**PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES FISIOLÓGICAS EN MASCOTAS BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS**



**CAMILO ANDRÉS ROSALES MARRAUI**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C., 2019.**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES FISIOLÓGICAS EN MASCOTAS USANDO TELEMETRÍA CON SERVICIOS EN LA NUBE**

**Grupo de investigación Tecnologías de la información, Emprendimiento y Sociedad - GITICES y Grupo de Investigación E-Soluciones**

**Línea de investigación: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Semillero de Arduino - SEMARD**

**CAMILO ANDRES ROSALES MARRAUI**

**Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero de Sistemas**

**Amaury Cabarcas**

**Director**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA DE INDIAS, D.T y C**

**OCTUBRE, 2019**

**Nota de Aceptación:**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma de presidente del jurado

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del jurado

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del jurado

Cartagena de Indias D. T. y C., xx de xx de 2019

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**TABLA DE CONTENIDO**

[**INTRODUCCIÓN**](#_30j0zll) **4**

[**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**](#_x846f1lnfhjm) **5**

[*Descripción del problema*](#_3znysh7) *5*

[*Formulación del Problema*](#_2et92p0) *6*

[**MARCO DE REFERENCIA**](#_k1ccbj9tdago) **7**

[**JUSTIFICACIÓN**](#_bjuvs5xknssy) **13**

[**OBJETIVOS**](#_gzbq2lr0g7wk) **15**

[*Objetivo general*](#_1t3h5sf) *15*

[*Objetivos específicos*](#_4d34og8) *15*

[**ALCANCE**](#_4if1jl20a776) **16**

[**IMPACTOS**](#_lynp9k8x06xs) **17**

[**METODOLOGÍA**](#_ccgapp3g0s7b) **18**

[**CRONOGRAMA**](#_y5ctz027bwo8) **21**

[**RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS**](#_9i923pkh81b6) **23**

[**IMPACTOS ESPERADOS A PARTIR DEL USO DE LOS RESULTADOS**](#_2jxsxqh) **25**

[**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**](#_5n9zih5mppi0) **26**

**LISTA DE TABLAS Y FIGURAS**

**RESUMEN**

Las mascotas son, en la actualidad, parte integral de la familia por tanto el cuidado de su salud es tan esencial como el de cualquier otro miembro del núcleo familiar. Este trabajo presenta un sistema de monitoreo de variables fisiológicas en mascotas apoyado en internet de las cosas, cuyo propósito principal es proporcionar una solución que permita el monitoreo de signos vitales en tiempo real. Algunas de las variables fisiológicas a medir son la presión arterial y el ritmo cardiaco además de la ubicación. Para esto se plantea el uso de sensores conectados a Internet, servicios en la nube para el almacenamiento y procesamiento de la información, y una aplicación móvil para el despliegue de la información al usuario. El desarrollo del proyecto está soportado metodológicamente en las etapas del ciclo de vida del software: análisis, diseño, desarrollo, implementación y pruebas. Como resultados principales se destacan el collar inteligente, el cual permite medir variables fisiológicas y además brinda información sobre la ubicación, y la aplicación para visualizar la información. El collar cuenta con un microcontrolador que recibe los datos de los sensores y mediante una conexión a la red celular almacena la información en el servidor, el cual suministra información a la aplicación. Se resalta el uso de hardware libre y de bajo costo y el uso de software libre y open source. Conclusiones pendientes

**Palabras clave:** Mascotas, Internet de las Cosas, Hardware y Software libre.

**ABSTRACT**

Nowadays, pets are an integral part of the family thus, their health care is as essential as any other member of the family nucleus. This work presents a monitoring system of physiological variables in pets supported on the internet of things, its main purpose is to provide a solution that allows the monitoring of vital signs in real time. Some of the physiological variables to be measured are blood pressure and heart rate in addition to location. For this, the use of sensors connected to the Internet, cloud services for the storage and processing of information, and a mobile application for the display of information to the user is proposed. The development of the project is methodologically supported in the stages of the software life cycle: analysis, design, development, implementation and testing. The main results are the smart collar, which allows measuring physiological variables and also provides information about the location, and the application to visualize the information. The collar has a microcontroller that receives the data from the sensors and, through a connection to the cellular network, stores the information on the server, which provides information to the application. The use of free and low-cost hardware and the use of free and open source software are highlighted. Conclusiones

