivos y de mis alegrías a mi sobrino Samuel por convertirse en la alegría mi vida, mi motivo de superación, a toda mi familia por cada granito de arena que llevaron a cumplir esta meta impulsándome y ser mejor persona

**Adriana**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE ANEXOS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9

### CAPITULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Estudio del comportamiento del semoviente.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Estudio de la zona de implementación.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Producción ganadera en el Ecuador.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Monitoreo de semovientes.....</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Identificación del semoviente.....</b>	<b>16</b>
<b>1.6 Parámetros de los valores fisiológicos del semoviente.....</b>	<b>18</b>
<b>1.7 Redes inalámbricas de sensores WSN.....</b>	<b>20</b>
<i>1.7.1 Sensores.....</i>	<i>21</i>
<i>1.7.2 Tarjetas de desarrollo aplicadas a WSN.....</i>	<i>22</i>
<i>1.7.3 Comunicación Inalámbrica.....</i>	<i>23</i>
<i>1.7.4 Módulo de localización GPS.....</i>	<i>25</i>
<b>1.8 Alimentación del modulo.....</b>	<b>26</b>

### CAPITULO II

<b>2. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Requerimientos para el prototipo.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Concepción general del prototipo.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Diagrama de bloques del prototipo.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4 Descripción de elementos <i>hardware</i> del prototipo.....</b>	<b>30</b>
<i>2.4.1 Sensor de temperatura.....</i>	<i>30</i>
<i>2.4.2 Sensor de frecuencia cardiaca.....</i>	<i>32</i>

2.4.3	<i>Módulo de localización GPS</i> .....	33
2.4.4	<i>Tarjeta de desarrollo</i> .....	34
2.4.5	<i>Módulo de comunicación</i> .....	36
2.4.6	<i>Bloque de almacenamiento</i> .....	38
2.4.7	<i>Interfaz del usuario</i> .....	39
2.4.8	<i>Batería de litio</i> .....	40
2.5	<b>Esquema de conexión electrónica</b> .....	42
2.6	<b>Requerimientos <i>software</i> del prototipo</b> .....	44
2.7	<b>Herramientas <i>software</i> del prototipo</b> .....	44
2.8	<b>Desarrollo del código de comunicación</b> .....	47
2.9	<b>Diseño de la página web</b> .....	47
2.10	<b>Diseño de piezas del prototipo</b> .....	49
2.11	<b>Construcción del prototipo</b> .....	51

### **CAPITULO III**

3.	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	54
3.1	<b>Implementación del sistema</b> .....	54
3.2	<b>Prueba de medición del sensor de pulso cardiaco</b> .....	55
3.3	<b>Margen de error del sensor de temperatura MLX90614</b> .....	56
3.4	<b>Repetitividad de los sensores</b> .....	57
3.5	<b>Prueba del bloque de comunicación</b> .....	58
3.6	<b>Prueba de transmisión de datos a la página web</b> .....	59
3.7	<b>Prueba de consumo de energía del prototipo de collar</b> .....	62
3.8	<b>Autonomía del prototipo</b> .....	64
3.9	<b>Puesta en funcionamiento</b> .....	65

### **CAPITULO IV**

4.	<b>Análisis económico del prototipo de collar</b> .....	67
----	---	----

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	69
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	70
--	------------------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**



## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Parámetros de temperatura. ....	19
<b>Tabla 2-1:</b>	Parámetros de pulso cardiaco. ....	19
<b>Tabla 3-1:</b>	Sintomatología por enfermedades habituales del semoviente. ....	21
<b>Tabla 4-1:</b>	Características de los sensores de distancia.....	22
<b>Tabla 5-1:</b>	Características tarjetas de desarrollo.....	23
<b>Tabla 6-1:</b>	Comparativo entre las comunicaciones inalámbricas. ....	24
<b>Tabla 7-1:</b>	Comparación de diferentes tarjetas de desarrollo. ....	25
<b>Tabla 1-2:</b>	Comparativo de sensores infrarrojos .....	31
<b>Tabla 2-2:</b>	Relación de los sensores de pulso cardiaco. ....	32
<b>Tabla 3-2:</b>	Comparativa de sensores de pulso cardiaco. ....	33
<b>Tabla 4-2:</b>	Características de los modelos de arduino. ....	35
<b>Tabla 5-2:</b>	Características de los módulos GSM.....	36
<b>Tabla 6-2:</b>	Características de las principales operadoras.....	37
<b>Tabla 7-2:</b>	Sistemas de Gestión de Base de Datos .....	39
<b>Tabla 8-2:</b>	Hosting web.....	40
<b>Tabla 9-2:</b>	Características de la batería de litio .....	41
<b>Tabla 10-2:</b>	Terminales de conexión con Arduino.....	43
<b>Tabla 11-2:</b>	Librerías especificadas en la programación del software .....	45
<b>Tabla 12-2:</b>	Partes del segmento frontal y posterior del prototipo .....	50
<b>Tabla 13-2:</b>	Partes del segmento frontal y posterior del prototipo. ....	51
<b>Tabla 14-2:</b>	Medidas específicas .....	53
<b>Tabla 1-3:</b>	Valores de las muestras de los sensores.....	55
<b>Tabla 2-3:</b>	Error absoluto del sensor MQ-7 .....	57
<b>Tabla 3-3:</b>	Repetitividad de los sensores.....	58
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba de envío de datos a la página thinkspeak.....	59
<b>Tabla 5-3:</b>	Envío de datos a la página de dominio propio.....	61
<b>Tabla 6-3:</b>	Consumo de corriente del prototipo.....	63
<b>Tabla 1-4:</b>	Costo elementos del prototipo .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Identificación del ganado por herraje .....	17
<b>Figura 2-1:</b>	Tecnología Cowalert.....	17
<b>Figura 3-1:</b>	Proyección general de la red de sensores.....	20
<b>Figura 1-2:</b>	Concepción general del prototipo.....	28
<b>Figura 2-2:</b>	Diagrama de bloques del prototipo.....	30
<b>Figura 3-2:</b>	Vista del sensor MLX90614 .....	31
<b>Figura 4-2:</b>	Vista anterior y posterior del sensor .....	32
<b>Figura 5-2:</b>	Vista anterior y posterior del módulo GSM.....	34
<b>Figura 6-2:</b>	Arduino Nano .....	35
<b>Figura 7-2:</b>	Vista anterior y posterior del módulo GSM.....	37
<b>Figura 8-2:</b>	Batería de Litio .....	41
<b>Figura 9-2:</b>	Esquema de conexión electrónica.....	42
<b>Figura 10-2:</b>	Esquema de software .....	46
<b>Figura 11-2:</b>	Menú principal de la página web.....	48
<b>Figura 12-2:</b>	Menú secundario de la página web.....	48
<b>Figura 13-2:</b>	Estructura en Autodesk.....	49
<b>Figura 14-2:</b>	Parte interna del prototipo .....	52
<b>Figura 15-2:</b>	Prototipo implementado.....	52
<b>Figura 1-3:</b>	Prototipo implementado.....	54
<b>Figura 2-3:</b>	Latidos por minuto del prototipo .....	56
<b>Figura 3-3:</b>	Temperatura del prototipo .....	56
<b>Figura 4-3:</b>	Graficas de los valores recibidos en página web .....	60
<b>Figura 5-3:</b>	Presentación de la página web.....	61
<b>Figura 6-3:</b>	Visualización de los datos del prototipo .....	62
<b>Figura 7-3:</b>	Nivel de carga conectado en paralelo .....	65
<b>Figura 8-3:</b>	Nivel de carga.....	65
<b>Figura 9-3:</b>	Prototipo implementado.....	66

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Hoja de datos del sensor de temperatura MLX90614

**ANEXO B:** Hoja de datos del sensor de pulso cardiaco

**ANEXO C:** Hoja de datos del módulo GSM NEO06

**ANEXO D:** Hoja de datos del módulo GSM SIM8008

**ANEXO E:** Hoja de datos del Arduino Nano

**ANEXO F:** Hoja de datos del termómetro infrarrojo

**ANEXO G:** Código de programación del prototipo

## RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de titulación fue la, construcción de un módulo embebido integrable a una WSN para la supervisión de semovientes en tiempo real. El módulo comprende tres bloques principales, el primero de adquisición – procesamiento, segundo de comunicación, y el último de almacenamiento - presentación de la información. El prototipo permitió supervisar el estado de salud del semoviente, mediante el sensor infrarrojo MLX-90614 se obtuvo valores de temperatura corporal/ambiente, con el sensor XD-58C se obtuvo la frecuencia cardiaca, con el GPS NEO- 06 se adquirió valores de velocidad y localización, el módulo GSM/GPRS SIM900 estableció la conexión para el envío y recepción de la información procesada mediante un Arduino Nano hacia un teléfono celular y la base de datos alojada en un servidor web, existe una interrupción de programación en alto cuando el sensor de seguridad se encuentra abierto se enviara mediante comunicación GSM un mensaje de vulneración seguido de una llamada de alerta durante 30 segundos para la asistencia inmediata. Las pruebas realizadas en el sector de San Juan zona rural del perímetro de Riobamba mostraron, el tiempo de respuesta ante posibles violaciones de seguridad mediante mensaje de texto y llamada telefónica es aproximadamente de 30 segundos, el tiempo de envío de datos del prototipo hacia la página web de 3 minutos de retraso. Las pruebas realizadas determinaron que el prototipo implementado presento una precisión y efectividad menor del 10%. Se concluye que el prototipo implementado es confiable, estable y aceptable, cumple los requerimientos del sector ganadero ante la supervisión y control del semoviente en forma no asistente,. Se recomienda realizar un estudio de inteligencia artificial del comportamiento del semoviente ante la variación de temperatura o pulso cardiaco en post mejora de la salud.

**Palabras clave:** <RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)>, <SUPERVISIÓN DE SEMOVIENTES>, <SENSORES DE TEMPERATURA>, <TARJETA DE DESARROLLO><ESTADO DE SALUD>, <LOCALIZACIÓN DEL SEMOVIENTE>.



## SUMMARY

The purpose of this degree work was the construction of an embedded module that can be integrated into a WSN for monitoring livestock in real time. The module comprises three main blocks, the first of acquisition-processing, the second of communication and the last one of storage-presentation of the information. The prototype allowed to monitor the health status of the livestock, through the infrared sensor MLX-90614 body/ambient temperature values were obtained, with the XD-58C sensor the heart rate was obtained, with the GPS NEO-06 speed and location values were acquired, the GSM/GPRS SIM900 module established the connection for sending and receiving the information processed by an Arduino Nano to a cell phone and the database hosted on a web server, there is a high programming interruption, when the sensor is open, a violation message will be sent via GSM communication followed by an alert call for 30 seconds for immediate assistance. The tests carried out in the San Juan sector, a rural area of the Riobamba perimeter, showed that the response time to possible security violations through text messages and phone calls is approximately 30 seconds, the time for sending data from the prototype to the page web 3 minutes later. The tests carried out determined that the implemented prototype presented an accuracy and effectiveness lower than 10%. It is concluded that the implemented prototype is reliable. stable and acceptable, it meets the requirements of the livestock sector regarding the supervision and control of livestock in a nonattendant manner. It is recommended to carry out an artificial intelligence study of the behavior of the livestock before the variation of temperature or heart rate in post improvement of health.

**Key words:** <WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)> < MONITORING OF LIVESTOCK> <TEMPERATURE SENSORS> < DEVELOPMENT CARD> <HEALTH STATUS> <LOCATION OF LIVES|TOCK>



Firmado electrónicamente por:  
**NELLY MARGARITA  
PADILLA PADILLA**

Lic. Nelly Padilla P. Mgs.

0603818717

**DOCENTE FIE**

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador la innovación tecnológica es un eje primordial de desarrollo económico, permitiendo alcanzar competitividad internacional en procesos productivos de ganadería agricultura y pesca con el objetivo de implementar procesos productivos tecnológicos al sector agropecuario, el gobierno implementa programas de méritos a incentivos económicos, como su programa Agro inventa 2021 ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, donde las empresas brindan incentivos económicos para invertir en investigaciones que mejoran procesos productivos de ganadería agricultura y pesca, al mismo tiempo tecnifican, mejoran su productividad, bajan sus costos de producción, ofrecen productos con estándares de calidad internacional.

Ya que el sector agropecuario tiene un amplio campo de investigación para la implementación de tecnología y el sector ganadero representa un 80% de producción en el Ecuador se plantea, cubrir la necesidad de ganaderos ante diferentes circunstancias una de ellas el abigeato y repentina muerte de semovientes ante enfermedades no percibidas por el ganadero, el cuidado de semoviente es de vital importancia ya que de este depende el crecimiento, alimentación, producción, y reproducción del mismo, el cual se lo realiza en espacios extensos fuera del sector en este caso el campo en donde el ganado busca espacios llenos de potrero alejándose del personal a cargo, el cual no tiene control del comportamiento que realiza el semoviente frente a un efecto externo o interno que perjudica a mediano o largo plazo, la productividad o salud del mismo (Ramírez, Ruilova y Garzón, 2015, p. 10-12).

La localización del semoviente en espacios montañosos, de difícil acceso o visión, es nula donde se encuentran cabezas de ganado, vulnerables a sufrir el abigeato el cual en nuestro país tiene un índice alto de concurrencia.

En Ecuador se encuentra determinado en el Código Orgánico Integral Penal, como uno de los delitos en contra del derecho a la propiedad (Ordoñez, 2018, p. 5-9). El problema secundario del abigeato data en cuando un semoviente es captado y este a su vez fue utilizado en procesos reproductivos tratado con hormonas, el cual al ser sacrificado su carne no es apta para el consumo humano el cual representa un problema de salud a quienes consumen su carne (Noticias Productor, 2021, p. 2).

Al momento de entablar mecanismos que permitan la localización de semovientes que sufren abigeato se presenta que los ganaderos no tienen la manera de identificar, lo que dificulta su rastreo y recuperación de dominio del mismo, los ganaderos en el Ecuador generalmente un 80% aplica el areteo para la identificación de ganado, que consiste en una tarjeta de identificación. El cual es impregnado en una parte del cuerpo visible del semoviente, esta tarjeta generalmente es

de color tomate o amarillo representa las vacunas realizadas al semoviente, lleva un código representando el ID del semoviente su hacienda y raza si así es establecida y un 20% de los ganaderos aplica métodos de impregnación de marcas en el cuerpo del semoviente.

En el Ecuador se desconoce del desarrollo y comercialización de dispositivos electrónicos implementados en el sector ganadero como herramienta de supervisión y localización de semovientes de forma no asistente, entre la documentación revisada, se estable una conexión con la tesis de grado del dspace de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que estable un prototipo de supervisión y control de semovientes en tiempo real, sin emisión de un sistema de alerta (Ramírez y Chango, 2018, p. 15-20).

## JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En base a las investigaciones que se han realizado en diferentes Universidades de Latinoamérica, las cuales están publicadas como artículos científicos, proporcionan un lineamiento entre la innovación tecnológica y las necesidades de los ganaderos para el monitoreo reconocimiento localización rastreabilidad, recorrido en la cadena de producción del ganado. Se desconoce que en el Ecuador existan empresas que desarrollen y comercialicen dispositivos electrónicos a gran escala con el fin de dar seguimiento y control del ganado (Larrea, 2006, p. 5).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo, la implementación de un módulo embebido integrable a un WSN para la supervisión de semovientes en tiempo real, el prototipo envía mensajes de alerta a dispositivos móviles por medio de la red celular y registra información en una base de datos que puede ser consultada por medio de una página web.

Por tal motivo se estable módulo embebido integrable a una WSN para la supervisión de semovientes en tiempo real, como una herramienta tecnológica del sector ganadero, ante la interpretación de los valores fisiológicos (temperatura corporal, frecuencia cardiaca), se determina el estado de salud del semoviente, empleando un método no invasivo que permita garantizar un mayor grado de precisión en los datos, mediante un módulo GSM envía mensajes al ganadero de revisión y vulneración del prototipo, mediante el módulo GPS permite conocer su localización geográfica estableciendo una transmisión al servidor web, un mensaje directo al encargado de supervisión a través de la red GSM para la atención inmediata al semoviente en caso de vulneración del collar, con la información obtenida el personal a cargo tenga la posibilidad de tomar decisiones a corto y largo plazo en pos de mejora de la salud del semoviente.



## JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Esta investigación nace de la necesidad de supervisar, informar, transmitir y registrar valores fisiológicos del semoviente como su temperatura y frecuencia cardiaca determinando un estado de salud del semoviente, localizar su ubicación geográfica GPS.

La información se recepta en una base de datos que permite gestionar los registros, asignando un número telefónico a una identificación del semoviente consultando su historial de vida e ID, determinando el grado de peligro en que se encuentra en caso de sobrepasar los valores normales de temperatura y frecuencia cardiaca.

El sistema de alerta realiza una llamada a la persona encargada de su alimentación y pastoreo, por medio de comunicación GSM el cual emite un mensaje presentado el ID del semoviente en peligro. La información que se registra en la base de datos constituye en una herramienta de ayuda fundamental para futuras decisiones en mejora de la producción ganadera. Por lo tanto, se plantea como objetivos lo siguiente:

El objetivo general del presente documento es diseñar y construir un módulo embebido integrable a una WSN para la supervisión de ganado vacuno., cuenta con los siguientes objetivos específicos que ayudarán a cumplir la meta propuesta:

- Establecer los signos vitales que muestren el estado de salud del semoviente
- Establecer los valores nominales que generen un mensaje de revisión al sobrepasar dichos valores
- Establecer un sistema de seguridad ante la vulneración del prototipo.
- Seleccionar el software y hardware adecuado que permita implementar el diseño propuesto.
- Realizar el diseño y programación de los dispositivos tecnológicos, sensores, placas de desarrollo y módulos de comunicación para la obtención y presentación de los valores fisiológicos del semoviente.
- Establecer la comunicación entre el prototipo el ganadero y la página web.
- Verificar los datos emitidos por el prototipo y la página web comprobar el error emitido no supere el error establecido.
- Evaluar si el prototipo cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación.

Este trabajo de titulación consta de cuatro capítulos que detallan información necesaria para comprensión del proyecto propuesto, el primer capítulo, Marco Teórico, trata sobre una recopilación bibliográfica sobre el comportamiento y estado de salud del semoviente además de sistemas de supervisión, el segundo capítulo, Marco Metodológico, presenta los requerimientos y equipos necesarios para la construcción del prototipo, el tercer capítulo, Análisis y Resultados, muestra las pruebas y resultados que se practicaron, finalmente el cuarto capítulo, Evaluación Económica, presenta un análisis y comparativa con equipos comerciales, además de las conclusiones y recomendaciones para la mejora del prototipo.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo presenta una revisión bibliográfica acerca de la importancia del sector agropecuario a nivel nacional e internacional, estudio de la zona de implementación, comportamiento del semoviente en ambientes hostiles, variables fisiológicas del semoviente, sistemas de identificación, y los sistemas de localización de ganado en tiempo real.