**Keywords:** Pets, Internet of Things, Hardware and Free Software.

**INTRODUCCIÓN**

En la actualidad las mascotas hacen parte integral del núcleo familiar en los hogares. Debido a los horarios de trabajo y de colegio, muchas familias se ven en la obligación de dejar a sus mascotas solas durante la mayor parte del día sin saber de su bienestar. Un estudio realizado por Gfk muestra que más de la mitad de la población mundial tiene por lo menos una mascota, el 33% teniendo perros, y el 23% teniendo gatos (Gfk, 2016). En Colombia el 43% de las personas tienen mascotas, de las cuales el 68% tiene perros y el 26% tiene gatos, con una distribución equitativa sobre todos los niveles socioeconómicos (Cifras & Conceptos, 2018). Ahora bien, dado el ritmo de vida de nuestra sociedad moderna, la mayoría de dueños de perros trabajan de tiempo completo, por lo cual, el dueño del animal no tiene otra alternativa más que dejar a su mascota sola de 8 a 10 horas diariamente. Una investigación de Norling y Keeling (2010) mostró que el 73% de los dueños de perros en Suecia dejaron a su perro en casa en horas de trabajo. Al estar solos, los perros pueden desarrollar conductas que podrían afectar su salud física y mental. De acuerdo a un estudio realizado por el Departamento de Ciencia Animal y Biotecnología de la Universidad de Azabu en Japón, los cambios emocionales en perros están relacionados con el aumento/disminución de la actividad cardiaca, saliva, motricidad, entre otros factores (Katayama et. al., 2016). Esto sugiere que, los perros, al permanecer solos por largos periodos de tiempo, podrían desarrollar cambios conductuales que se ven reflejados en variables de carácter anatómico como la frecuencia cardíaca, afectando negativamente su bienestar físico y mental, vitales en el desarrollo integral del animal.

Cuando son dejados solos y confinados por sus dueños, muchos perros exhiben trastornos relacionados con la ansiedad y relacionados con la separación (Scaglia et.al., 2013). La ansiedad por separación es uno de los problemas de conducta canina más comunes y se diagnostica en 20% a 40% de los perros referidos a las prácticas de comportamiento animal en América del Norte (AVMA, 2013).

El siguiente proyecto propone un sistema de monitoreo de variables fisiológicas en caninos con el fin de proporcionar una herramienta a dueños de mascotas que les permita estar al tanto de los signos vitales de su mascota durante su ausencia. Algunas de las variables fisiológicas pertinentes a medir en este proyecto son la presión arterial, el ritmo cardiaco y la ubicación. Para esto se utilizarán tecnologías de tiempo real, sensores para la lectura de las variables, servicios en la nube para el almacenamiento y procesamiento de la información, y se desarrollará una aplicación móvil para el despliegue de dicha información al usuario.

De este trabajo se derivarán significativos aportes que contribuirán a enriquecer al Grupo de investigación Tecnologías de la información, Emprendimiento y Sociedad - GITICES Y Grupo de Investigación E-Soluciones, puesto que las investigaciones realizadas a nivel nacional y mundial acerca del uso de esta tecnología para el cuidado de caninos, son escasas. Además, el tipo de tecnología que se pretende implementar pertenece a la Línea de Investigación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Semillero de Arduino - SEMARD.

# MARCO DE REFERENCIA

**ESTADO DEL ARTE**

***Internacional***

Existe una cantidad considerable de sistemas de cuidado para mascotas basado en internet de las cosas, especialmente en países asiáticos. En Corea del sur se desarrolló un sistema de cuidado de mascotas utilizando el paradigma del internet de las cosas (Seungcheon K., 2016). En este artículo se plantea el desarrollo de un dispositivo de alimentación automática que puede ser controlado por el usuario desde su smartphone, una almohadilla de defecación automática que recoge las heces del animal una vez detecta cuando la mascota ha defecado utilizando sensores de humedad, temperatura, y un sensor ultrasónico; y por último una cámara web que le permite al dueño ver en tiempo real a su mascota, todo esto con el fin de proveer al dueño la capacidad de cuidar a su mascota mientras él no se encuentra.