#### 1.1 Estudio del comportamiento del semoviente

Son conductas espontaneas de un ser, en términos de ganadería comprende el comportamiento del ganado bajo ambientes naturales, hostiles o artificial. La descripción del comportamiento de cada semoviente tiene como objetivo el entendimiento de la interacción de los semovientes en ámbito naturales convivencia, su reacción ante factores externos clima (Machado, 2012, p. 8-10).

La ingestión de alimento durante el día está relacionada a: factores climáticos, tipo de pasturas, disponibilidad del alimento, propiedades físicas y químicas de la dieta y la salud del animal que pueden generar efectos de importancia al momento de masticar e ingerir los alimentos el cual brinda la energía necesaria del semoviente durante el día (Gregorio Salcedo Diaz, 2019).

En ambientes de criaderos a gran escala, los semovientes brindan docilidad en su comportamiento, maternal, alimentario, productivo, de traslado y adaptación a otros rebaños, esto da facilidad al ganadero de poder adaptar métodos de producción para contrarrestar problemas de salud debido a una bacteria que afecta a un semoviente o poder pastorear en lugares de difícil acceso y tener el control de todo el rebaño, tomar valoraciones cada tiempo del semoviente sin ser lastimado(Gregorio Salcedo Diaz, 2019),(Machado, 2012).

Es así que los animales criados en pastoreo se hallan comúnmente expuestos a temperaturas ambientales que durante la mañana superan la estabilidad térmica y no afectan su rendición por su alimentación que es mínimamente monitoreada por el ganadero. La estimación en cuanto al tiempo de pastoreo en el rumiante se ve

condicionada a factores como: velocidad y temperatura del aire, nivel de humedad e intensidad de rayos solares en los cuales al existir un incremento en estos factores se ha señalado que se produce una reducción en tiempo establecido para el pastoreo y una elevación en los periodos de rumia.

Los semovientes muestran signos de agresividad cuando tienen un ambiente de crianza libre muestran fuertes palpitations y cuadros de estrés generando una mala interacción entre el ganadero y el semoviente generando afectaciones en las condiciones fisiológicas del semoviente, además de contraer niveles bajos de su sistema inmunológico y ámbito productivo (CASTILLO, 2019, p. 10-12).

De lo expuesto se considera dos parámetros importantes para analizar el comportamiento del semoviente: su temperatura corporal que varía según el animal sea criado en ambiente naturales o artificiales y representan un estado de salud si este factor aumenta o disminuye, su ritmo cardiaco que tiende a variar como muestra de signos de agresividad ante un factor de peligro.

## **1.2 Estudio de la zona de implementación**

Según datos del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022), el liderazgo de la población nacional ganadera es el sector pecuario con un total de 4,34 millones de cabezas de ganado vacuno en el año 2020, la región Sierra concentra la mayor cantidad de cabezas de ganado con un 49,11% del total nacional. La provincia de Chimborazo con 330 000 cabezas de ganado, presenta la tercera provincia de mayor producción ganadera siendo el ganado vacuno de esta provincia el seleccionado para este estudio.

En Chimborazo los predios de pequeños productores de ganado bovino o vacuno, varían entre 0,5 a 18 hectáreas y de grandes productores entre 20 hasta 200 hectáreas, como es el caso de la hacienda Ganquis o Monte Caramelo, la cual se dedica a la producción ganadera siendo su mayor objetivo la crianza de ganado vacuno de razas Charoláis los cuales no reciben hormonas de crecimiento comen únicamente pasto, gramíneas y leguminosas se adaptan a condiciones climáticas diferentes debido a que no sufren estrés su pastoreo es libre, su alimentación no contienen ninguna dieta su carne es de exportación o solicitada por cadenas de restaurantes de cortes finos (Salesianos, 2019).

En la comunidad de San Antonio perteneciente a la provincia de Chimborazo, habitan 74 familias cada una con una hectárea de cultivo y de pastoreo con un rebaño de entre 1 a 3 semovientes por familia. Mientras que en hacienda de mayor producción como las antes mencionadas varían entre 20 a 400 semovientes es el caso de la hacienda Monte Carlo lo especifica un artículo publicado en el 2019 el cual le da la identidad de la hacienda con mayor producción en la provincia de Chimborazo, para garantizar la ganadería sostenible (MAG, 2021).

En la hacienda Monte Carlos se implementó técnicas de regadío y control de pastos amigables con el ambiente que no requieren electricidad ni uso de combustibles, funcionan por gravedad, el monitoreo de pastos, con un sistema satelital. El ganado está separado de acuerdo a sus edades en grupos homogéneos, se crían con normas de bienestar animal asegurando leche de alta calidad.

Se concluye que datos especificados por la INEC la región Sierra tiene mayor producción ganadera, la provincia de Chimborazo es la tercera provincia con mayor porcentaje de producción ganadera a nivel nacional, el ganado vacuno es el semoviente con mayor impacto en la provincia, posee cierto grado de ganadería más avanzada en relación las otras provincias, especialmente a lo referente al número de cabezas de ganado por hectárea y crianza amigable con el medio ambiente (Insituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022, p. 19).

### **1.3 Producción ganadera en el Ecuador**

En el Ecuador el sector ganadero aporta al PIB con 7.7% un 29,4% de empleo directo su producción es subdividida de acuerdo a su fin último u obtención de bienes si es producción de lácteos, carne bienes alimenticios o de reproducción es por esto que un ganado vacuno de acuerdo a su fin oscila entre \$500 a \$2000 dependiendo la raza, edad. En caso de ser una raza excepcional reproductora su costo oscilaría hasta los \$15.000 casos muy pocos en el país. El ganadero no posee un tipo de seguridad al realizar el pastoreo del semoviente, en lugares de difícil visualización o de inclinación de tierra el ganado es muy propenso a sufrir accidentes o en los últimos años se ha identificado el incremento del abigeato en zonas rurales. Según datos presentados por la Fiscalía General del Estado el abigeato se encuentra en incremento debido a la situación económica y el tiempo de pandemia existente.

#### **1.4 Monitoreo de semovientes**

Actualmente las haciendas ganaderas del país, tienen un servicio médico veterinario, estudia, diagnostica y trata posibles enfermedades a largo plazo, realizan visitas periódicas a la hacienda, tienen un historial clínico del semoviente. Donde principalmente presentan el control de ganancia o pérdida de peso su alimentación balanceada dependiendo cada etapa de su crianza, producción de leche en caso de ser un semoviente reproductor.

Es por esto que se ve la necesidad de acceder a estos datos de forma inmediata a través de una red de comunicación, la presentación del historial del semoviente en forma tecnológica mediante un clic en nuestro país es inexistente. En países del Sur de América como Brasil cuentan con empresas, quienes desarrollan dispositivos con tecnología GPS y un servidor que almacenan su posición geográfica. evitando el abigeato de los semovientes, son dispositivos generalmente como un collar que solucionan la problemática de los ganaderos (DIAZ AGILA, 2015, p. 2-6).

#### **1.5 Identificación del semoviente**

La identificación de animales nace de la necesidad de demostrar la propiedad o registro del mismo, dentro de los métodos clásicos, se pueden destacar, tatuajes, marcas de fuego, marcas de frío, aretes o chip electrónicos varían de acuerdo al presupuesto y necesidad del ganadero, un ejemplo se muestra en la figura 1-1 la identificación por marcado o herraje.

En Ecuador los ganaderos utilizan el método por areteo para la identificación del ganado donde, poseen según color de la tarjeta la vacuna que posee el semoviente facilita el censo a nivel nacional de ganadería en control de vacunas al ganado (DIAZ AGILA, 2015, p. 12-16).



**Figura 1-1:** Identificación del ganado por herraje

**Fuente:** (DIAZ AGILA, 2015, p. 7)

Existen tecnologías en aplicación o desarrollo para la identificación animal y sus derivados, en la actualidad en el continente Europeo y algunos países Latinoamericano en desarrollo como Brasil han implementado tecnologías de microchip lectores y sensores para facilitar la identificación y registro del estado de salud del semoviente para mejorar la toma de decisiones ante cambios de valores fisiológicos, además de supervisar y localizar al animal en tiempo real de forma no presencial mediante comunicación inalámbrica.

Entre las tecnologías con mayor relevancia implementadas en Europa se pueden mencionar dos tecnologías, el primero Mocoall el cual es un sensor de parto, colocado en la cola del semoviente, obtiene la frecuencia en la que oscila su cola y si este sobrepasa los niveles de frecuencia, emita un mensaje de alerta ante el inicio de un posible parto del semoviente (James Keogh, 2016).



**Figura 2-1:** Tecnología Cowalert.

**Fuente:** (DIAZ AGILA, 2015, p. 7)

La segunda tecnología *Cowalert*, un dispositivo electrónico de control y supervisión de rebaños lecheros indicador de fertilidad, compuesto por sensores inalámbricos robustos de precisión y menor rango de error.

Proporcionan información a través de una aplicación móvil sobre los niveles de actividad diarios de los semovientes como conteo de pasos durante el día, tiempo en el que se encuentra de pie o recostado, desplazamiento diario por el perímetro estipulado, elevación o disminución de temperatura corporal (James Keogh, 2016).

Se determina que la tecnología *Cowalert* es semejante a la investigación que se pretende realizar varia en la producción a gran escala. Establece la necesidad de implementar un dispositivo electrónico capaz de supervisar y localizar al semoviente, el mismo debe tener los siguientes elementos, tecnología GSM, la cual posee cobertura para la comunicación de los dispositivos a larga distancia y cubre el requerimiento de 10 hectáreas, por un estimado de 3 semovientes que posee el pequeño ganadero.

## **1.6 Parámetros de los valores fisiológicos del semoviente**

Mediante la estipulación de los parámetros temperatura corporal y pulso cardiaco, se puede establecer un diagnóstico del estado de salud del semoviente, al existir una elevación o disminución de los valores se establece un estado de salud enfermizo del semoviente y por ende se puede dar un bajo rendimiento productivo o un estado mórbido (Bonilla & Gutiérrez, 2019).

Temperatura: Los parámetros de temperatura corporal durante el día en un semoviente de ganado vacuno en cuanto a sus etapas de crianza se muestran en la tabla 1-1



**Tabla 1-1:** Parámetros de temperatura.

<b>Etapa</b>	<b>Promedio de temperatura</b>
<b>Ternero menor 6 meses</b>	39,5°C -40°C
<b>Bovino mayor hembra</b>	39,5°C -40°C
<b>Bovino mayor macho</b>	39,5°C -40°C

Fuente: (Vega Luna, Lagos Acosta y Salgado Guzmán, 2017)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

Se determina, un factor importante: la toma de temperatura la cual refleja las siguientes consecuencias si existe un aumento en el índice de normalidad. Como es la presencia de parásitos internos y externos, especialmente parásitos de la sangre como ranillas, enfermedades infecto-contagiosas o intoxicaciones.

Frecuencia Cardiaca:

Es determina por el número de veces que el corazón se contrae, para impulsar la sangre a través del organismo, en un minuto. Los parámetros de frecuencia cardiaca del ganado vacuno se presentan en la tabla 1-2. En el cual cada parámetro permite deducir el estado del sistema cardiovascular respiratorio del semoviente, las palpitations varían en cada especie y edad.

**Tabla 2-1:** Parámetros de pulso cardiaco.

<b>Etapa</b>	<b>Pulsaciones</b>
<b>Ternero menor 6 meses</b>	76 - 84 bpm
<b>Bovino mayor hembra</b>	52 - 64 bpm
<b>Bovino mayor macho</b>	59 – 54 bpm

Fuente: (Vega Luna, Lagos Acosta y Salgado Guzmán, 2017)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

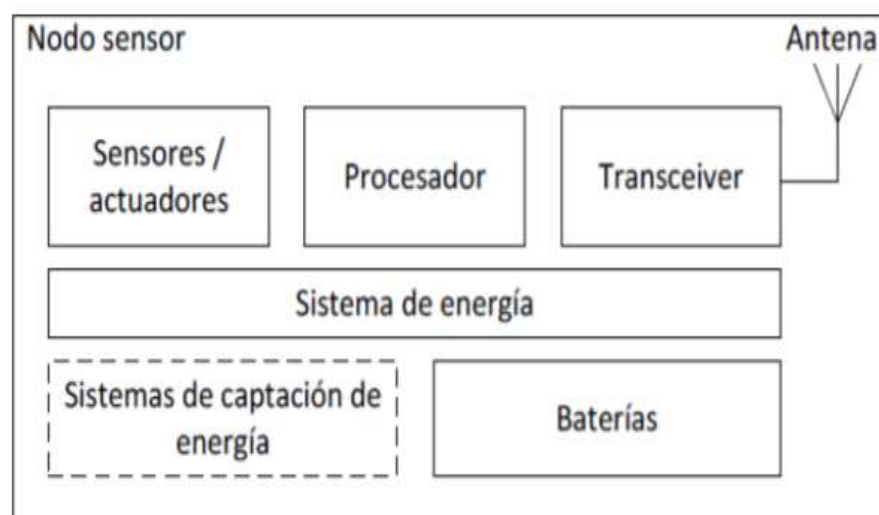
La frecuencia cardíaca nos indica algunos padecimientos graves o un aislamiento social ante situaciones de adaptación a cambio. Si aumenta la frecuencia cardiaca en términos médicos veterinario se denomina taquicardia y si disminuye bradicardia.

### 1.7 Redes inalámbricas de sensores WSN.

Confiere una red de dispositivos, sensores, que realizan una tarea en común, con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica que permiten formar redes *ad-hoc* sin infraestructura física preestablecida ni administración central. La expresión *ad-hoc* hace referencia a una red en la que no hay un nodo central, sino que todos los dispositivos están en igualdad de condiciones. Es necesario que los nodos se puedan comunicar mutuamente para conseguir, que cualquier paquete llegue a su destino, aunque el destinatario no sea accesible directamente desde el origen (Fernández Martínez et al., 2009).

Por esta razón el prototipo implementará una red de nodos sensores lo cual está conformada por pequeños dispositivos o nodos sensores, que se pueden comunicar entre sí de manera inalámbrica, cada nodo sensor están formados por un mecanismo transceptor inalámbrico, una unidad de procesamiento, por lo general, un microcontrolador, sensores o actuadores y un sistemas de energía para su alimentación, como se aprecia en la figura 1-3 establecido por batería, el dispositivos tienen la capacidad de monitorear condiciones fisiológicas del semoviente.

A continuación, se detalla cada uno de los componentes de la WSN:



**Figura 3-1:** Proyección general de la red de sensores

Fuente: (Fernández Martínez et al., 2009).

### 1.7.1 Sensores

Son Dispositivos de detección de objetos, emiten una señal y continúan con su proceso o detectan un cambio y emiten una señal, o proporcionan una señal de salida en función de la magnitud que se pretende medir según sea el caso.

Los sensores de nuestro prototipo tienen como objetivo, la medición de temperatura y frecuencia cardiaca de un semoviente estos valores determinan cambios en el estado de salud del semoviente o enfermedades a largo plazo algunas de estas enfermedades especificadas en la tabla 3-1 es por esto la importancia de la medición de temperatura y frecuencia cardiaca en pro mejora del esta de salud del semoviente.

**Tabla 3-1:** Sintomatología por enfermedades habituales del semoviente.

Enfermedad	Comportamiento	Sensor de detección
<b>Fiebre</b>	Alta / baja temperatura < a 38,5°C y 40°C, cambios de actividad del semoviente	Temperatura
<b>Cojera</b>	De pie / acostado	Frecuencia cardiaca / GPS
<b>Cetosis</b>	Cambio en el pastoreo	Frecuencia cardiaca
<b>Diarrea Heifer</b>	Alta temperatura de 38,5°C a 40°C	Temperatura
<b>Neumonía Heifer</b>	Cambios en el pastoreo y en la alimentación	Frecuencia cardiaca / GPS / Temperatura

**Fuente:** (Valencia Zambrano, 2018),(Marhamah, 2019).

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

Según las diferentes clasificaciones de sensores se reconocen los de tipo capacitivo, inductivo, de distancia, óptico, infrarrojo, de proximidad etc. En la Tabla 4-1 se muestran las principales diferencias que existen entre los tipos sensores infrarrojo y ópticos.

**Tabla 4-1:** Características de los sensores de distancia

Características	Óptico	Infrarrojo
<b>Objeto detectable</b>	Detección afectada por materiales/colores del objeto	Detección no afectada por materiales/colores del objeto
<b>Precisión</b>	2,2%	3,1%
<b>Consumo de corriente</b>	(35 - 40) mA	(5 - 7) mA
<b>Polvo/agua</b>	Afectado	Inmune
<b>Tiempo de respuesta</b>	>10ms	1s
<b>Tensión de alimentación</b>	1VDC -24VDC	1VDC -24VDC

**Fuente:** (Gorandi, Moltoni y Clemares, 2015)

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

Se han valorado dos tipos de sensores para el diseño, con base a las necesidades tiempo de repuesta, bajo consumo de energía, precisión distancia de detección para proveer auto sostenibilidad del sistema y su supervivencia a cambios climáticos.

### 1.7.2 Tarjetas de desarrollo aplicadas a WSN

Son placas electrónicas con circuitos impresos, para distintas aplicaciones permite la creación de prototipos electrónicos, generalmente estas placas cuentan con entradas y salidas análogas y/o digitales para permitir la comunicación con sensores externos, haciendo uso de la electrónica digital (Carillo, 2018, pp. 12-15). En la tabla 5-1 se presenta brevemente las principales tarjetas de desarrollo entre las principales ventajas poseen una multiplataforma en lenguaje de código abierto mediante un *software* y *hardware* entendible.

**Tabla 5-1:** Características tarjetas de desarrollo.

CARACTERÍSTICA	ARDUINO	INTEL GALILEO	RASPBERRY PI
<b>Tipo</b>	Microcontrolador	Microprocesador	Microprocesador
<b>Memoria RAM</b>	1KB – 32KB	512 KB - 256MB	256MB -8G
<b>Voltaje de operación</b>	2,7 V – 5,5 V	5 V-15 V	5 V
<b>E/S Digitales</b>	14 – 54	14 -20	40
<b>E/S Analógicas</b>	6-16	6	17
<b>Corriente DC</b>	40 mA	80 mA	200 500 Ma
<b>Corriente CC</b>	3,3 V – 50 mA	3,3 V - 800mA	5 V - 2000Ma
<b>Velocidad de procesamiento</b>	8 MHz -16MHz	400MHz	700MHz - 5GHz
<b>Puertos de entrada</b>	USB	USB ETHERNET	USB HDMI ETHERNET
<b>Dimensión</b>	8 x 5,51 x 2,49 cm	123,8 mm × 72 mm	85mm x 53mm x 21mm
<b>Precio</b>	9\$ - 32\$	35 \$ -70\$	85\$ -119\$

**Fuente:** (González y Silva, 2013),(HANWEI ELECTRONICS CO., 2020)

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

La información presentada en la tabla 5-1 permite seleccionar la familia de tarjetas de desarrollo lo cual evaluamos los requerimientos de voltaje, corriente CC y DC, entradas y salidas analógicas y digitales, al mínimo valor ya que nuestros sensores soportan un máximo de 3.3 V para el dispositivo la dimensión es un requerimiento de diseño en su valor mínimo es la familia Arduino.

### 1.7.3 *Comunicación Inalámbrica*

Envío de información entre dispositivos con el fin de controlar, supervisar un proceso en forma no presencial. Entre las principales:

Zigbee: redes inalámbricas a corta distancia baja velocidad, basado en el estándar IEEE 802.15.4, establece la comunicación en aplicaciones seguras con baja tasa de envío de datos, un mínimo consumo de energía por ende máxima optimización de baterías y bajo costo de implementación(Moreno y Ruiz Fernandez, 2007, p. 12-19).

Bluetooth: Comunicación a corta distancia, permite la transmisión de imagen, voz, video, mediante un enlace de radiofrecuencia. Emite una señal corta de dos a ocho metros,

basada en el estándar 802.15.1 adopta la banda de los 2,4GHz, esta tecnología reemplazo los infrarrojos su principal característica su bajo costo de implementación y de energía (Acosta, 2017), (Carillo, 2018).

Wifi: Comunicación en un alcance de 150m generando una red inalámbrica, basada en el estándar IEEE802.11a, 802.11b y 802.11, para generar una conexión que sea fiable, segura y rápida. Presenta una instalación instantánea y establece una gran escalabilidad (Bellido Outeiriño et al., 2004, p. 35)

GSM/ GPRS: estándar de comunicación para teléfonos móviles que transmite la información por grupos significativos o paquetes. Puede transmitir a una velocidad de 114 kbps y permite la conexión a internet. Es una tecnología de transición entre los sistemas GSM y UMTS En la tabla 6-1 se presenta una comparativa de medios de transmisión con las características mencionadas anteriormente para establecer una comunicación viable y segura.

**Tabla 6-1:** Comparativo entre las comunicaciones inalámbricas.

Característica	BLUETOOTH	WIFI	ZIGBEE	GSM/GPRS
<b>Rango</b>	1-10m	100 m - 1000m	10-100m	5km -30 Km
<b>Topología</b>	Maestro-esclavo	Malla – Access Point	Árbol, estrella, malla	Punto-Punto, multipunto
<b>Tipo de Red</b>	WPAN	WLAN	WPAN	WMAN
<b>Consumo de transmisión</b>	60 - 170 Ma	300 mA	30 mA	Depende del transmisor
<b>Frecuencia</b>	2.4 GHz-2.45 GHz	2.4GHz-60GHz	915 MHz- 2,4 GHz	850 MHz - 1900 MHz
<b>Capacidad de Procesos</b>	Hasta 720 Kbps	Hasta 54 Mbps	20 Kbps - 250 Kbps	Hasta 114 Kbps
<b>Nodos por red</b>	8	30	2-65000	2-75000

**Fuente:** (HANWEI ELECTRONICS CO., 2020),(Moreno y Ruiz Fernandez, 2007)

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

De la tabla 6-1 se obtiene que, la tecnología inalámbrica para realizar el diseño del prototipo es la comunicación GSM/GPRS, ya que tiene un alcance hasta de 30 km, cumple con las características de: extensión de área geográfica, buen rango de alcance, tasa de trasmisión necesaria para él envío de datos y el campus cuenta con acceso a red GSM de manera constate y fiable.

#### 1.7.4 Módulo de localización GPS

Un módulo de localización efectúa el protocolo que identifica la ubicación de un objeto en espacio físico latitud longitud en una velocidad de transmisión cuando lo solicita el usuario. La tecnología GPS establece la localización satelital de objetos a través de módulos GPS según su requerimiento, la latitud es la representación en grados de la posición norte-sur con respecto al punto en la superficie en la tierra, y la longitud representa la posición este-oeste de un punto en la superficie de la tierra (Quintapana, 2016).

Los dispositivos GPS NEO son una familia de receptores se encuentran integrados en módulos que incorporan la facilidad de conexión con una placa de desarrollo un ejemplo arduino, la tabla 7-1 presenta las características de funcionamiento de la familia GPS NEO.

**Tabla 7-1:** Comparación de diferentes tarjetas de desarrollo.

Características	NEO
Alimentación Interna	2.7-3,6VDC
Corriente	47 mA
Sensibilidad	-156dBm -161 dBm
Velocidad de transmisión	9600 Baudios
Número de terminales	4
Dimensión	(15 x 11 x 8) mm

**Fuente:** (Wendt, 2018),(Sheet, [sin fecha])

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

De la tabla 7-1 se presenta el módulo GPS NEO el cual cumple los requerimientos de *hardware* del prototipo, las dimensiones del módulo son acordes al prototipo de un modelo ergonómico, su consumo de corriente no sobrepasa el consumo de corriente de una placa de desarrollo.

## **1.8 Alimentación del modulo**

Un módulo embebido consume energía al estar constantemente en medición, procesamiento y comunicación entre los nodos. Por este motivo, se establece un sistema de energía renovable garantizando el tiempo de funcionamiento continuo y constante permitiendo autonomía del prototipo.

Una alternativa es la recolección de energía por medio de un panel solar para extender la vida de un nodo en la red, por lo tanto, en el presente trabajo, se pretende explorar una estrategia basada en el diseño de un sistema de bajo costo y de fácil implementación para la recolección de energía fotovoltaica por medio de un panel solar y baterías recargables, para extender el tiempo de funcionamiento.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla la concepción general del prototipo de supervisión, se establecen los requerimientos para el diseño, selecciona los dispositivos electrónicos pertenecientes al prototipo y se describen los elementos de *hardware* y *software*.

#### 2.1 Requerimientos para el prototipo

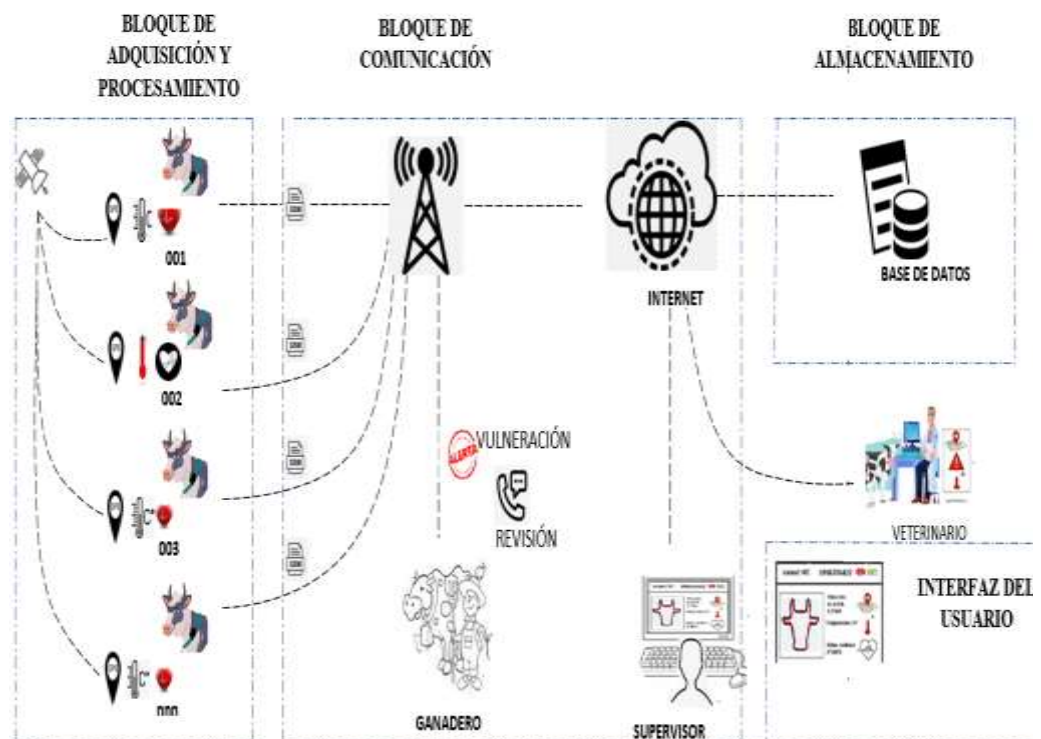
Conforme al estudio realizado en el capítulo anterior es posible especificar los requerimientos para la construcción de un el módulo embebido integrable a una WSN para la supervisión de semovientes, las cuales se listan a continuación:

- Proveer un dispositivo de bajo costo resistente a condiciones ambientales severas.
- Fácil implementación y colación en el semoviente.
- Proveer datos de; temperatura, ritmo cardíaco, posición y seguridad.
- Establecer una red de comunicación inalámbrica.
- Visualizar la información en una página web interfaz amigable.
- Personalizar el dispositivo con un ID para cada semoviente donde muestra el historial de salud.
- Visualizar la ubicación del semoviente en tiempo real.
- El prototipo tendrá un sistema de alerta ante vulneraciones o manipulación del collar una llamada emergente y un mensaje de texto VULNERACIÓN y la ubicación del semoviente.
- Enviar un mensaje REVISIÓN al sobrepasar los valores nominales <52 bpm y > 40°C.
- Proveer una alimentación de energía de larga duración y amigable con el medio ambiente.
- Proveer una alimentación de energía de larga duración y amigable con el medio ambiente.

## 2.2 Concepción general del prototipo

En la figura 1-2 se muestra el diseño que se pretende para la construcción del prototipo, el cual consta de la adquisición de las señales de los sensores de temperatura, frecuencia cardiaca, localización GPS.

Toda la información adquirida es procesada en un microcontrolador en tiempo real determinando parámetros de seguridad y revisión al sobrepasar los valores nominales de temperatura y frecuencia cardiaca, por medio del módulo GSM e internet, la información se registra en una base de datos creando un historial médico de cada semoviente que puede ser consultada por medio de la página web donde el supervisor y veterinario visualiza los datos y establecen decisiones en pro de mejora de la productividad del semoviente.



**Figura 1-2:** Concepción general del prototipo

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

El prototipo establece comunicación unidireccional entre el dispositivo y el ganadero en dos casos de alerta. El primero cuando el collar tiene vulneración o estado abierto por

parte del sensor magnético, emite una llamada al ganadero y un mensaje de texto VULNERACIÓN DEL COLLAR seguido de la ubicación del semoviente. El segundo caso de alerta se realiza cuando los valores nominales de temperatura y frecuencia cardiaca emite un mensaje de REVISIÓN. El sitio web muestra toda la información recibida de una manera ordenada, provee datos de posición geográfica y el estado de salud de cada semoviente actualizándose cada 5 minutos.

### 2.3 Diagrama de bloques del prototipo

El prototipo consta de 5 bloques los cuales son: de alimentación, adquisición de datos, procesamiento, comunicación y la interfaz gráfica como se muestra en la figura 2-2, los cuales se detallan a continuación:

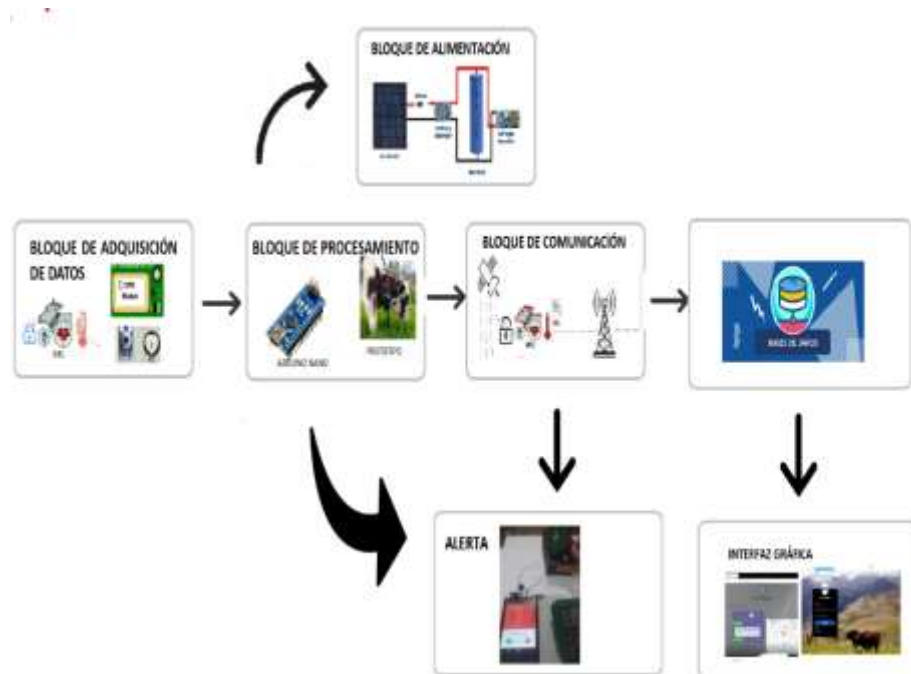
**Bloque de alimentación.** - Proporciona energía al prototipo implementado, el cual se alimenta por la batería de litio de 5V y un sistema de carga de energía renovable.

**Bloque de adquisición de datos.** - La función de este bloque adquiere datos de temperatura del sensor infrarrojo recepta los grados ambiente y corporal, señal del sensor de pulsos cardíacos, el módulo GPS adquiere medidas de altitud, latitud, longitud y velocidad, los datos que adquiere los transmite a la tarjeta de desarrollo para su procesamiento.

**Bloque de procesamiento.** - En base a los datos que se obtiene por los sensores, la tarjeta de desarrollo es capaz de emitir señales de salida, el módulo GSM/GPRS establece la comunicación entre la tarjeta de desarrollo el ganadero y la página web, el cual permite controlar y supervisar el estado de salud del semoviente y la seguridad del collar, de acuerdo a la información procesada, el dispositivo puede enviar mensajes de alerta a un teléfono móvil en caso de la seguridad del prototipo asido vulnerada.

**Bloque de visualización.** - En este bloque se muestra por medio de una página web se creó en un lenguaje HTML, en un hosting web la interfaz gráfica establece una manera ordenada de representación de datos del prototipo la ubicación geográfica se presenta de manera grafica.

**Bloque de almacenamiento.** - La información adquirida se almacena en la base de datos establecida MYSQL, con un servidor web establecido en Namecheap mediante comunicación FTP entre la base de datos y el hosting web.



**Figura 2-2:** Diagrama de bloques del prototipo

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

## 2.4 Descripción de elementos *hardware* del prototipo




En este capítulo se detallan los elementos a usar para la construcción del prototipo con las características más relevantes.

### 2.4.1 *Sensor de temperatura*

Los dispositivos electrónicos que emiten una señal eléctrica para medida de temperatura sin contacto son los sensores infrarrojos con alta precisión para rangos amplios de temperatura, en el mercado existen varias alternativas de sensores infrarrojos los cuales se describen en la Tabla 1-2 y se determinara el especificado para el prototipo.

Se determino el sensor infrarrojo de temperatura MLX90614 optimo al prototipo, su rango de medición, cumple el requerimiento establecido en un rango entre 35 y 85 °C su precisión es menor de los demás sensores, su dimensión es compacta voltaje y corriente de consumo intermedio, en el ANEXO A el *datasheet* del mismo.

**Tabla 1-2:** Comparativo de sensores infrarrojos

Modelo de sensor	AM2301	MLX90614	LM35
Alimentación de voltaje	3,1 – 5 VDC	3 – 5 VDC	5 VDC
Corriente DC	1 -1,5mA	1 -1,3 mA	100mA
Rango de Medición	-40°C hasta 80 °C	-35°C hasta 85 °C	2 °C hasta 150 °C
Precisión	+/- 0,5°C	+/- 0,5°C	+/- 0,5°C
Rango de Medida	1cm hasta 4m	50cm hasta 1m	40cm hasta 50cm
Dimensiones	30 mm x 25mm x 15mm	15 mm x 10 mm	4,69mm x 4.69mm
Imagen			

**Fuente:** (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

La figura 3-2 presenta de forma física el sensor de temperatura infrarrojo.



**Figura 3-2:** Vista del sensor MLX90614

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022.

## 2.4.2 Sensor de frecuencia cardiaca

Existen diferentes medios electrónicos para la medición de frecuencia cardiaca, los sensores tienen una emisión de luz infrarroja el cual permite medir los niveles de oxígeno en la sangre, al contacto con el cuerpo a una distancia, en la Tabla 2-2 se especifican características de los diferentes tipos de sensores en el mercado.

**Tabla 2-2:** Relación de los+ sensores de pulso cardiaco.

Modelo	XD-58C	MAX30102	MAX30100
Voltaje	3,3 V hasta 5 V	1,8 V hasta 3,3 V	1,8 V hasta 5,5 V
Corriente de consumo	4 mA	600Ua	200 uA
Pines	4	5	7
Dimensiones Sensor	Diámetro 1.5 cm	1,6 mm x 1,6 mm	5,6 mm x 2,8 mm x 1,2 mm
Imagen			

Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

Se escogió el sensor de pulso o ritmo cardiaco de Arduino XD-58C presentado en la figura 4-2, este dispositivo es de *plug and play*, el cual requiere un voltaje de alimentación de mínimo 3,3V a un máximo de 5V, el consumo de corriente es bajo 4 mA el diámetro del sensor cumple los requerimientos del prototipo.






**Figura 4-2:** Vista anterior y posterior del sensor

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

### 2.4.3 Módulo de localización GPS

Presenta la posición geográfica satelital de un objeto expresado en latitud longitud y velocidad de transmisión de datos. Existen módulos GPS de diferentes características para cumplir los requerimientos del usuario en la tabla 3-2 se especifican tres módulos de sensores de localización y sus características. Se determino el módulo de localización GPS Neo 6M, sus características principales son su voltaje de alimentación de 3V a 5V, su comunicación lo hace de forma bidireccional, ofrece bajo costo de adquisición, precisión de los datos al ser recibidos, tamaño reducido y compatibilidad con todo hardware, en la figura 5-2 se observa el módulo GPS.