En China se desarrolló un sistema para mascotas que consiste de una puerta inteligente para mascotas, y un alimentador inteligente de mascotas (Own, et. al, 2013). La puerta inteligente es como cualquier otra puerta que colocan los dueños en la parte inferior de una puerta para que el animal pueda entrar y salir sin ninguna clase de ayuda, pero además de esto también le permite indicar al usuario su mascota a que áreas tiene prohibido ir, y si es necesario la puerta se bloqueará y no le dará entrada al animal. Por otro lado el alimentador inteligente le permite al dueño programar la comida del animal por tiempo.

En Estados Unidos se desarrolló un sistema para comunicar una señal de voz o mensaje de audio iniciado a lo largo de distancias potencialmente grandes y entregarse a un animal desatendido, y comprende una unidad base y un receptor inalámbrico. El sistema transmite señales de audio en vivo (convertidas a partir de archivos de audio o mensajes de audio almacenados) en tiempo real a grandes distancias. El receptor se usa preferentemente en la mascota e incluye un altavoz y un receptor inalámbrico para convertir las señales inalámbricas enviadas por el transmisor en señales de audio emitidas por los altavoces (Langer S., Fujio R., 2016). Este proyecto de investigación complementa este sistema, desarrollando un sistema capaz de sensar variables de salud en tiempo real de manera remota, brindando al dueño la tranquilidad de un cuidado más especializado para su mascota desde cualquier lugar.

En Suecia se realizó un proyecto basado en el internet de las cosas con el objetivo de crear un prototipo de un sistema de monitoreo para el monitoreo de ganado en áreas de campo libre (Lindgren, et al., 2016) . En el proyecto a cada animal se le adhiere un microcontrolador encargado de recolectar información del animal. Debido a que el proyecto se realizó con el objetivo de funcionar en campo libre, la conexión directa de los nodos a una red de Wi-Fi no sería posible, por lo que se ideó que cada uno de los nodos se comunique con los otros nodos a su alrededor, y que se tenga un nodo base en un lugar concurrido por los animales como cerca de la fuente de agua, con el objetivo de que cada nodo se encargue de intercambiar y sincronizar información con todo nodo aledaño, incluyendo el nodo base.

En Senegal se realizó un proyecto basado en internet de las cosas para el aviso y la prevención del robo de ganado en áreas rurales en el 2017 (Dieng, et al., 2017). El principal obstáculo que se encontró fue la falta de red celular 3G/4G en las áreas rurales, por lo que hubo la necesidad de utilizar LoRa, una tecnología para redes de largo alcance. En el proyecto a cada animal se le asigna un dispositivo que consiste de un microcontrolador, sensores que le permiten analizar su comportamiento, y un módulo para la comunicación por LoRa. Basado en el comportamiento del animal se detecta si el animal es robado.

***Nacional***

Dadas los retos en el cuidado de mascotas para la sociedad colombiana, la Universidad Autónoma de Bucaramanga diseñó y construyó un alimentador inteligente automático para perros de raza media, dando a las personas una solución eficiente que ayuda a alimentar a sus mascotas. La metodología de diseño está basada en mecatrónica y a su vez integra componentes electrónicos y de comunicaciones. Los resultados de la implementación del prototipo se presentan con sistema de notificación por mensaje de texto al dueño de la mascota. Los prototipos construidos tienen un mecanismo de ajuste de altura del plato de comida y permite al usuario configurar por interfaz táctil hasta tres porciones por día (Tuta G., et. al., 2015).

En la Universidad Católica de Colombia se desarrolló un sistema de monitoreo para ganado basado en internet de la cosas. El proyecto se realizó con el objetivo resolver la problemática del hurto de ganado, para esto se creó un ensambló un dispositivo compuesto por el módulo ESP8266 y el módulo G.P.S. NEO 6M que se amarra al animal y es capaz de capturar su localización en coordenadas y enviarla a una plataforma web (Pérez & Zambrano, 2018).

**MARCO TEÓRICO**

* SISTEMAS DE MONITOREO

En general, el monitoreo consiste en la vigilancia del estado de un sistema en pro de identificar cambios que se puedan dar en el tiempo, es decir, no hay ningún tipo de intervención manual o automatizada sobre las variables de interés, es únicamente una visualización de las condiciones del sistema. Así, un sistema de monitoreo es una herramienta para hacer seguimiento a variables presentes en el objeto de monitoreo.

Por ejemplo, en el sector agropecuario, existe una creciente necesidad de monitorear y controlar muchas variables durante todo el proceso de producción para garantizar una ganadería sostenible, animales sanos, bienestar animal garantizado y condiciones ambientales aceptables (Geers & Madec, 2006), necesidad extrapolable a otros animales como las mascotas que, debido al ritmo de vida en la actualidad de los dueños de mascotas, requieren de cuidado de manera remota.

* VARIABLES FISIOLÓGICAS

En el libro Handbook of Research on Developments in E-Health and Telemedicine: Technological and Social Perspectives se define a las variables fisiológicas como magnitudes físicas relacionadas con el estado fisiopatológico del paciente que varían a través del tiempo (Cruz-Cunha et-al., 2010). Las variables fisiológicas relevantes a este proyecto son las siguientes:

*Frecuencia cardíaca en los animales*

La frecuencia cardiaca es el número de veces que el corazón late por minuto. La frecuencia cardiaca de los caninos por lo general se encuentra entre 60 - 150 latidos/min. Esta puede variar por diferentes factores, principalmente por la raza y el tamaño del animal (Stephenson, 1998).

*Presión arterial en animales*

La presión arterial es una variable sistémica que rige la perfusión sanguínea del territorio tisular. En caninos sanos sus valores están influenciados por variables fisiológicas, frecuencia cardíaca, descarga sistólica y resistencia arterial periférica, presentes al momento del registro (Meder A., et. al, 2012).

* INTERNET DE LAS COSAS

El internet de las cosas consiste en la interconexión de objetos cotidiano a través de una red masiva. En otras palabras, el internet de las cosas aumentará la ubicuidad del internet vía la integración de todos los objetos mediante sistemas embebidos lo cual conduce a una gran red de dispositivos que se comunican tanto con personas como con otros dispositivos (Xia F., et. al., 2012). A su vez, el internet de las cosas aplicadas al cuidado y monitoreo de los pacientes es cada vez más común en el sector de la salud, buscando mejorar la calidad de vida de las personas (Gómez et. al., 2016) y, basados en este criterio, es el interés de este trabajo en la aplicabilidad de los sistemas IoT en el monitoreo de la salud en mascotas.

* SISTEMAS EMBEBIDOS

Un sistema embebido es un sistema de control y funcionamiento programado con una función dedicada dentro de un sistema mecánico o eléctrico más grande, a menudo con restricciones de computación en tiempo real (Marwedel P., 2011).

* MQTT

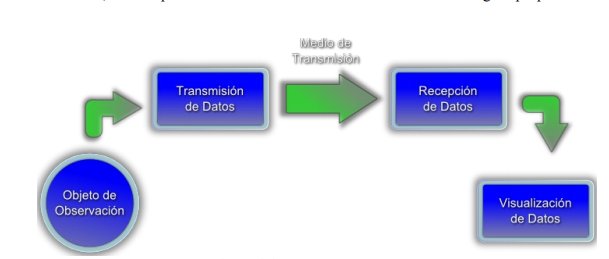
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) es un protocolo de mensajería estándar ISO basado en publicación-suscripción. Funciona sobre el protocolo TCP / IP. Está diseñado para conexiones con ubicaciones remotas donde se requiere una "huella de código pequeña" o el ancho de banda de la red es limitado, por lo que es ideal para el internet de las cosas. El patrón de publicación publicación-suscripción requiere un intermediario de mensajes (ISO, 2016).

* CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE

Es un marco de referencia que contiene los procesos, las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto software, abarcando la vida del sistema desde la definición hasta la finalización de su uso (ISO 12207).

* TELEMETRÍA

Es posible medir ciertas características de objetos, como la temperatura, humedad, presión, entre otras. Esto se logra a través de la telemetría que, es una tecnología dedicada a la medición de dichas características para luego transportar la información recopilada a una estación distante donde es desplegada, guardada y analizada (Dodge, 2011).



***Fig. 1. Proceso de Telemetría***

Fuente: Mínguez, 2009

# JUSTIFICACIÓN

Las mascotas están, al igual que los seres humanos, expuestas a diversos tipos de enfermedades pero, la imposibilidad de los animales de expresión verbal hace que cualquier síntoma sea detectable únicamente de acuerdo a los cambios físicos y emocionales perceptibles en el mismo. El seguimiento y atención a estos cambios es clave en la detección temprana y recuperación de cualquier enfermedad. Sin embargo, es claro que la dinámica cotidiana de los dueños de mascotas les dificulta proveerles los cuidados que requieren de manera correcta y a tiempo en muchos casos, determinando la necesidad de un producto/servicio para el cuidado de sus mascotas de manera remota.