**Tabla 3-2:** Comparativa de sensores de pulso cardiaco.

Modelo	GPS NEO 6M	Quectel L80	EM-406
Voltaje	2,7-3,6VDC	3,0 – 4,3 VDC	4,5 – 6,5 VDC
Corriente de consumo	47mA	25mA	44mA
Canales	50	66	20
Sensibilidad	-156,161 dBm	-148, -160, -165 dBm	-159 dBm
Velocidad Transmisión	9600 baudios	9600 baudios	4800 baudios
Pines del sensor	24	9	6
Pines del modulo	4	16 y 2	6
Error de Distancia	hasta 2,5m	hasta 3m	hasta 2m
Dimensiones Sensor	12mm x 16mm x2mm	16 x 16 x 6,45 mm	30 x 30 x 10,5 mm
Dimensión Antena	22 x 22 mm	(13 x 13x 4) mm	(18.2x 18,20 x 4) mm
Precio	4\$ a 6\$	5\$-8\$	6\$-8\$
Imagen			

Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022



**Figura 5-2:** Vista anterior y posterior del módulo GSM

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

#### **2.4.4 Tarjeta de desarrollo**




La placa de desarrollo arduino, posee características acordes a los requerimientos del prototipo, compatibilidad con los sensores, el *hardware* del dispositivo consta de un microcontrolador, su *software* de programación es libre Arduino IDE. En la tabla 4-2 se realiza un comparativo entre diferentes tipos de arduino.

Dada la tabla 4-2 el arduino Nano cumple los requerimientos establecidos para procesar los datos enviados desde los sensores hacia la página web, es una placa pequeña, completa y compatible con la placa de pruebas basada en el ATmega328, solo carece de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar por sus dimensiones ideales al prototipo.

Las entradas y salidas que completan la necesidad de los requerimientos para la comunicación de sensores su memoria su voltaje y corriente no sobrepasan los requerimientos de funcionamiento.

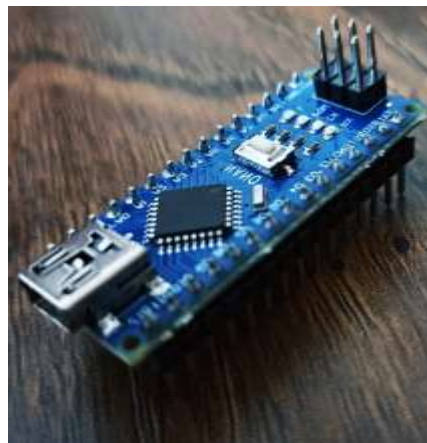


**Tabla 4-2:** Características de los modelos de arduino.

Modelo	MEGA 2560	UNO	NANO
<b>Microcontrolador</b>	ATmega2560	ATmega328P	ATmega328
<b>Voltaje</b>	3V hasta 7V	3V hasta 7V	3V hasta 7V
<b>Corriente</b>	20 mA a 30 mA	20 mA a 35mA	40 mA a 50 mA
<b>Pines Digitales</b>	54	14.	14
<b>Pines PWM</b>	15	6	0
<b>Pines Analógicos</b>	16	6	8
<b>Memoria</b>	256 KB	32 KB	16KB - 32 KB
<b>Dimensiones</b>	10 cm x 5,3 cm	6,8 cm x4,5 cm	4,5 cm x 1,8 cm
<b>Peso</b>	37 gr	25 gr	5 gr
<b>Imagen</b>			

Fuente: (Gras, 2020),

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022



**Figura 6-2:** Arduino Nano




Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

### 2.4.5 Módulo de comunicación

El bloque de adquisición establece el envío y recepción de la información entre el ganadero el supervisor y el prototipo, el módulo GSM/GPRS envía y recibe datos por medio del protocolo FTP a la nube y lo muestra en la página web del prototipo. Con la tecnología GSM explicada se procedió a comparar modelos de Shield GSM presentados en la tabla 5.2.

De los elementos establecidos en la tabla 5-2 se estableció el Shield GSM Sim800 como elemento de comunicación del prototipo, su comunicación por FTP Y TCP de fácil programación, su reducido consumo de corriente voltaje y su dimensión acorde al prototipo se muestra en la figura 7-2 su estructura.

**Tabla 5-2:** Características de los módulos GSM

Características	Shield GSM SIM800	Shield M2M	GSM Shield
Procesador	Sim800	Quectel M66	Quectel M10
Voltaje	4.8 – 5.2 VDC	5 VDC	5VDC
Corriente de consumo	50- 450 mA	40 – 1800 mA	700 – 1000 mA
Frecuencias	850 - 900 MHz	850 - 900 MHz	850 - 1900 MHz
Velocidad de transmisión	42,8/85,6 Kbps	85,6 Kbps	85,6 Kbps
Comunicación	TCP/HTTP, FTP	TCP/ UDP/ PPP/ FTP/ HTTP/ SMTP/ CMUX/ SSL	TCP/UDP, HTTP
Dimensiones	11 cm x 5,8 cm	6,8 cm x5,3 cm	10cm x7,6 cm
Imagen			

Fuente: (Gras, 2020),(HANWEI ELECTRONICS CO., 2020)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022



**Figura 7-2:** Vista anterior y posterior del módulo GSM

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

El prototipo debe contar con un plan de datos y cobertura de red móvil para él envío de mensajes y llamadas cuando este en modo de alerta, en Ecuador se tiene 3 operadoras de mayor cobertura las cuales brindan conexión, eficiencia y ciberseguridad e innovación y competitividad, en la tabla 6-2 se presenta las características de las principales operadoras.

**Tabla 6-2:** Características de las principales operadoras.

Operadora	Transmisión de datos	Participación ciudadana en telefonía móvil (%)	Costo de plan móvil	Cobertura del país (%)
<b>CLARO</b>	850MHz hasta 1900MHz GSM;	53,6	15,00\$ mensual	95
<b>CNT</b>	1900 MHz GSM;	28,1	15,00\$ mensual	90
<b>MOVI</b>	850MHz hasta 1900MHz GSM;	18,3	13,00\$ mensual	80

Fuente: (Gras, 2020),(Telesemana, 2019)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

En cuanto a la distribución del mercado, la operadora más usada en Ecuador es Claro con el 53,6%. en número de clientes le sigue Movistar como la segunda operadora líder de

este sector. En referencia a cobertura telefonía móvil Claro con el 95% de cobertura en todo el país (Telesemana, 2019).

Claro es la operadora de elección cumple los requerimientos de cobertura y compatibilidad entre clientes, su plan básico es de 15.00\$ mayor a otras operadoras

#### **2.4.6 Bloque de almacenamiento**

El sistema gestor de base de datos es el encargado del almacenamiento, administración y gestión de la información en la tabla 7-2 se detallan diferentes SGBD de pertenencia gratuita o dominio sus ventajas y desventajas.

Revisando los distintos gestores de bases de datos sus ventajas y desventajas la base de datos se elige el *software* MySQL el cual es muy utilizado para aplicaciones web.

**Tabla 7-2:** Sistemas de Gestión de Base de Datos

SGBD	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>ACCESS</b>	Pertenece a Microsoft. Gráfico. Métodos simples, formularios,	Asequible para personas con las bases de datos. Crea varias vistas.	No es multiplataforma. No funciona con bases de datos grandes.
<b>SQLITE</b>	Los tipos de datos se asignan a valores individuales y no a la columna como la mayoría de los SGBD.	Multiplataforma. No requiere configuración. Acceso muy rápido. No requiere servidor.	El dinamismo de los datos hace que no se portable a otras bases de datos.
<b>SQLSERVES</b>	Software propietario. El lenguaje es TSQL	Multiplataforma, aunque pertenezca a Microsoft. Transacciones.	RAM. Tamaño de página fijo y pequeño. Relación calidad/precio inferior a Oracle.

Fuente: (Um, 2018),(Uis y Ipoll, 2008)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

#### 2.4.7 Interfaz del usuario

Un *hosting web*, aloja contenidos de una web en nuestro prototipo aloja los datos obtenidos del dispositivo registrados en la base de datos para que estos se muestren en todo momento desde cualquier dispositivo así lo requiera el usuario ganadero al establecer comunicación FTP permite modificar añadir o eliminar datos de la nube (<https://www.ionos.es>, s.f). En la tabla 8-2 se describen características del hosting web utilizado

**Tabla 8-2:** Hosting web

Sitio Namecheap	
Web	
<b>Imagen</b>	
<b>Dirección</b>	<a href="https://www.namecheap.com">https://www.namecheap.com</a>
<b>Espacio de Disco Duro</b>	50 GB
<b>Soporta</b>	FTP, PHP, MySQL, Correo
<b>Costo</b>	34.65\$ anual

Fuente: (Namecheap, 2018)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

La principal característica del hosting web es el almacenamiento que tiene para que nuestro sitio web no tenga limitaciones de edición de imágenes o presentación de datos tenga una interfaz amigable y segura.

#### **2.4.8 Batería de litio**

El prototipo al requerir un funcionamiento continuo autónomo 24/7, el prototipo emplea un sistema de energía propio a través de dos paneles solares todo el voltaje será almacenado en una batería de litio recargable. La tabla 9-2 presenta las características y especificaciones del panel solar (Ramirez y Chango, 2018, p. 35-39).

La figura 8-2 presenta los elementos del bloque de alimentación del prototipo.



**Figura 8-2:** Batería de Litio

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

La tabla 9-2 muestra las características de la batería recargable de litio el segundo componente del bloque de alimentación del prototipo.

**Tabla 9-2:** Características de la batería de litio

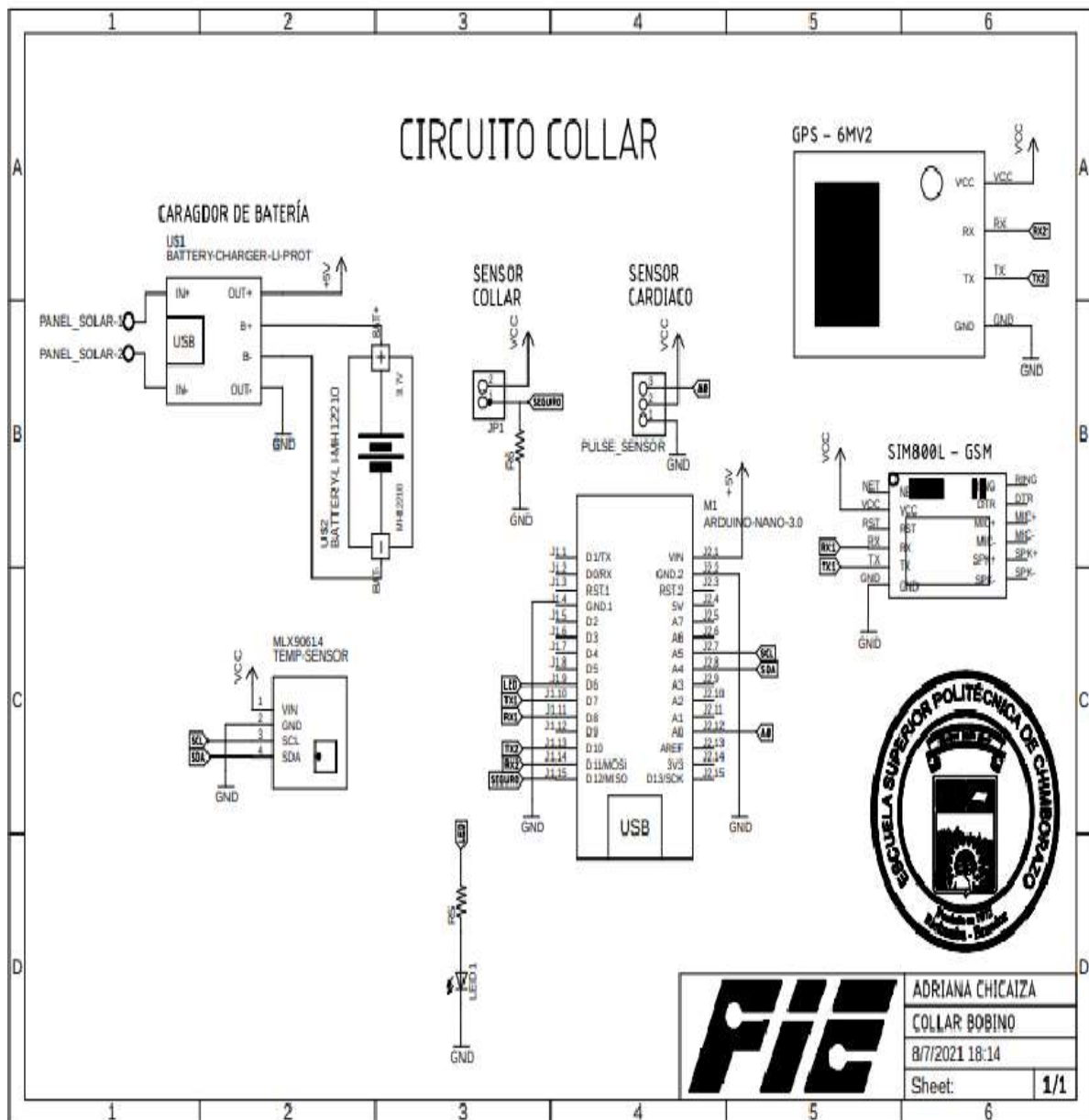
Modelo	Características
Descripción	5 V
Voltaje de salida	5600mA
Consumo de Corriente	6cm x 8cm x 3mm
Dimensión	5 V
Voltaje de entrada	1 A hasta 2 A

**Fuente:** (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

## 2.5 Esquema de conexión electrónica

A continuación, en la figura 9-2 se muestra los elementos y conexiones para la construcción del prototipo, el esquema se realizó con el programa Proteus, que cuenta con una variedad de componentes, además, cuenta con la opción de cambiar el color de cable de conexiones para una mejor apreciación.



**Figura 9-2:** Esquema de conexión electrónica

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2020



- La alimentación para el prototipo los suministra una batería de litio de 5V, la cual se conecta al Arduino mediante un adaptador, la batería es recargada a través de un módulo de carga con paneles solares.
- Los sensores MQ se alimentan por la salida de 5 V que proporciona el Arduino además del terminal de tierra, las salidas analógicas de los sensores se conectan a las entradas analógicas del Arduino, así pues, la salida del sensor MQ-7 con la entrada A0, la salida del sensor MQ-131 con la entrada A1 y la salida del sensor MQ-135 con la entrada A2.
- La pantalla OLED se alimenta por los 5 V del Arduino, el terminal SCK de la pantalla se conecta al terminal 21 del Arduino y el terminal SDA de la pantalla se conecta al terminal 20 del Arduino.

Los terminales de conexión con el Arduino se los indica en la tabla 10-2:

**Tabla 10-2:** Terminales de conexión con Arduino

	Terminal componente	Terminal Arduino NANO
Sensor de temperatura MLX90614	VDD	5 V
	GND	GND
	SCL	A5
	SDA	A4
Sensor pulso cardiaco	VCC	5 V
	GND	GND
	A0	A0
Módulo GSM	VCC	5 V
	TX1	D8
	RX1	D7
Módulo GPS	VCC	5 V
	TX2	D11
	RX2	D10
Diodo led verde	VCC	D36
Sensor magnético		D2

Fuente: (Matematik y Arduino, 2021)

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

## 2.6 **Requerimientos *software* del prototipo**

Una vez estudiado los elementos hardware a usarse en la construcción del prototipo, se busca los programas o *software* acordes que cumplan con los requerimientos descritos a continuación:

- Obtener información del semoviente, temperatura corporal, pulso cardiaco localización geográfica de forma secuencial en un periodo de tiempo preestablecido.
- Determinar los valores nominales de temperatura y pulso cardiaco para determinar el estado de salud del semoviente (ganado vacuno).
- Realizar la comunicación entre la tarjeta de desarrollo el ganadero y la página web mediante comunicación GSM
- Establecer la comunicación unidireccional entre el prototipo y el ganadero para detectar la vulneración del collar, estructurar un mensaje de texto y realizar una llamada telefónica.
- Visualizar la información del semoviente en una página web.

El software para el prototipo de collar es uno solo, pero incluye una función específica:

- Función de seguridad (FS)

## 2.7 **Herramientas *software* del prototipo**

Para el funcionamiento del prototipo se utilizó un programa de plataforma libre que en este caso es el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) de Arduino 1.8.13, el cuál es una aplicación que permite desarrollar y grabar códigos para el funcionamiento de la placa de desarrollo según la conveniencia, además, permite depurar el código buscando errores, el programa compilado se almacena en la memoria flash del hardware; su entorno es sencillo y debido a esto es su gran éxito (Ruiz Guti, 2007, p. 10-26)

Las librerías usadas se describen a continuación:

- En el inicio, se incluye las librerías, declaración de variables e inicialización de las mismas

Se incluye las librerías externas necesarias para utilizar los diferentes sensores, en la tabla 11-2 se especifica cada librería y su respectiva función.

**Tabla 11-2:** Librerías especificadas en la programación del software

LIBRERÍA	FUNCIÓN
<code>#include &lt;Adafruit_MLX90614.h&gt;</code>	El sensor infrarrojo MLX90614 entrega 2 tipos de temperaturas, la ambiental y la corporal (°C).
<code>LiquidCrystal_I2C.h&gt;</code>	Librería para la comunicación I2C.
<code>&lt;TinyGPS.h&gt;</code>	Recepción de datos del módulo GPS (latitud, longitud, velocidad)
<code>&lt;SoftwareSerial.h&gt;</code>	Ccomunicación serial

Fuente: (Ingeniería MCI Ltda, [s.f.])