Hoy en día, es posible hacer seguimiento a seres vivos y objetos gracias a la comunicación inalámbrica y los receptores de información que la hacen posible. Estos sistemas se encuentran dentro del alcance de Internet of Things (IoT), donde los dispositivos están conectados a internet y la información se envía sin la interacción de los seres humanos (Aguirre et. al., 2016). Por lo tanto, para el caso de las mascotas, es posible hacer seguimiento en tiempo real a parámetros fisiológicos o ubicación, dando lugar a una herramienta para los dueños en la detección temprana de anomalías en la salud del animal e incluso pérdida del mismo.

Las enfermedades más comunes en mascotas tienen síntomas similares entre sí, como lo son la fiebre, cambios de ánimo representados en alteraciones cardiovasculares, pérdida del apetito, deshidratación, entre otros. Los dispositivos de medición de variables fisiológicas cuentan con sensores que transmiten información en tiempo real a los dueños para que, en el caso de una alteración en la salud del animal, sea posible su atención a tiempo. Estos, a su vez, cuentan con una función GPS que proporciona la localización del animal en tiempo real, permitiendo al dueño conocer la ubicación de su mascota de manera remota, previniendo así la pérdida o robo del animal y significando una aplicabilidad no solo para mascotas sino incluso, para el sector agrícola. Sin embargo, esto último no es objeto de esta investigación dado que el dispositivo que se pretende desarrollar funciona con WiFi y Red 4G de celulares y, el primero no abarca grandes áreas y el segundo no es 100% eficiente en zonas rurales.

Los dispositivos de medición de variables fisiológicas son herramientas de bajo costo, fácil ensamblaje y uso. Esencialmente consiste en uno o varios sensores que se despliegan en una plataforma online, cuyo precio no asciende los $100 USD y es un accesorio de fácil uso para la mascota y el dueño ya que, por un lado, se instalará en un accesorio común en las mascotas (collar) y se desplegará en una aplicación sencilla e intuitiva de fácil entendimiento para el usuario. Dado que estos dispositivos usan una red de sensores inalámbricos, son también una herramienta de bajo consumo energético, una mayor densidad de nodos sensores y precisión en la recopilación de información, a diferencia de las redes convencionales de sensores (Own et. al., 2013).

Este tipo de dispositivos representan una innovadora entrada en el mercado de mascotas que, para el caso de Colombia, crece por encima de la inflación. En el 2017 se incrementó un 16 por ciento frente al año anterior, es decir, casi cuatro veces más que el índice de precios al consumidor (IPC) del año pasado, que fue de 4,09 por ciento (El Tiempo, 2018), significando un proyecto de innovación y emprendimiento con alta rentabilidad dado que la relación costo beneficio aumentaría más que en el caso de otros productos en el mercado a través de los años en el país.

A pesar de que las mascotas han sido parte de la vida del ser humano desde hace aproximadamente 15 mil a 20 mil años, los estudios y desarrollo de herramientas que permitan su cuidado de manera remota han sido pocos. Con este proyecto de investigación se pretende desarrollar un prototipo de dispositivo de monitoreo de mascotas, capaz de sensar variables relacionadas con síntomas de enfermedades haciendo uso del IoT para desplegar los resultados en un plataforma de acceso remoto, permitiendo a los dueños tener control sobre cambios no deseados en la salud de sus mascotas y tomar acción a tiempo, contribuyendo con las investigaciones en IoT adelantadas por el Semillero de Arduino - SEMARD - del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena.

# OBJETIVOS

## *Objetivo general*

Desarrollar un prototipo de sistema para monitoreo de variables fisiológicas en mascotas usando telemetría con servicios en la nube .

## *Objetivos específicos*

* Especificar los requisitos funcionales y no funcionales del sistema a través de un documento de requisitos.
* Desarrollar los diagramas electrónicos y de diseño físico de un prototipo hardware no invasivo, capaz de sensar variables fisiológicas en una mascota.
* Desarrollar los diagramas arquitectónicos y de diseño de software de una aplicación capaz de desplegar el estado del animal.
* Diseñar el circuito embebido del prototipo teniendo como base los diagramas previamente desarrollados.
* Construir la aplicación móvil teniendo como base los diagramas previamente desarrollados.
* Realizar una prueba piloto del sistema en un grupo de mascotas y documentar las pruebas realizadas del prototipo.