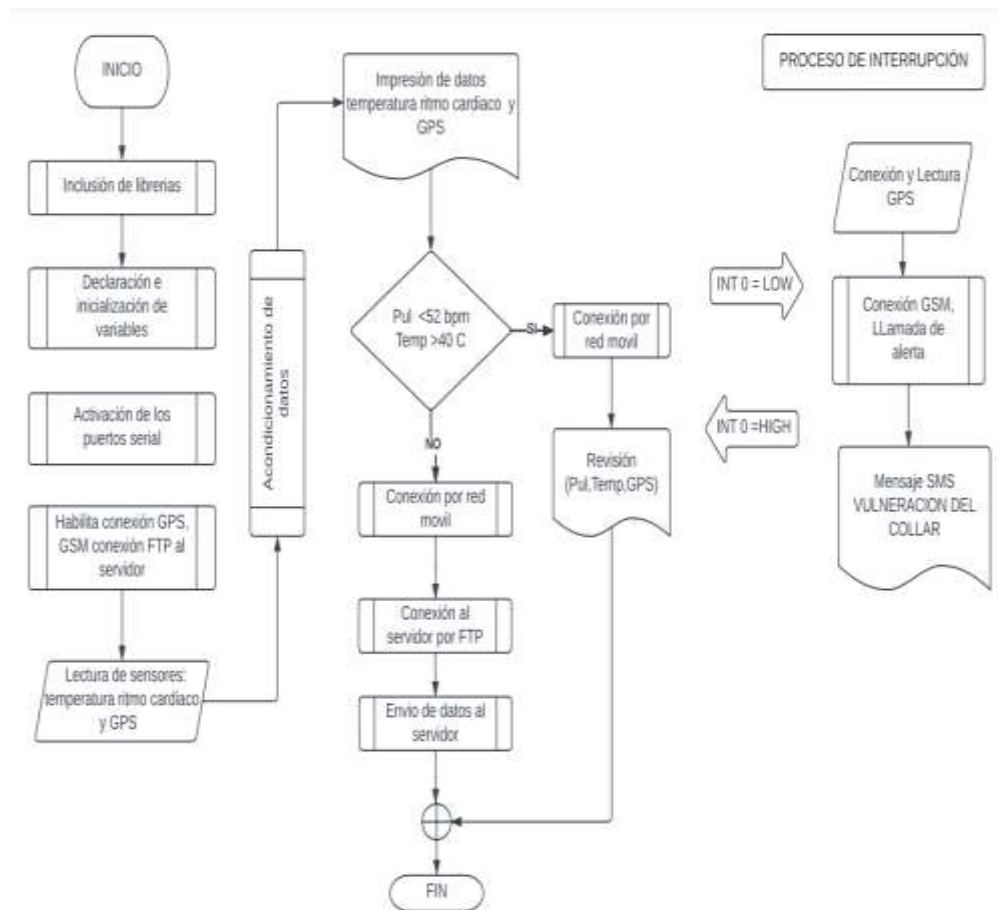
Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

- Activación de los puertos serial y tasa de transición de datos (9600 baudios) del módulo GPS y la señal del módulo SIM8008 para el envío de la información a la base de datos.
- Se habilita la conexión GPS Y GSM y la conexión FTP al servidor.
- Se inicializa el bloque de repetición indefinida (*void loop*)
- Empieza la lectura de datos de los sensores, estos datos son transformados en valores de temperatura, frecuencia cardiaca, longitud y latitud cada tres minutos.
- Los datos son colocados en las variables para su posterior manejo y procesamiento (latidos, tiempo, posición).
- Se analiza si, las variables tanto de temperatura, y ritmo cardíaco deben estar por encima de los valores nominales. Si lo están por medio de comandos AT se conectan con la red móvil y el servidor respectivamente. Si no lo están se envía un mensaje de revisión al ganadero (REVISIÓN)

Función de seguridad

Las diversas formas de vulnerar el collar son detectadas por el estado de cambio del sensor magnético establecido en el collar al abrir el collar emitirá una alerta. El diagrama de flujo de la figura 10-2 muestra la función de seguridad

- Se establece la función *attachInterrupt(..)*
- Se acondiciona uno de los valores recibidos por parte del sensor magnético establecido en una variable y se condiciona Si INT0= 1 realizar el proceso de interrupción (el pin cambia de alto a bajo).
- Se establece la conexión y lectura de GPS (latitud longitud).
- Por medio de comandos AT se conectan con la red móvil e inicia la llamada de 30 segundos y el mensaje de (VULNERACIÓN DEL COLLAR).
- Al finalizar el proceso de interrupción volverá al proceso general del prototipo.



**Figura 10-2:** Esquema de software

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

## 2.8 Desarrollo del código de comunicación

La forma de comunicarse entre el arduino y la página web es vía GSM por parte del módulo SIM8008, red móvil claro) con mayor cobertura a nivel nacional.

Cada etapa se describe a continuación

- Se incluye la librería para los protocolos de comunicación GSM, GPRS y FTP.
- Se inicializa la función de conexión entre la red móvil y el servidor por medio de comandos AT.
- Se ingresan los datos al archivo para ser visualizados en la página web.
- Al vulnerar el collar se envía un mensaje de texto al ganadero (VULNERACIÓN), la comunicación es posible por la programación de los comandos AT y la conexión a la red móvil GSM del módulo *shield SIM800*.
- Al sobrepasar los valores nominales de temperatura ritmo cardíaco y GPS se envía un mensaje de texto al ganadero (REVISIÓN), la comunicación es posible por la programación de los comandos AT y la conexión a la red móvil GSM del módulo *shield SIM800*.

La actualización de datos en la página web se da cada 5 minutos, tiempo de espera en actualización de datos al estar en modo de alerta la conexión con el ganadero es de 30 segundos de espera.

## 2.9 Diseño de la página web

La página visualiza un entorno relacionado al control y supervisión de semovientes, está configurado en un *hosting web* de dominio privado. El sitio web crea un historial de la información adquirida gracias a que trabaja con una base de datos creado en MYSQL propio del sitio web la configuración sobre el dominio del sitio y la base de datos se realiza en su extensión *Cpanel*. El URL de la página web es [valvestor.com/Collar/](http://valvestor.com/Collar/) facilita el acceso seguro desde cualquier navegador, en él se establecen dos ventanas en la primera se presenta un sitio principal requiriendo un usuario y contraseña para el acceso a la información, los usuario y contraseñas son establecidas por el ganadero y guardadas en la base de datos, la figura 11-2 muestra la página principal del sitio web.



**Figura 11-2:** Menú principal de la página web

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2020

En la figura 12-2 se observa el menú de información proporciona la opción de identificación el ID del semoviente, con la cual se desplegará la información automática de los valores temperatura ,frecuencia cardiaca, su localización está representada en una extensión del Google Maps del sitio de implementación a su vez es presentado en forma numérica la latitud y longitud del posicionamiento geográfico del semoviente, se especifica un parámetro de seguridad la cual detalla el estado del collar está en funcionamiento.

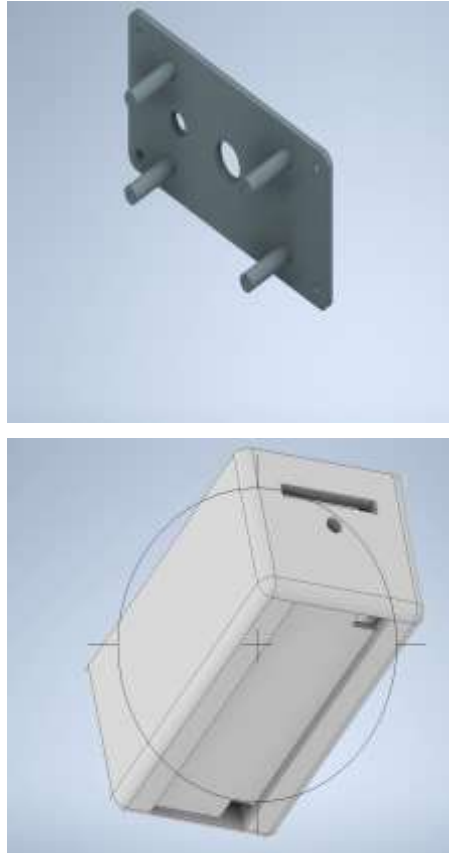


**Figura 12-2:** Menú secundario de la página web

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2020

## 2.10 Diseño de piezas del prototipo.

Para el diseño del prototipo se utilizó en el *software Autodesk Inventor*. 2020. Se divide en dos partes la tapa y la estructura interna del prototipo, como se aprecia en la figura 13-2.



**Figura 13-2:** Estructura en Autodesk

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2020

Al considerar que el prototipo se va alojar en un sitio a la intemperie, se ve expuesto a factores de daño como la lluvia o vulneración de animales, se optó por un modelo ergonómico que satisfaga los requerimientos de seguridad, las medidas de la estructura se muestran en la tabla 12-2 donde se refleja las medidas de la carcasa del prototipo en donde coloca el panel solar y la placa del prototipo en la tabla 12-2 se muestra la cubierta de la carcasa en la cual se plasma la salida de los sensores tanto infrarrojos como de pulso cardíaco y la antena del sensor GPS.

**Tabla 12-2:** Partes del segmento frontal y posterior del prototipo

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN (mm)
Longitud total	130
Altura total	70
Profundidad total	58
Profundidad cavidad	53
Longitud cavidad	120
Altura cavidad	60
Bordes	5
Longitud correa	40
Ancho correa	5
Cavidad antena	6
Salida sensor de seguridad	5
Tornillo	4,38
Longitud corte conexión panel solar	10
Altura corte conexión panel solar	10
Longitud panel solar	120
Altura panel solar	17,5
Cavidad panel solar	3

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

En general la carcasa del prototipo tiene 13 cm de largo x 5,8cm de ancho y 7 cm de alto en medidas considerables para la impresión



**Tabla 13-2:** Partes del segmento frontal y posterior del prototipo.

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN (mm)
Longitud total	124
Altura total	64
Profundidad total	3
Distancia longitudinal entre tornillos	110
Distancia transversal entre tornillos	50
Corte sensor ritmo cardiaco	15
Corte sensor de temperatura	54
Borde	5
Soporte para placa	25
Diámetro tornillos de soporte	3,27
Diámetro tornillos de tapa	4

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

## 2.11 Construcción del prototipo

Las partes que conforman la estructura del prototipo fueron elaboradas en impresión 3D en fibra de carbón, un polímero biodegradable, altamente versátil, resistente y bajo peso que lo hace ideal para conformar el prototipo en la figura 16-2 se observa la impresión final de la estructura.



**Figura 14-2:** Parte interna del prototipo

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2020

En la figura 14-2. se aprecia el ensamble de la impresión con la placa, tarjetas de desarrollo, sensores, el sistema de alimentación batería recargable y el panel solar. Terminada la elaboración de las piezas se ensambla el prototipo, se acopla el cinturón que regula el alojamiento del prototipo al semoviente es un material impermeable resistente a factores de corrosión su hebilla donde se alojara el sensor de seguridad es de plástico se ajusta los requerimientos de seguridad se presenta en la figura 15-2 el prototipo ensamblado.



**Figura 15-2:** Prototipo implementado

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2020

Concluido el ensamblaje del prototipo se procedió a tomar las dimensiones y el peso resultante, como se especifica en la tabla 14-2.

**Tabla 14-2:** Medidas específicas

Característica	Dimensión
Ancho	5,70 cm
Largo	13,5 cm
Alto	5,0 cm
Peso	10 kg

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

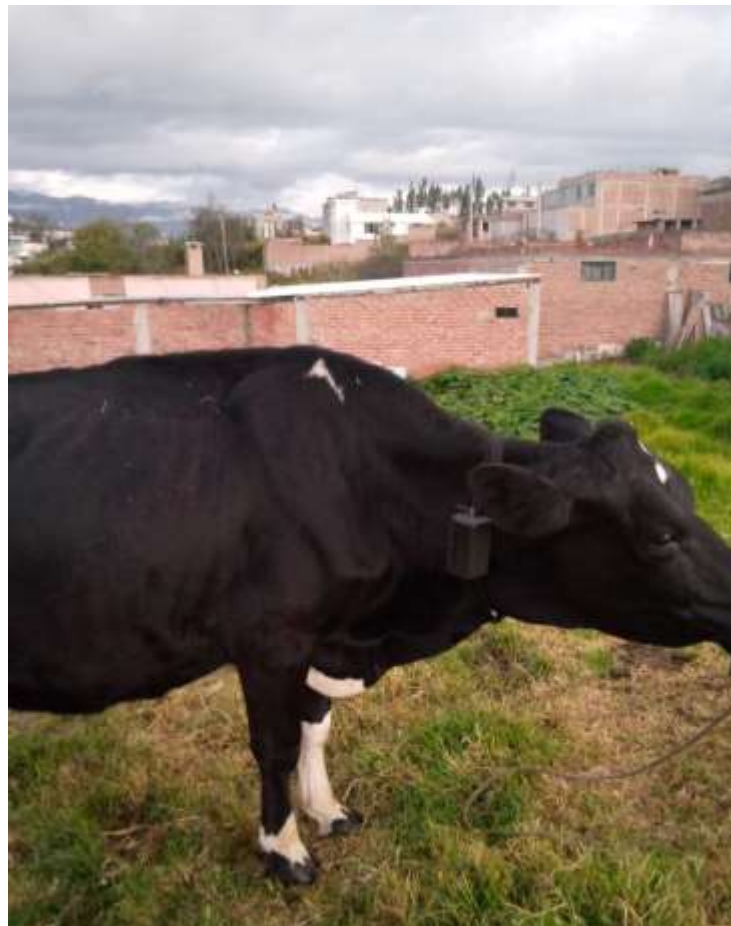
## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el actual capítulo se presenta los resultados que se obtuvo en la ejecución de pruebas a los dispositivos que conforman el prototipo

#### 3.1 Implementación del sistema

Para la ejecución de pruebas, Se realizaron pruebas de validación entre los sensores, seguridad y comunicación, tanto en hardware y software, se realizó la evaluación de la página web llegada de datos y tiempos de espera, la estabilidad el prototipo y un análisis económico del prototipo.



**Figura 1-3:** Prototipo implementado

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

### 3.2 Prueba de medición del sensor de pulso cardiaco

El objetivo es determinar el grado de precisión y exactitud del sensor de pulso cardiaco XD-58C *plug and play*, mediante el cálculo del error absoluto, relativo y porcentual.

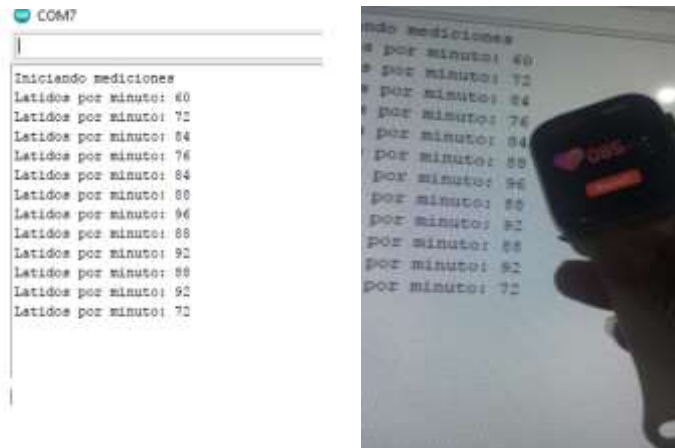
Para lo cual se tomó 20 muestras presentadas en la tabla 3-1 tomadas en el lapso de cuatro días, realizando cinco mediciones diarias a distintas horas, colocando el sensor en la muñeca de diferentes individuos, los valores adquiridos fueron comparados con el sensor de pulso cardiaco del reloj *Smart Watch T500 PLUS* (Beltran, 2021) (Jefferson, 2020).

**Tabla 1-3:** Valores de las muestras de los sensores

Nº de muestra	(BPM) Smart Watch	(BPM) con el prototipo	Error Absoluto (BPM)	Error Relativo	Error Porcentual
1	64	63	1,0	0,016	2%
2	75	73	2,0	0,027	3%
3	88	87	1,0	0,011	1%
4	79	77	2,0	0,025	3%
5	86	84	2,0	0,023	2%
6	89	88	1,0	0,011	1%
7	98	96	2,0	0,020	2%
8	92	91	1,0	0,011	1%
9	96	94	2,0	0,021	2%
10	77	77	0,0	0,000	0%
11	98	96	2,0	0,020	2%
12	77	75	2,0	0,026	3%
13	88	87	1,0	0,011	1%
14	90	88	2,0	0,022	2%
15	87	85	2,0	0,023	2%
16	89	87	2,0	0,022	2%
17	87	86	1,0	0,011	1%
18	77	77	0,0	0,000	0%
19	79	78	1,0	0,013	1%
20	90	88	2,0	0,022	2%
		MAX	2,0	0,03	3%

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

La figura 2-3 se puede visualizar los datos generados por el sensor a través del puerto serial y el smartwatch al mismo tiempo. Con los datos obtenidos de la tabla 1-3, se observa que el máximo error fue 2 BPM. En consecuencia, el error promedio porcentual es de 2.41%, el error promedio porcentual es aceptable para los rangos de medición de sensores establecido por la norma (NTC ISO/IEC 17025), el sensor no incorpora error y tiene un grado de exactitud y precisión aceptable



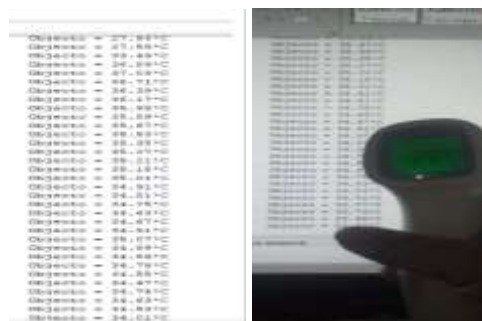
**Figura 2-3:** Latidos por minuto del prototipo

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

### 3.3 Margen de error del sensor de temperatura MLX90614

El objetivo es verificar que el prototipo no sobrepase el error máximo esperado de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  establecida por el sensor infrarrojo MLX90614 en el datasheet expresado como precisión. Para lo cual se tomó 20 lecturas de temperatura entre el prototipo y el termómetro infrarrojo PCE-780 con un error de medida  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , al mismo tiempo en diferentes objetos, en la tabla 2-3 se muestran las mediciones que se obtuvieron.

Al aplicar estadística descriptiva a la información de la tabla 2-3 se obtiene la media del error error máximo esperado de  $\pm 0,26^{\circ}\text{C}$  menor al error del sensor, verificando que la precisión del sensor utilizado es óptima, concluyendo que el prototipo se lo considera aceptable y confiable según criterio estadístico de autores por su bajo porcentaje de error.



**Figura 3-3:** Temperatura del prototipo

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

**Tabla 2-3:** Error absoluto del sensor MQ-7

N° de muestra	Temperatura con el termómetro infrarrojo PCE-780 (°C)	Temperatura con el prototipo (°C)	Error Máximo(°C)
1	60	58	2
2	35,05	35,41	-0,36
3	39,15	39,42	-0,27
4	29,5	29,42	0,08
5	38,54	38,28	0,26
6	39,05	39,32	-0,27
7	37,2	37,44	-0,24
8	35,8	35,8	0
9	30,54	30,36	0,18
10	34,12	34,34	-0,22
11	37,56	37,36	0,2
12	34,12	34,09	0,03
13	33,25	33,09	0,16
14	37,9	38,1	-0,2
15	38,5	38,75	-0,25
16	29,35	29,33	0,02
17	29,67	29,43	0,24
18	31,36	31,23	0,13
19	31,56	31,78	-0,22
20	31,44	31,54	-0,1
<b>Media</b>			1.65%

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

### 3.4 Repetitividad de los sensores

En esta prueba se tomaron 20 muestras para la supervisión del semoviente de estudio con un espacio de 5 minuto entre muestra, considerado como tiempo real, con el objetivo de determinar la estabilidad de los sensores, la información recopilada se encuentra en la tabla 3-3 y para su estudio se utilizó un análisis estadístico descriptivo con ayuda del programa *Microsoft Excel 2016* donde se obtuvo la media ( $\bar{x}$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación (CV). éste último debe ser menor al 10% para indicar que el equipo es apropiado para la aplicación a la que fue diseñada (Llamosa et al., 2007, pp.457-485).