# ALCANCE

Este proyecto se realizará en el laboratorio perteneciente al semillero de arduino - SEMARD - ubicado en la sede San Pablo de la Universidad de Cartagena, donde se realizará la creación del dispositivo hardware y el desarrollo de la aplicación móvil.

La prueba piloto se realizará sobre una muestra de alrededor de 2-4 mascotas en las cuales se utilizará el dispositivo y se pondrán a prueba cada una de las funcionalidades del sistema. Esto con el objetivo de analizar cómo se comporta el sistema en la vida real y si cumple con los requisitos funcionales.

El proyecto tendrá una duración de aproximadamente 8 meses, asignándole alrededor de 8 semanas a cada etapa del proyecto (especificadas en mayor detalle en la metodología).

El dispositivo funcionará mediante red Wi-Fi, y red celular 4G. Las variables a medir son el: El ritmo cardíaco de la mascota, la temperatura, y la localización (longitud y latitud). La aplicación será desarrollada exclusivamente para dispositivos Android. La aplicación y los dispositivos hardware se comunicarán mediante el protocolo de mensajería MQTT.

Los resultados esperados del proyecto incluyen la documentación del proyecto conformada por: Documento de requisitos, Diagramas electrónicos del dispositivo, Diagramas arquitectónicos del software, y diagramas de diseño del software. También se obtendrá un prototipo del dispositivo y de la aplicación móvil. Por último se obtendrá un documento en el cual se refleje la prueba piloto especificando cuál es la viabilidad del sistema como producto, y si se comportó de la manera esperada.

El producto final del proyecto será el sistema de monitoreo de variables fisiológicas en caninos, el cual consistirá del dispositivo hardware; capaz de medir el ritmo cardiaco, y la temperatura del canino y que a la vez será capaz de localizarla mediante GPS; y de la aplicación móvil la cual será capaz de desplegar la información leída por el dispositivo al usuario en tiempo real.

La aplicación será desarrollada exclusivamente para Smartphones Android, no será desarrollada para dispositivos iOS, ni para navegadores web.

# IMPACTOS

***6.1 Ambiental***

Al tratarse de un dispositivo de medición, este proyecto no supone ningún tipo de emisión hacia la atmósfera o genera residuos sólidos o líquidos perjudiciales para el medio ambiente. Una vez su ciclo de vida termine, los componentes pueden ser reciclados e incluso reutilizados para otros fines. En otras palabras, este proyecto no presenta ninguna una amenaza para el medio ambiente.

***6.2 Social***

El cuidado remoto de mascotas supone una alternativa ventajosa para los dueños de mascotas ya que, podrán estar al pendiente de la salud de los animales desde su trabajo o cualquier lugar, representando una mejora tanto en la calidad de vida de los animales como una preocupación menos para los dueños. Brinda la posibilidad de conocer la ubicación exacta del animal, por lo cual, evita pérdida o robo del mismo.

***6.3 Económico***

Este dispositivo representa ahorros en dinero, gracias a la posibilidad de detección temprana de anomalías fisiológicas en el animal que podrían ser causal de enfermedades con tratamientos costosos. Además, al ser una tecnología poco estudiada e implementada, podría representar una oportunidad de negocio si se fabrica y comercializa en masa, contribuyendo positivamente en la economía del país.

# METODOLOGÍA

* 1. **Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo experimental, donde se pretende desarrollar un prototipo de collar para la medición de variables fisiológicas en caninos. La información recolectada por el collar se desplegará en una aplicación disponible para Android, también diseñada en este proyecto.

* 1. **Fuentes de información**

**Fuente de información primaria**

La información principal requerida para este proyecto se obtuvo de los resultados obtenidos el diseño del prototipo y aplicación web, su eficiencia y funcionalidad, así como tutorías online y personalizadas.

**Fuente de información secundaria**

Las bases de datos proporcionadas por la plataforma virtual de la biblioteca de la Universidad de Cartagena tales como Science Direct, Springerlink, Dialnet, entre otras, fueron la fuente alterna de información a partir de la cuales se construye el presente documento.