**Tabla 3-3:** Repetitividad de los sensores

N.º	P. Cardíaco BPM	Temperatura (°C)	Latitud (° “)	Longitud (° “)
1	78	37,5	-1,66355	-78,654646
2	78	36,66	-1,66355	-78,654646
3	77	38,14	-1,66355	-78,654646
4	76	36,25	-1,66355	-78,654646
5	79	37,16	-1,66355	-78,654646
6	78	36,5	-1,66355	-78,654646
7	78	35,99	-1,66355	-78,654646
8	78	37,5	-1,66355	-78,654646
9	78	36,6	-1,66355	-78,654646
10	79	37,49	-1,66355	-78,654646
11	78	38,69	-1,66355	-78,654646
12	77	36,03	-1,66355	-78,654646
13	80	37,45	-1,66355	-78,654646
14	79	38,52	-1,66355	-78,654646
15	78	36,98	-1,66355	-78,654646
16	77	37,59	-1,66355	-78,654646
17	78	35,59	-1,66355	-78,654646
18	80	38,88	-1,66355	-78,654646
19	79	35,95	-1,66355	-78,654646
20	80	34,9	-1,66355	-78,654646
<b>Media</b>	78,24	36,99	0	0
<b>Desviación estándar</b>	1,07	1,07	0,00	0,00
<b>Coficiente de variación</b>	1,79%	0,50%	0,00%	0,00%

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

El CV de los sensores MLX90614, el sensor de pulso cardíaco *plug and play* y el sensor GPSNEO06 fue de 1,79, 0,50 y 0 respectivamente, porcentajes que al ser menores al 10 % se los considera como un equipo apropiado y aceptable según autores.

### 3.5 Prueba del bloque de comunicación

Las pruebas realizadas tuvieron como objetivo evaluar la integridad de los datos transmitidos a cada uno de los módulos.



### 3.6 Prueba de transmisión de datos a la página web

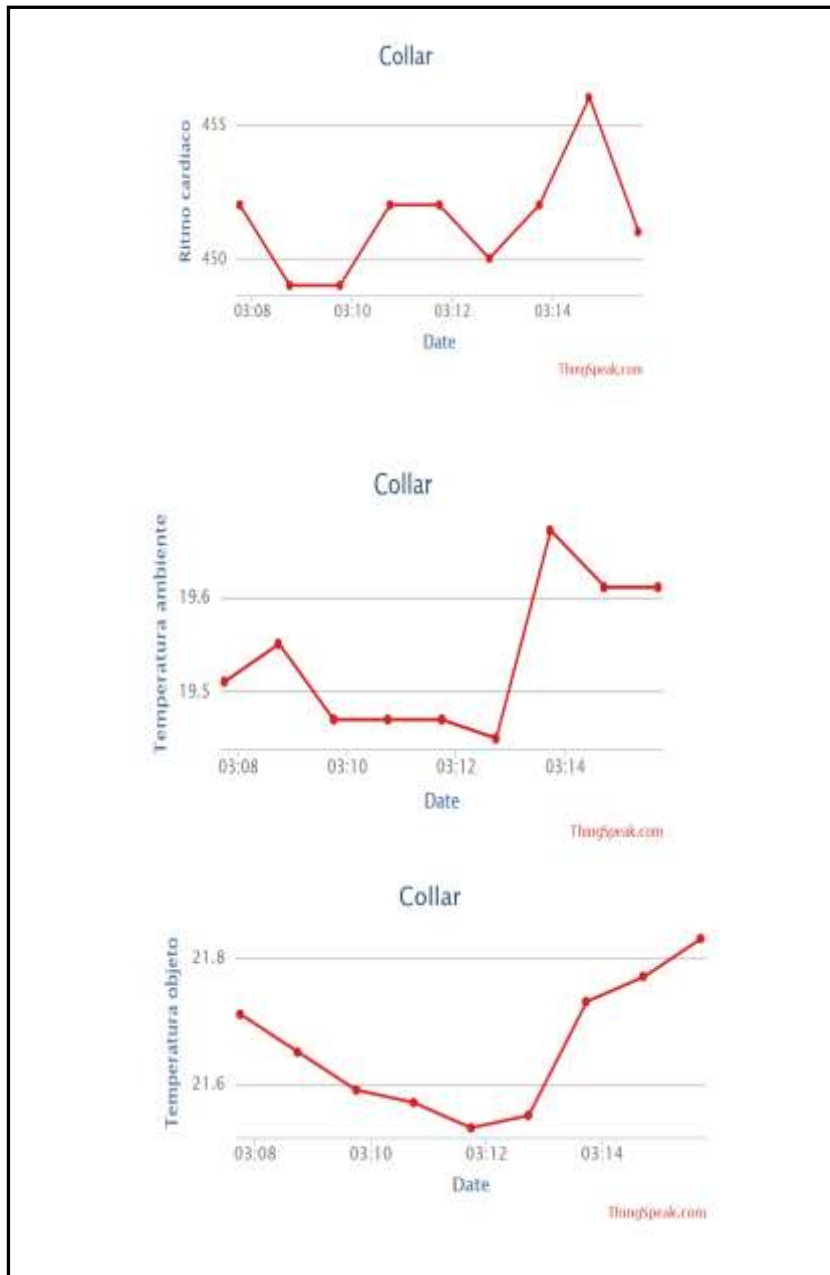
El objetivo de la prueba es determinar la existencia de comunicación entre el prototipo y la página web de dominio público de código abierto thinkspeak, la integridad de los datos enviados, se establece una comunicación entre el arduino y la página web, el cual permite recopilar y almacenar datos de los sensores y ser representados en gráficas y el tiempo de espera que se detallan en la tabla 7-3 los cuales son comparados con los datos del prototipo visualizados a través del LCD por comunicación I2C.

**Tabla 4-3:** Prueba de envío de datos a la página thinkspeak.

N. °	BPM visualizado en el LCD	visualizado en la página thinkspeak	Temperatura (°C) visualizado en el LCD	Temperatura (°C) en la página thinkspeak	Tiempo espera (segundos)
1	78	78	36,11	36,11	2
2	78	78	36,66	36,66	1
3	77	77	37,14	37,14	1,5
4	76	76	36,25	36,25	1,6
5	79	79	37,16	37,16	1,9
6	78	78	36,09	36,09	2,3
7	78	78	36,99	36,99	2
8	78	78	37,04	37,04	1
9	78	78	36,25	36,25	1,6
10	79	79	37,49	37,49	1,5
11	78	78	38,69	38,69	1,7
12	77	77	36,03	36,03	1,9
13	80	80	36,99	36,99	1,5
14	79	79	36,52	36,52	1,6
15	78	78	36,98	36,98	1,7
16	77	77	37,59	37,59	1,8
17	78	78	37,59	37,59	1,9
18	80	80	37,88	37,88	2,1
19	79	79	36,95	36,95	2
20	77	77	37,45	37,45	1,6

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

En la figura 4-3 se representa las gráficas de datos de los sensores del prototipo con el tiempo de transmisión.



**Figura 4-3:** Graficas de los valores recibidos en página web

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022

Como resultado los datos enviados del prototipo hacia la página de código abierto *thingspeak* son correctos y el tiempo máximo de espera es 2,3s por muestra.

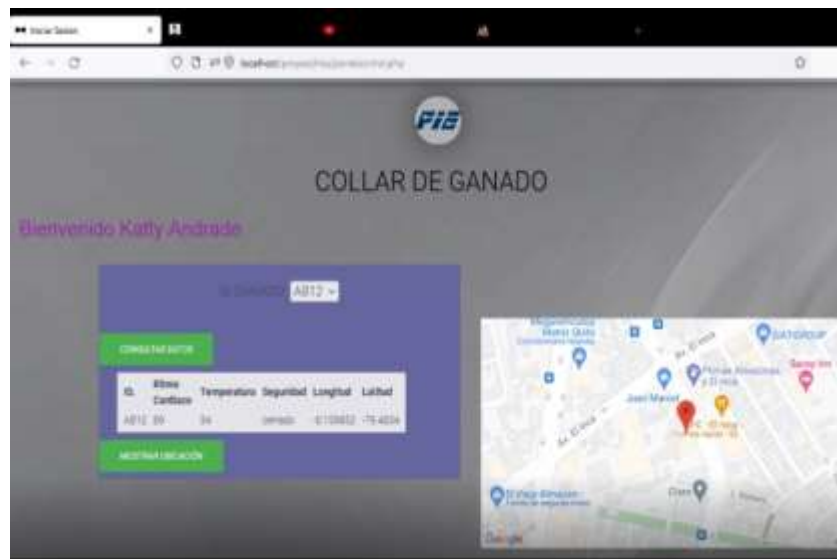
El segundo análisis se realizó entre la página web de nuestra autoría y el prototipo, se visualizan los valores que muestra LCD conectado en paralelo con comunicación I2C. Los valores y tiempo de envío de datos se presentan en la tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Envío de datos a la página de dominio propio

N.º	# de datos enviado	Hora de envió	# datos recibidos en la web	Hora de recepción	Tiempo de espera (minutos)
1	6	9:20	6	9:23	3
2	6	11:34	6	11:36	2
3	6	12:30	6	12:33	3
4	6	14:38	6	14:40	2
5	6	15:20	6	15:23	3
6	6	18:32	6	18:35	3
7	6	18:40	6	18:42	2
8	6	19:52	6	19:54	2
9	6	20:20	6	20:22	2
10	6	21:43	6	21:46	3

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

La figura 5-3 visualiza los datos registrados por el sitio web.



**Figura 5-3:** Presentación de la página web

Realizado por: Chicaiza Adriana, 2022



**Figura 6-3:** Visualización de los datos del prototipo

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

Como resultado del análisis se obtuvo que las lecturas realizadas por los sensores exhiben datos en un tiempo real y en un tiempo de espera máximo de 2,3s sin margen de error, por lo que existe transmisión adecuada de parte del collar hacia la página *thinkspk*. puede comunicarse unidireccional en un tiempo aceptable con la página de dominio propio en un tiempo estimado de 3 minutos.

### **3.7 Prueba de consumo de energía del prototipo de collar**

El objetivo es determinar el sistema de energía necesario para cumplir con el objetivo de autonomía del prototipo.

Se determinar el voltaje y corriente requerida por los sensores y los módulos GSM y GPS datos que fueron tomados de los datasheet de los fabricantes en la tabla 6-3 se observa el voltaje y corriente requerido por los sensores.

**Tabla 6-3:** Consumo de corriente del prototipo

<b>COMPONENTES</b>	<b>Corriente(mA)</b>
<b>Sensor de temperatura MLX90614</b>	2
<b>Sensor de ritmo cardiaco</b>	2
<b>Módulo SIM 800L</b>	1,02 ( <i>sleep mode</i> )
<b>Ráfaga de transmisión</b>	2
<b>Durante la transmisión</b>	80
<b>Durante la llamada</b>	116
<b>Módulo GPS NEO6</b>	37
<b>Sensor magnético</b>	3
<b>Arduino Nano</b>	15
<b>TOTAL</b>	175,02 en la llamada 139 en transmisión 61 <i>sleep mode</i>

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

Se determinó que la fuente necesaria para cumplir con este objetivo fue de 5Vdc debido a que dicho módulo trabaja de manera adecuada si se usa tal voltaje Estableciendo el consumo de corriente del prototipo puede llegar a los 200 mA, en este caso:

Para cubrir el consumo de energía se requiere una corriente mayor a 4800mA determinado mediante la siguiente ecuación,

$$H = \frac{Wb}{Wc} \quad (1-3)$$

Donde:

H = son las horas de autonomía de alimentación.

Wb = es la potencia de la batería que se obtiene multiplicando el V de la batería por mAh de la batería.

Wc = es la potencia que consume el equipo.

Dado que la batería que se usa es de 9 V con 550 mAh la Wb es igual a 4.95 W; la potencia de consumo del prototipo es de 2.358, aplicando la fórmula 1-3 se tiene 2.1 horas concluyendo que la autonomía del prototipo con la batería es de 2 horas con 6 minutos.

Se consideró dos baterías de litio conectadas en paralelo para obtener la corriente de consume en el máximo de los casos.

Para la autonomía del sistema se estableció un sistema de carga por parte de un panel solar el cual, en condiciones ideales de temperatura y luz, genera una irradiación solar puede generar hasta 1W de potencia este solo generará un total de 400 mA en todo el día ( $1W/5A = 0.4A = 400 \text{ mA}$ ).

De este modo en los peores días para un panel de 1W, podemos estimar que contaremos con 400 mA a lo largo de todo el día. De este modo para cargar una batería de 4800 mA necesitaremos un panel de al menos 12W ( $4800/400$ ). El prototipo cuenta con dos paneles solares conectados en paralelo de 6W que cubren el requerimiento de carga de la batería durante todo el día.

Con los resultados obtenidos del consumo de energía total del prototipo se establece que la batería suministra alrededor de un día sin ser recarga por cable, debido a que es recargada por los paneles solares obteniendo un prototipo con una duración de 24/7.

### **3.8 Autonomía del prototipo**

El objetivo es determinar la autonomía del prototipo durante un día, se estableció un medidor de nivel de carga conectado en paralelo al prototipo, el porcentaje de carga y voltaje se visualiza en el LCD, teniendo en consideración que el prototipo se encuentra en el envío de datos cada tres minutos.

Se realizó un análisis estadístico estableciendo una regla de tres entre el voltaje de la batería y el tiempo de descarga del prototipo, se establece el 100% cuando el prototipo presenta un voltaje de 4V, cuando presenta un voltaje igual o menor a un voltio esta descargada por ser insuficiente para que trabaje el circuito. En la figura 6-3 se observa el medidor de nivel de carga, en uso regular.



**Figura 7-3:** Nivel de carga conectado en paralelo

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

En la figura 6-3 se observa el 100% con un voltaje de cuatro voltios y un 85% con un voltaje de tres voltios al transcurrir 13 horas y 20 minutos.

**Figura 8-3:** Nivel de carga

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022



Se concluye que el 15% de la batería de litio, es consumida en 13 horas y veinte minutos, estableciendo un funcionamiento continuo de 24 horas

### 3.9 Puesta en funcionamiento

Se instaló el prototipo en el semoviente obteniendo la información establecida como la frecuencia cardíaca, temperatura y localización latitud y longitud esta información visualizada en la página web, obteniendo valores acorde a lo establecido, no existe pérdida de datos no existe interferencia entre el rango de alcance de localización que lo integran, la sujeción del prototipo no invada el comportamiento del semoviente, se estable el sistema de alerta al número asignado cumpliendo así con los requerimientos planteados al igual que el almacenamiento de datos se realiza de manera satisfactoria. En la figura 9-3 se muestra la implementación del prototipo al semoviente.



**Figura 9-3:** Prototipo implementado

**Realizado por:** Chicaiza Adriana, 2022

Se concluye que el sistema de alerta se estableció en un tiempo estimado de 30 segundos acorde a lo establecido, el mensaje de texto se recibió con éxito y la página web se actualizó cada 5 minutos cumpliendo los objetivos del prototipo.



## CAPITULO IV

### 4. Análisis económico del prototipo de collar

El objetivo es determinar el valor total del módulo y establecer una comparativa entre el valor del prototipo con otro dispositivo de similares características, actualmente no existe en el mercado nacional un prototipo igual, estableciendo un prototipo internacional.

En la tabla 7-3, se muestran los diferentes gastos que se han requerido en el diseño e implementación del prototipo. Se realiza un estudio de costos de los componentes que lo constituyen, la cantidad utilizada y el valor unitario

**Tabla 1-4:** Costo elementos del prototipo

<b>CANTIDAD</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Componentes electrónicos</b>			
1	ARDUINO NANO	12,00	12,00
1	Sensor de temperatura MLX90614	15,00	15,00
1	Sensor de pulso cardiaco	6,50	6,50
1	Batería de litio	7,00	7,00
1	Sensor de seguridad	6,00	6,00
1	Modulo SIM GSM/GPRS 800	23,00	23,00
1	Modulo GSM NEO 07	12,00	12,00
1	Display LCD 20x4 con comunicación I2C	14,50	14,50
2	Panel solar de 1 celda	7,00	14,00
<b>Componentes varios</b>			
1	Cables UTP	3,00	3,00
1	Banda de tela	5,00	5,00
1	Cinturón	3,00	3,00
1	Impresión 3D	20,00	20,00
	Elementos adicionales	89,24	89,24
<b>Costo total del prototipo</b>			<b>237,64</b>

Realizado por: Chicaiza Adriana. 2022

De acuerdo con los valores obtenidos en la tabla 12-3, de los costos de implementación del prototipo tiene un valor de 237,64 dólares americanos (USD), sin contar el costo de mano de obra. Este costo equivale a un 50% menor del costo de adquisición de otros dispositivos con similares características, proveniente de otros países, como el dispositivo

implementado por la empresa colombiana *True North Technology* el cual contiene un costo de implementación de \$470,80 dólares americanos (TRUE NORTH TECHNOLOGY, 2020).

## CONCLUSIONES

- Se implementó un módulo embebido integrable a una WSN para la supervisión de semovientes, permite registrar información relacionada a temperatura, frecuencia cardíaca y ubicación, la misma que es procesada por medio de una tarjeta de desarrollo arduino Nano. El prototipo envía mensajes de alerta a dispositivos móviles por medio de la red celular y registra información en una base de datos que puede ser consultada por medio de una página web.
- En base a las pruebas de obtención de datos por parte de los sensores del prototipo se establece que el sensor de temperatura genera una precisión óptima es decir un error máximo de  $\pm 0,26^{\circ}\text{C}$  menor a la establecida por el datasheet del sensor, el sensor de pulso cardíaco genera un error porcentual del 3%, rangos aceptables de factibilidad. Podemos concluir que los sensores se encuentran en un rango de medida aceptable y son adecuados para el prototipo por su precisión.
- Se verifico por medio de una gráfica de representación de valores el grado de exactitud del módulo GPS del prototipo estableciendo que no existe variación entre los datos de longitud y latitud del módulo GPS NEO06 y del smartphone Samsung A20 proporcionados por el Google Maps, lo que permite concluir que el módulo GPSNEO06 del prototipo tienen un grado de exactitud aceptable, las coordenadas de latitud y longitud no varían.
- En base a la prueba de seguridad se concluye que, al vulnerar el sistema de seguridad se activa la llamada y mensaje de alerta y es recibida en un tiempo de espera de aproximadamente 30 segundos. tiempo óptimo para cumplir con los requerimientos y objetivos del prototipo ante hurto o vulneración del mismo.
- De las pruebas de comunicación se determinó la integridad de la información enviada al ganadero y a la página web establecido que las lecturas realizadas por los sensores exhiben datos en un tiempo real con un tiempo de espera máximo de 3 segundos sin margen de error, se estableció la comunicación GSM en un tiempo de espera de 30 segundos ante la vulneración del collar.
- En base a las pruebas de autonomía del prototipo, se estable una batería y un sistema de alimentación fotovoltaica amigable con el ambiente que cumpla el requerimiento de consumo de corriente durante todo el día estableciendo la autonomía del prototipo.
- Al realizar una comparativa de costos de equipos similares, el prototipo representa un 50 por ciento menos del costo referente a un dispositivo, lo que se concluye que el equipo desarrollado es de bajo costo y cumple con los requerimientos establecidos.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el tiempo de pruebas con la finalidad de encontrar posibles mejoras al diseño del prototipo
- Se recomienda una investigación para modificar el diseño del prototipo acorde al semoviente establecido
- Se recomienda implementar nuevas funcionalidades: la incorporación de inteligencia artificial al prototipo evalúe y diagnostique síntomas de enfermedades a corto y largo plazo del semoviente tiempo de fecundación
- Se recomienda una investigación de control GPS estableciendo un mapa de ubicación y estableciendo límites de cobertura el máximo rango en que el semoviente puede pastorear y si no emitir una señal al semoviente.
- Se recomienda crear un sitio web propio que personalice el manejo de la información y mejore sus prestaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- BELLIDO OUTEIRIÑO, F.J., DE LA CRUZ FERNÁNDEZ, J.L., TORRES ROLDÁN, M. y GISTAS PEYRONA, J.A.** Comunicación inalámbrica con Bluetooth. *Técnica Industrial Especial Electricidad y Electrónica* UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO. Ecuador, 120-126, pp. 18-23 [en línea]. [2010]. [Consultado: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://library.co/article/material-referencia-universidad-técnica-ambato-facultad-ingeniería-sistemas.y4wv6p4r>.
- BONILLA, M.Q. y GUTIÉRREZ.** Design, development and preliminary evaluation of a new wearable vital signs monitor for cattle *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, vol. 30, no. 1, pp. 74-87. [en línea]. [2019]. [Consultado: 4 marzo 2020] . Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/16099117\\_ac113cb7e8f9da5033372f232ab71bdb/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/16099117_ac113cb7e8f9da5033372f232ab71bdb/Details).
- CASTILLO, M.** El Comportamiento Agresivo Y Sus Diferentes Enfoques. *Psicogente*, vol. 9, no. 15, pp. 166-170. ISSN 0124-0137 [en línea] . [2019]. [Consultado: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4975/497552137012.pdf>.
- DIAZ AGILA, Y.M.** Ingeniería [en línea]. [24 de Abril de 2015]. [ Consultado: 14 julio 2020]. Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito Unidad De Posgrado. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9380/1/UPS-QT07010.pdf>.
- FERNÁNDEZ MARTINEZ, R., ORDIERES MERÉ, J.B., DE PISÓN ASCACIBAR, F.J., GONZÁLEZ MARCOS, A., ALBA ELIAS, F. y LOSTADO LORZA, R.** *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. S.l.: s.n. ISBN 9788469230077 [en línea]. [2019]. [ Consultado: 04 noviembre 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/260265697\\_Redes\\_Inalambricas\\_de\\_sensores\\_teoría\\_y\\_aplicación\\_práctica](https://www.researchgate.net/publication/260265697_Redes_Inalambricas_de_sensores_teoría_y_aplicación_práctica).
- GONZÁLEZ, G. y SILVA, F.** Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing. *Innovation in Engineering, Technology and Education*, [en línea]. [2014]. [ Consultado: 04 enero 2022]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2013Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>.

- GORANDI, E., MOLTONI, A. y CLEMARES, N.** Collar con tecnología GPS para monitoreo animal. [en línea]. [2019]. [ Consultado: 04 Febrero 2022]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_laboratorio\\_de\\_agroelectronica\\_collar\\_con\\_gps.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_laboratorio_de_agroelectronica_collar_con_gps.pdf).
- GRAS, V.** Pantalla OLED 0.96" I2C/SPI. [blog]. [2020]. Revista Internacional, 8, nº 15, (2020), (España) pp. 31-33 Disponible en: [blog.e-ika.com](http://blog.e-ika.com).
- GREGORIO SALCEDO DIAZ.** Utilización de pastos y forrajes - Axon Comunicacion. Expertos en soluciones integrales. [blog]. [2021]. [en línea]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://axoncomunicacion.net/utilizacion-de-pastos-y-forrajes/>.
- HANWEI ELECTRONICS CO., L.** Datasheet de Arduino - Datos y características de placas y módulos Arduino [2020]. [en línea]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.kitelectronico.com/datasheet/>.
- HANWEI ELECTRONICS CO., L., TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR.** [2021]. [en línea]. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.kitelectronico.com/datasheet/>.
- INGENIERÍA MCI LTDA,** Arduino UNO. [2021]. [en línea]. [Consultado: 4 junio 2022]. Disponible en: [www.arduino.cl](http://www.arduino.cl).
- INSITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).** [2022]. [en línea]. . [Consultado: 4 enero 2022]. Boletín Técnico N°01-2022-IPC. , pp. 1-17.
- JAMES KEOGH,** James Keogh, autor de Moocall. [2016]. [en línea]. [Consultado: 4 junio 2022]. Disponible en: <https://www.moocall.com/es/author/jamesrightclick-ie/>.
- LARREA, C.,** Universidad, investigación científica y desarrollo en América Latina y. *Universidad y Cooperación para el Desarrollo*, [2006]. [en línea]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/Universidad-Investigación-Científica-y-Desarrollo-en-América-Latina-y-el-Ecuador.pdf> pp. 1-22.
- LLAMOSA, L.E., MEZA CONTRERAS, L. y BOTERO ARBELAEZ, M.** Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC-ISP/IEC 17025. *Scientia et Technica*, vol. XIII, pp. 457,458. [en línea]. [Consultado: 4 julio 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/DialnetESTUDIODEREPETIBILIDADYREPRODUCIBILIDADUTILIZANDOE-4805090%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/DialnetESTUDIODEREPETIBILIDADYREPRODUCIBILIDADUTILIZANDOE-4805090%20(1).pdf)

**MACHADO, M.** Etología bovina. *Reproducción Bovina* [en línea]. [2019]. [Consultado: 4 julio 2020] , pp. 1-73. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/etologia\\_bovinos/22-TEISIS\\_etologia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/22-TEISIS_etologia.pdf).

**MAG.** MAG Chimborazo presenta resultados de su gestión realizada durante 2020 – Ministerio de Agricultura y Ganadería. [en línea]. [2021]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-chimborazo-presenta-resultados-de-su-gestion-realizada-durante-2020/>.

**MARHAMAH, E.S.,** Prototipo De Collar De Monitoreo Para Ganado Usando Tecnología Lpwan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. [en línea]. [2019]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8501/GRUPO2%20IEN%20INFORMEFINAL.pdf?isAllowed=y&sequence=3>

**MATEMATIK, O. y ARDUINO, C.D.E., .** PRÁCTICA 0. Introducción al Arduino UNO Explicación. Conocer las partes de la placa Arduino UNO. Conocer la placa protoboard. Conocer el código de colores de una resistencia. Conocer cómo funciona un LED. Instalar Arduino UNO.[2021]. [en línea]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: Página de Arduino: <https://w.> , pp. 1-58.

**MORENO, J.M. y RUIZ FERNANDEZ, D.** Informe Técnico: Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4). , pp. 36. .[2021]. [blog]. [Consultado: 4 julio 2022]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe\\_ZigBee.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf)

**NAMECHEAP.** Register cheap domain names from Namecheap. [en línea].[2021].[Consultado: 4 julio 2022].Disponible en: [https://www.namecheap.com/?gclid=Cj0KCQjwn4qWBhCvARIsAFNAMijAY7SpMfOs3Kh3iz7R8vjd1ujK6K4ggxkNry-yz8qgeP178goDHM0aAoyeEALw\\_wcB](https://www.namecheap.com/?gclid=Cj0KCQjwn4qWBhCvARIsAFNAMijAY7SpMfOs3Kh3iz7R8vjd1ujK6K4ggxkNry-yz8qgeP178goDHM0aAoyeEALw_wcB).

**NAYLAMP MECHATRONICS SAC.** Naylamp Mechatronics [en línea]. [ 2021]. [Consultado: 22 marzo 2021] Obtenido de DRIVER PAP DRV8825 1.5. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/drivers/126-driver-pap-drv8825.htm>

**NOTICIAS PRODUCTOR,** Ecuador: Continúa el abigeato sin control y con daños para la salud humana, médico veterinario hace un llamado urgente | Noticias Agropecuarias. *PRODUCTOR* [en línea]. [Consultado: 4 julio 2022]. [2021]. Disponible en: <https://elproductor.com/2021/05/ecuador-continua-el-abigeato-sin-control-y-con-danos-para->

la-salud-humana-medico-veterinario-hace-un-llamado-urgente/.

**ORDOÑEZ, D.** “ Tipificación De La Contravención De Proporcionalidad De Las Penas En El Art . 199 Del Código Orgánico Integral Penal ”. [en línea], [2018]. [Consultado: 01 junio 2021]. pp. 164. Disponible en: [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20207/1/Tesis Jessika Dorali Ordoñez-ilovepdf-compressed.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20207/1/Tesis%20Jessika%20Dorali%20Ordo%C3%B1ez-ilovepdf-compressed.pdf).

**PLACAS DE DESARROLLO.** Todo sobre las placas de desarrollo [en línea]. [2021]. [Consultado: 18 junio 2021]. Obtenido de Raspberry Pi. Disponible en: <https://www.placasdedesarrollo.com/raspberrypi/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20Raspberry%20Pi%3F,sistema%20operativo%20basado%20en%20Linux>

**QUIROLA, M. L.** Diseño de un sistema de desinfección para agua de consumo humano, basado en energía termosolar y luz uv de fuente fotovoltaica, mediante evaluación del parámetro indicador de contaminación microbiana, coliformes totales. (Ingeniería en Biotecnología Ambiental) [en línea]. [2017]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. [Consultado: 29 marzo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7009/1/236T0269.pdf>

**RAMIREZ, E. y CHANGO, E.** Implementación De Un Sistema Electrónico Inalámbrico De Supervisión Y Control De Semovientes En Tiempo Real. [en línea]. [2018]. [Consultado: 18 junio 2021]., pp. 1-64. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9196/1/108T0243.pdf>.

**RAMÍREZ, I., RUILOVA, B. y GARZÓN, J.** Innovaciones tecnológicas en el Sector Agropecuario. *Innovación tecnológica en el sector agropecuario* , vol. 2, no. 1, pp. 130. ISSN 0036-8075. [en línea]. [2015]. [ Consultado: 14 julio 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/308938342%0AInnovación%0Ahttp://www.useoftechnology.com/technology-agriculture/>.

**RUIZ GUTI, M.** Manual de Programación Arduino Arduino : Manual de Programación. *Arduino Notebook*, vol. 1, pp. 3-70 .[en línea]. [2007]. [ Consultado: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://arduino-bot.pbworks.com/f/Manual+Programacion+Arduino.pdf>

**SALESIANOS,** Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. [en



línea]. [2019] [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4760/476060341009/html/>.

**TELESEMANA.** Estadísticas: telecomunicaciones en Ecuador – TeleSemana.com. [en línea]. [2019]. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/ecuador/>.

**VALENCIA ZAMBRANO, W.A.** Diseño de prototipo “Doctor Pi” para la medición y monitorización de signos vitales en adultos mayores utilizando sensores biométricos y médicos acoplados a Raspberry Pi.[en línea]. [2018]. [ Consultado: 14 junio 2022]., pp. 146. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15570/1/UPS-GT002148.pdf>.

**VEGA LUNA, J.I., LAGOS ACOSTA, M.A. y SALGADO GUZMÁN, G.** Monitoreo de concentración de monóxido de carbono usando tecnología Long-Range. *Ingenius*, vol. 18, pp. 74. ISSN 1390-650X. DOI 10.17163 .[en línea]. [2018]. [ Consultado: 5 enero 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5055/505554802009/505554802009.pdf>

**WENDT, Z.** Presentamos las mejores diez placas de desarrollo de 2018. .[en línea]. [2018]. [ Consultado: 25 enero 2022]. Disponible en: [www.arrow.com](http://www.arrow.com).

# ANEXOS

## ANEXO A: Hoja de datos del sensor de temperatura MLX90614

### MLX90614 family

Datasheet Single and Dual Zone  
Infra Red Thermometer in TO-39

**MLX90614 family**  
Single and Dual Zone  
Infra Red Thermometer in TO-39

---

#### Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
  - 40°C...+125°C for sensor temperature and
  - 70°C...+380°C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C in a wide temperature range (1°C...+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- I2C/SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for IR...UV applications
- Sleep mode for reduced power consumption
- Different package options for applications and measurement versatility
- Automotive grade

#### Application Examples

- High precision non-contact temperature measurements
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning
- Windshield defogging
- Automotive blind angle detection
- Industrial temperature control of moving parts
- Temperature control in printers and copiers
- Home appliances with temperature control
- Healthcare
- Livestock monitoring
- Movement detection
- Multiple zone temperature control – up to 127 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay / alert
- Body temperature measurement

---

#### Ordering Information

Part No.	Temperature Code	Package Code	Option Code	Standard part	Packing form
MLX90614	F (-40°C...+380°C) E (-40°C...+125°C)	W (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)	-000	TU

**Example:**  
MLX90614E3F-00A-000-TU     \* - See page 2

<p>(1) Supply Voltage Accuracy</p> <p>A - 5V B - 3V C - Reserved E - IR medical accuracy</p>	<p>(2) Number of thermopiles:</p> <p>A - singlezone B - dual zone C - gradient compensated*</p>	<p>(3) Package options:</p> <p>A - Standard package B - Reserved C - 20° FOV D/V - Reserved F - 12° FOV G - Reserved H - 12° FOV (reflective wet) I - 5° ADV K - 12° FOV</p>
--	---	--

---

#### 8. Pin definitions and descriptions

Bottom view

Figure 8. Pin description

Pin	Description
SCL / VC	Serial clock input for 2-wire communication protocol. 0 VV when it is available at this pin for connection of external bipolar transistor to MLX90614 due to supply the device from external 5...10V source.
SDA / PWM	Digital input / output. In normal mode the measured object temperature is available at this pin Pulse Width Modulated. In SMBus compatible mode the pin is automatically configured as open drain device.
VDD	External supply voltage.
VSS	Ground. This metal can is also connected to this pin.

Table 8. Pin description (continued)

Note: For +2V/+3V...+5V2 powered operation refer to the Application Information section. The I2C and non-I2C configurations are highly recommended. Do not use any other Pin1 connection to the metal can except by the VDD pin with the SCL / VC and PWM / SDA pins connected in 3-wire master mode. The sleep Schmitt trigger function is automatically enabled.

#### 10.1.2. Medical accuracy

A version of the MLX90614 with accuracy suited for medical applications is available. The accuracy in the range Ta 16°C...40°C and To 22°C...40°C is shown in diagram below. The accuracy for the rest of the temperature ranges is the same as in previous diagram. Medical accuracy specification is only available for the MLX90614De versions.

Figure 24 Accuracy of MLX90614De (Ta, To) for medical applications. Accuracy of the MLX90614DeCC, DeD and DeO for 302 - 31) (see paragraph 10.1.2)

Versions MLX90614E3F-DeC, -DeD and -DeO comply with ASTM standard section 5.4 (Designation: E1965 - 98 (Re approved 2005) - Standard Specification for Infrared Thermometers for Intermittent Determination of Patient Temperature

It is very important for the application designer to understand that the accuracy specified in Figure 22 and Figure 24 are only guaranteed when the sensor is in thermal equilibrium and under isothermal conditions (there are no temperature differences across the sensor package). The accuracy of the thermometer can be influenced by temperature differences in the package induced by causes like (among others): hot electronics (heaters / coolers) behind or beside the sensor or when the measured object is too close to the sensor that heats the thermometer package.

This effect is especially relevant for thermometers with a small Field Of View (FOV) like the mC and xF as the energy received by the sensor from the object is reduced. Therefore, Melexis has introduced the mC version of the MLX90614. In these MLX90614mC, the thermal gradients are measured internally and the measured temperature is compensated for them. In this way, the MLX90614mC is much less sensitive to thermal gradients induced from outside, but the effect is not totally eliminated. It is therefore important to avoid introducing strong heat sources close to the sensor or to shield the sensor from them.

**NOTE:** In order to have the highest possible signal and the best performance a higher gain of the amplifier is selected for MLX90614De type of devices. This eventually would limit the maximum object temperature (due to overload of the ADC) to about 200°C.

#### 10.1.3. Temperature sensor dimensions in 100°

## ANEXO B: Hoja de datos del sensor de pulso cardiaco

### DESCRIPCIÓN

#### INFO

Monitorear tu pulso cardiaco es ahora más sencillo con la ayuda del **sensor de pulso fotoeléctrico**, diseñado para un fácil uso, especialmente con la plataforma Arduino. Para utilizar el sensor solo es necesario alimentarlo con un voltaje entre 3V a 5V DC y conectar la salida Analógica a la entrada analógica (ADC) de un microcontrolador como Arduino o Pic.

>El dispositivo funciona del siguiente modo: un led de color verde emite luz que al entrar en contacto con nuestro dedo indice o el lóbulo del oído refleja cierta cantidad de luz, el flujo de sangre hace que la cantidad de luz reflejada cambie de acuerdo al pulso cardiaco. La luz reflejada es detectada por el sensor de luz APDS-9908, que convierte el flujo de luz en un voltaje analógico. Esta señal analógica es luego filtrada y amplificada en un opamp para luego entregar la señal analógica de salida del dispositivo.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

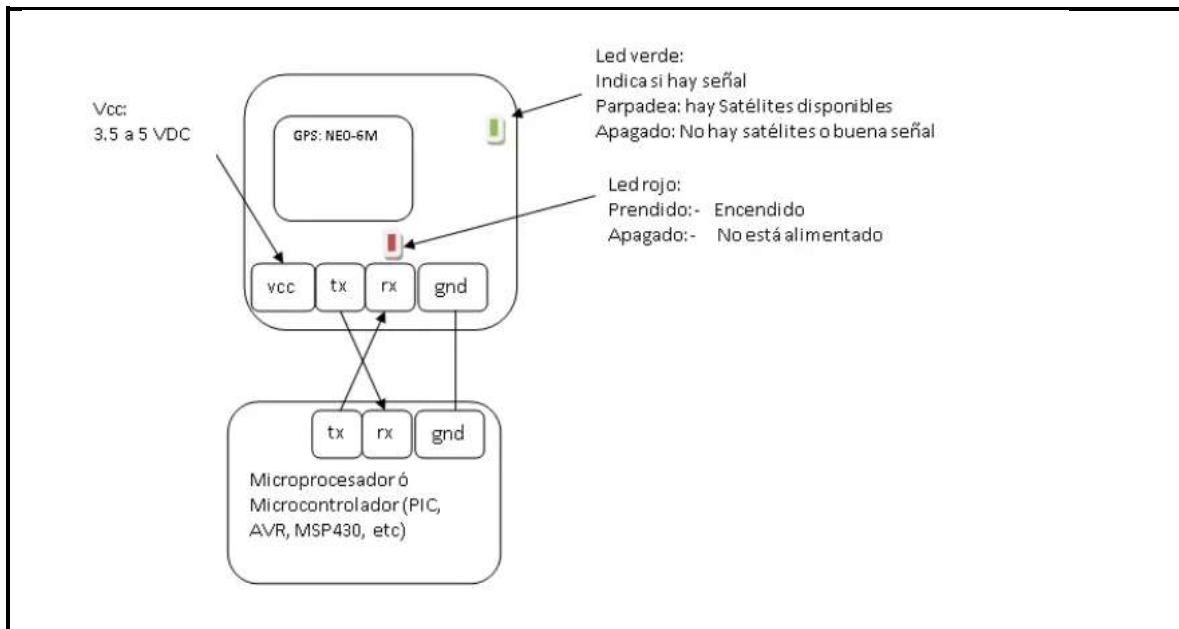
- Voltaje de Operación: 3.0V – 5.5V DC
- Consumo corriente: 20mA máx.
- Sensor: APDS-9908
- Opamp: MCP6001
- Led verde
- Longitud de cable: 20cm
- Cables: GND, VCC, Señal

#### LINKS

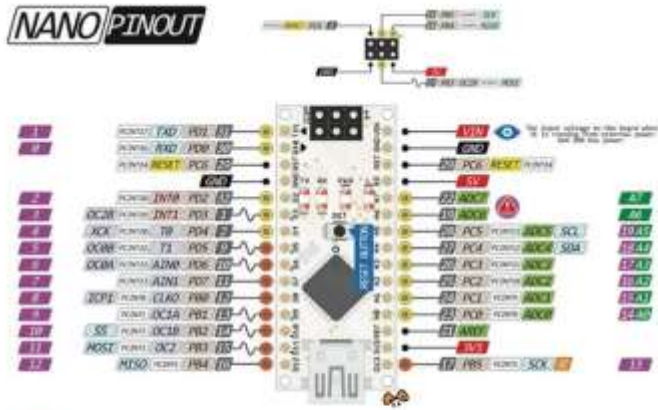
- Esquemático
- Memoria sobre el diseño
- Datasheet APDS-9908
- Archivos Eagle
- Guia con Arduino
- Código de ejemplo en Arduino
- Ejemplo en Processing
- Video Demostrativo con Arduino
- Video demostrativo



## ANEXO C: Hoja de datos del módulo GSM



## ANEXO D: Hoja de datos del Arduino Nano



**NANO PINOUT**

The diagram shows the pinout for the Arduino Nano. It includes a table of pin numbers (1-28) and their functions, such as GND, VCC, and various digital and analog pins. A legend below the diagram explains the color coding and symbols used in the pinout table.

Pin	Function	Pin	Function
1	5V	17	Digital Pin (PWM)
2	Digital Pin	18	Digital Pin
3	Digital Pin	19	Digital Pin
4	Digital Pin	20	Digital Pin
5	Digital Pin	21	Digital Pin
6	Digital Pin	22	Digital Pin
7	Digital Pin	23	Digital Pin
8	Digital Pin	24	Digital Pin
9	Digital Pin	25	Digital Pin
10	Digital Pin	26	Digital Pin
11	Digital Pin	27	Digital Pin
12	Digital Pin	28	Digital Pin

**Legend:**

- Power: Red
- GND: Black
- Serial Pin: Light Blue
- Analog Pin: Green
- Control: Yellow
- Port Power: Orange
- DW: White
- Physical Pin: Grey
- Port Pin: Light Grey
- Pin function: Blue
- Interrupt Pin: Pink
- PWM Pin: Purple

**Warnings:**

- Analog exclusively Pins
- Absolute MAX per pin 40mA recommended 20mA
- Absolute MAX 200mA for entire package

The USB JACK Pins Type B

[Descubrearduino.com](http://Descubrearduino.com)

**Pow**

RAW: 6V-

VCC: 5V at

**US**

HID:

VID:

PID: 0x9205 (bootloader); 0x9206

ATmega32

Built in USB

Absolute maximum

Maximum current for chip:

Maximum current per pin:

Recommended current per Sbit Atmel

Flash Program Memory:

EEPROM:

Internal SRAM

ADC:10-

PWM:8

High Speed PWM with resolution from 2-

**LED**

Power:

RX:

TX:

**Seri**

Use Serial for the USB

Use Serial1 for the hardware serial

## ANEXO E: Hoja de datos del termómetro infrarrojo

FICHA TÉCNICA																			
<b>Nombre del dispositivo:</b>	<b>TERMÓMETRO INFRAROJO SIN CONTACTO</b>																		
<b>Descripción:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de infrarrojos, medición de temperatura rápida y precisa, restauración con una sola tecla, convenientemente y rápido.</li> </ul>																		
<b>Fabricante:</b>	Shenzhen Sitruate Technology Co., Ltd.																		
<b>Modelo:</b>	TC881EM																		
<b>País de Origen:</b>	China																		
<b>Uso:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliviar la ansiedad del termómetro en el centro de la frente y mantener una distancia vertical de aproximadamente 3-5 cm.</li> <li>• Precisión alta, y el valor de medición se mostrará con un gráfico después de aproximadamente 3 segundos, rápido y preciso.</li> </ul>																		
<b>Detalles:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos modos de temperatura: Celsius (°C) y Fahrenheit (°F)</li> <li>• Apagado automático: cuando no está en uso, se apagará automáticamente después de unos 30 segundos, ahorrando electricidad y preocupaciones</li> <li>• Medición de temperatura precisa con una tecla: medición de temperatura rápida en contacto con una tecla, en segundo para ajustarla</li> <li>• Advertencia de batería: rango: 33 A °C, 40°C-51.6 °C, 105.2 °F-119.2 °F; bajo: 34 °C (93.2 °F)</li> <li>• Pantalla LCD de cristal líquido: luz de fondo de alto brillo, pantalla numérica clara y legible</li> <li>• Apaga cuando: muestra ergonomía.</li> <li>• Dos modos de medición: temperatura corporal y temperatura del material, interruptor de una tecla</li> </ul>																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Detalles Técnicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Error de medición</td> <td>±0.2°C</td> </tr> <tr> <td>Distancia de medición</td> <td>3cm-7cm</td> </tr> <tr> <td>Puede de alineación</td> <td>DCI 6M</td> </tr> <tr> <td>Unidad de medida</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>180g (sin batería)</td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>255mmx30mmx45mm</td> </tr> <tr> <td>Condiciones ambientales:</td> <td>30°C-40°C</td> </tr> <tr> <td>Entorno de almacenamiento:</td> <td>0°C-30°C</td> </tr> </tbody> </table>		Detalles Técnicos		Error de medición	±0.2°C	Distancia de medición	3cm-7cm	Puede de alineación	DCI 6M	Unidad de medida	°C	Peso	180g (sin batería)	Tamaño	255mmx30mmx45mm	Condiciones ambientales:	30°C-40°C	Entorno de almacenamiento:	0°C-30°C
Detalles Técnicos																			
Error de medición	±0.2°C																		
Distancia de medición	3cm-7cm																		
Puede de alineación	DCI 6M																		
Unidad de medida	°C																		
Peso	180g (sin batería)																		
Tamaño	255mmx30mmx45mm																		
Condiciones ambientales:	30°C-40°C																		
Entorno de almacenamiento:	0°C-30°C																		

1. CUANDO EL DISPOSITIVO ESTE EN USO, NO MIRE DIRECTAMENTE AL LÁSER, LE PUEDE CAUSAR DAÑOS PERMANENTES.  
 2. Tenga una precaución extrema al operar con el láser.  
 3. NUNCA MIRETE A MIRE CON EL DISPOSITIVO A LOS OJOS.  
 4. MANTÉNLO FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

**ALMACENAMIENTO Y LIMPIEZA**  
 Debe de almacenarse a temperatura ambiente. La lente es la parte más delicada del termómetro. La lente debe de mantenerse limpia en todo momento. Debe de tener cuidado al limpiar la lente solo con un paño suave o un paño de algodón con agua o alcohol médico. Depende que la lente se seque por completo antes de usar el termómetro. No sujete ninguna parte del termómetro.

**Mensajes de Error LCD**  
 El termómetro muestra mensajes de diagnóstico cuando se agotan las baterías:

**Er2**

Si aparece en pantalla "Er 2" eso indica que la temperatura no está indicando bien de los modos °C y °F.

**Er3**

Si aparece en pantalla "Er 3" eso indica que el termómetro está apagado y debería apagar la temperatura ambiente. Si aparece "Er 3" cuando la temperatura ambiente muestra de 37°C (98°F) a 45°C (103°F). Debe de esperar un tiempo para que estabilice a la temperatura de fondo ambiente dentro de 30 minutos.

**Er**

Esos Er's para los datos incorrectos de error, se necesitan restablecer el termómetro. Para restaurarlo, debe de apagar el dispositivo, retire las pilas y esperar un mínimo de 1 minuto, vuelva a instalar las pilas y encendido. Si al error persiste, por favor contactar con nuestro departamento técnico.

**Hi, Lo**

Hi y Lo representan la temperatura cuando no está indicando la temperatura fuera del rango de medición.

**BATERIA**  
 El termómetro dispone de un sensor de nivel de batería para la siguiente manera:

**Batería OK:** la medición es precisa

**Batería Baja:** la medición es un poco simplificada, lo medición con precisión

**Batería Agotada:** la medición no es precisa

⚠️ Cambie siempre el tipo: Las baterías AAA que las pilas están agotadas y se deben que reemplazar siempre de 1.5 AAA. Nota: Es importante apagar el dispositivo cuando la temperatura sea baja, de lo contrario el termómetro puede funcionar mal. Deshacer la pila cuando inmediatamente y manténgala alejada de los niños.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Medida	Intercambio	Unidad tipo 4
Rango de medición	40 ~ 40°C (104 ~ 104°F)	98 ~ 104°C (210 ~ 219°F)
Rango de batería	3 ~ 40°C (32 ~ 104°F)	
Presión	101 kPa (0.75 PSI)	
Temperatura	37.5°C (99.5°F)	
Presión	101 kPa (0.75 PSI)	
Temperatura	37.5°C (99.5°F)	

**MÓDULO GSM SIM800L**  
 Este módulo de telefonía celular que le permite añadir voz, texto, datos y SMS a tu proyecto.  
 Se requiere un microcontrolador para controlarlo, usamos un Arduino pero cualquier microcontrolador 3-5V con una UART puede enviar y recibir comandos a través de los pines RX/TX.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Voltaje de Operación: 3.4V - 4.4V DC
- Nivel Lógico de 3V a 5V
- Consumo de corriente (máx): 500 mA
- Consumo de corriente (modo de reposo): 0.7 mA
- Interfaz: Serial UART
- Quad-band 850/900/1800/1900MHz – se conectan a cualquier red mundial GSM con cualquier SIM 2G
- Trabaja solo con tecnología 2G
- Hacer y recibir llamadas de voz usando un auricular o un altavoz de 8Ω externo + micrófono electret.
- Enviar y recibir mensajes SMS
- Enviar y recibir datos GPRS (TCP/IP, HTTP, etc)
- Escuchar y recibir emisiones de radio FM
- Controlado por Comandos AT
- Interfaz de comandos "AT" con dirección "automática" de velocidad de transmisión.
- Soporta A-GPS
- Datos GPRS:
  - Velocidad máxima de transmisión 85.6 Kbps
  - Protocolo TCP/IP en chip
  - Codificación: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4
  - Soporta USSD
- Soporta reloj en tiempo real (RTC)
- Velocidades de transmisión serial desde 1200bps hasta 115 200 bps
- Tamaño de la SIM: Micro SIM

**DIAGRAMA DE CONEXIÓN CON ARDUINO PARA LLAMADAS**

**DIAGRAMA DE CONEXIÓN CON ARDUINO PARA ENVIAR MENSAJES**

## ANEXO F: Código de programación del prototipo

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <TinyGPS.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

//TEMPERATURA
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
float tempa;
float tempo;

//RITMO CARDIACO
float factor = 0.75; // coeficiente para filtro pasa bajos
float maximo = 0.0; // para almacenar valor maximo
int minimoEntreLatidos = 300; // 300 mseg. de tiempo minimo entre latidos
float valorAnterior = 500; // para almacenar valor previo
int latidos = 0; // contador de cantidad de latidos
int ritmo=13;

//GPS
TinyGPS gps;
SoftwareSerial serialgps(10,11);
int year;
byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed_checksum;
```

```
float latitude=0;
float longitude=0;

//SEGURIDAD
int seguridad=2;
int led=6;

static unsigned long escribir;
static unsigned long punto;

//GSM GPRS

boolean llamadas=false;

SoftwareSerial gsm800(7, 8);

void setup() {
  delay(2000);
  Serial.begin(115200);
  serialgps.begin(9600); //Iniciamos el puerto serie del gps
  gsm800.begin(9600);
  delay(2000);
  mlx.begin();
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(seguridad), sensor, LOW);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(ritmo, OUTPUT);
  pinMode(seguridad, INPUT);
  delay(2000);
  Serial.println("Inicializando");
  gsm800.println("AT");
```



```
lcd.init();           // initialize the lcd
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Latidos: ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Tmp obj: ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Latitud: ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Longitud: ");
}
```

```
void loop() {
  if(millis() >= punto+500){
    Serial.print(".");
    punto=millis();
  }
  if(llamadas==true){
    delay(10000);
    /*gsm800.println("ATH");
    gsm();
    llamadas=false;*/
  }
  digitalWrite(led, LOW);
  temperatura();
  ritmocardiaco();
  posgps();
  gsm();
  if(millis() >= escribir+15000){
```

```
lcd.clear();
Serial.println("");
Serial.println("Collar: Cerrado");
Serial.print("Ambiente: ");Serial.print(tempa);Serial.print(" || Objeto: ");Serial.println(tempo);
Serial.print("Latidos por minuto: ");Serial.println(latidos * 4);
Serial.print("Latitud/Longitud: "); Serial.print(latitude,5); Serial.print(",
");Serial.println(longitude,5);
```

```
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Latidos: ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Tmp obj: ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Latitud: ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Longitud: ");
```

```
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(latidos * 4);
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(tempo);
lcd.setCursor(10,2);
lcd.print(latitude,5);
lcd.setCursor(10,3);
lcd.print(longitude,5);
latidos = 0; // coloca contador de latidos en cero
escribir=millis();
}
//delay(50);
}
```

```

void temperatura(){
    tempa=mlx.readAmbientTempC();
    tempo=mlx.readObjectTempC();
}

void ritmocardiaco(){
    static unsigned long tiempoLPM = millis();    // tiempo Latidos Por Minuto con
                                                // valor actual devuelto por millis()
    static unsigned long entreLatidos = millis(); // tiempo entre Latidos con
                                                // valor actual devuelto por millis()
    int valorLeido = analogRead(A0);            // lectura de entrada analogica A0
    float valorFiltrado = factor * valorAnterior + (1 - factor) * valorLeido; // filtro pasa bajos
    float cambio = valorFiltrado - valorAnterior; // diferencia entre valor filtrado y
                                                // valor anterior
    valorAnterior = valorFiltrado;              // actualiza valor anterior con valor filtrado
    if ((cambio >= maximo) && (millis() > entreLatidos + minimoEntreLatidos)) { // si cambio es
                                                // es mayor o igual a maximo y pasaron al menos 300 mseg.
        maximo = cambio;                        // actualiza maximo con valor de cambio
        digitalWrite(13, HIGH);                 // enciende LED incorporado
        entreLatidos = millis();                // actualiza variable entreLatidos con millis()
        latidos++;                              // incrementa latidos en uno
    }else {                                     // condicion falsa del condicional
        digitalWrite(13, LOW);                 // apaga LED incorporado
    }
    maximo = maximo * 0.97;                    // carga maximo como el 97 por ciento de su propio
                                                // valor para dejar decaer y no perder pulsos

    /*if (millis() >= tiempoLPM + 15000) { // si transcurrieron al menos 15 segundos
        Serial.print("Latidos por minuto: "); // muestra texto
    }

```

```

Serial.println(latidos * 4); // muestra variable latidos multiplicado por 4
latidos = 0; // coloca contador de latidos en cero
tiempoLPM = millis(); // actualiza variable con valor de millis()
}

delay(50); // demora entre lecturas de entrada analogica
*/
delay(50); // demora entre lecturas de entrada analogica
}

void posgps(){
    while(serialgps.available())
    {
        int c = serialgps.read();
        if(gps.encode(c))
        {
            //float latitude, longitude;
            gps.f_get_position(&latitude, &longitude);
            gps.stats(&chars, &sentences, &failed_checksum);
            /*
            Serial.print("Latitud/Longitud: ");
            Serial.print(latitude,5);
            Serial.print(", ");
            Serial.println(longitude,5);
            gps.crack_datetime(&year,&month,&day,&hour,&minute,&second,&hundredths);
            Serial.print("Fecha: "); Serial.print(day, DEC); Serial.print("/");
            Serial.print(month, DEC); Serial.print("/"); Serial.print(year);
            Serial.print(" Hora: "); Serial.print(hour, DEC); Serial.print(":");
            Serial.print(minute, DEC); Serial.print(":"); Serial.print(second, DEC);
            Serial.print("."); Serial.println(hundredths, DEC);

```

```
Serial.print("Altitud (metros): "); Serial.println(gps.f_altitude());
Serial.print("Rumbo (grados): "); Serial.println(gps.f_course());
Serial.print("Velocidad(kmph): "); Serial.println(gps.f_speed_kmph());
Serial.print("Satelites: "); Serial.println(gps.satellites());
Serial.println();
gps.stats(&chars, &sentences, &failed_checksum);
*/
}
}
}
```

```
void sensor(){
  digitalWrite(led, HIGH);
  Serial.println("Collar abierto");

  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print("Collar abierto");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("Llamando...");
  llamada();
}
```

```
void gsm(){
  if(gsm800.available()){
    Serial.write(gsm800.read());
  }

  if(Serial.available()){
    gsm800.write(Serial.read());
  }
}
```

```
}
```

```
void llamada(){
```

```
  llamadas=true;
```

```
  /*gsm800.println("ATD+ +593969455412;");
```

```
  gsm();*/
```

```
  Serial.println("LLAMANDO");
```



**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 04 / 08 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> ADRIANA VANESSA CHICAIZA ZAMBRANO
<b>INFORMACION INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b> INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo. Holger Ramos, MSc.

1506-DBRA-UPT-2022