* 1. **Variables**

El propósito principal de esta investigación fue el diseño de un prototipo tangible de sistema de monitoreo, como el diseño de una aplicación donde el mismo despliegue la información que recoge, por tanto, la funcionalidad tanto del sistema como su correcto despliegue y sincronización con la aplicación son las variables dependientes y fundamentales de esta investigación.

La exactitud de los sensores, eficiencia de la batería, procesador y antena, velocidad del WiFi y cantidad de datos celulares disponibles fueron las variables intervinientes en el éxito de la funcionalidad tanto del prototipo como de la aplicación a desarrollar.

* 1. **Procedimiento** 
     1. **Análisis de Requerimientos**

En este se realizaron búsquedas de información, entrevistas con dueños de mascotas, y un análisis demográfico con el fin de definir los requerimientos y funcionalidades que ofrece el proyecto a los dueños de mascotas. Como resultado de ésta etapa se obtuvo un documento que refleja dichos requerimientos y funcionalidades. Con este paso se cumple el primer objetivo de especificar los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

* + 1. **Etapa de Diseño**

Esta etapa se dividió en dos partes, la primera en la que se diseñaron los diagramas de la electrónica del sistema, y la segunda en la que se desarrollaron los diagramas arquitectónicos y de diseño del software.

* + - 1. **Diseño de Hardware**

Se desarrollaron los schematics de la parte electrónica usando el software KiCAD. En base al análisis de requerimientos previamente de desarrollado, se identificaron las funcionalidades a incluir en el dispositivo y, en base a estas se escogieron las partes del hardware.

El dispositivo debe funcionar con o sin WiFi, por tanto se decidió utilizar también datos móviles. Para esto se incluye en el diseño un Módulo AI Thinker A7 para el acceso a datos móviles y un microcontrolador ESP 8266 para el acceso a WiFi. Debido a que el ESP 8266 solo tiene 1 pin para señales análogas y, se utilizaron 2 sensores de señal análoga, fue necesario incluir un multiplexor (Multiplexer 4051) para hacer las lecturas de estos dos sensores a través de un solo pin.

Los sensores fueron escogidos de acuerdo a las variables fisiológicas de interés, temperatura y ritmo cardíaco, para las cuales se usaron los sensores TMP 36 y Pulse Sensor, respectivamente. Además, el dispositivo debe ser capaz de mostrar la localización de la mascota, función que también es cumplida con el módulo AI Thinker A7.

Con este paso se cumple el segundo y el tercer objetivo de desarrollar los diagramas electrónicos y de hardware para el dispositivo.

* + - 1. **Diseño de Software**
         1. **Aplicación Móvil**
         2. **Sistema Embebido**
         3. **Servidor**
    1. **Implementación**
    2. **Etapa de pruebas**

Se realizó un proceso de pruebas funcionales donde se probó el sistema en un grupo de mascotas y se analizaron los resultados en busca de errores o problemas, comparándolos con el documento de requerimientos con el fin de verificar que el sistema sí cumple con los requerimientos y funcionalidades planteadas en la primera etapa. Se hicieron las correcciones necesarias y por último se redactó un documento donde se describen los resultados de las pruebas. Con este paso se cumple el último objetivo de realizar una prueba piloto.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

* Miklosi, A. (2016). Dog Behaviour, Evolution, and Cognition (2nd ed.). OUP Oxford.
* Charles, N. (2014). ‘Animals Just Love You as You Are’: Experiencing Kinship across the Species Barrier. Sociology, 48(4), 715-730. doi:10.1177/0038038513515353.
* Walsh, F. (2009). Human-Animal Bonds II: The Role of Pets in Family Systems and Family Therapy. Family Process, 48(4), 481-499. doi:10.1111/j.1545-5300.2009.01297.x.
* Kathleen V. Cowles RN, PhD (2008) The Death of a Pet, Marriage & Family Review, 8:3-4, 135-148, DOI: 10.1300/J002v08n03\_10.
* Cohen, S. P. (2002). Can Pets Function as Family Members? Western Journal of Nursing Research, 24(6), 621-638. doi:10.1177/019394502320555386.
* Sable, P. (1995). Pets, Attachment, and Well-Being across the Life Cycle. Social Work. doi:10.1093/sw/40.3.334.
* Albert, A., & Bulcroft, K. (1988). Pets, Families, and the Life Course. Journal of Marriage and the Family, 50(2), 543. doi:10.2307/352019.
* Ann Ottney Cain (1985) Pets as Family Members, Marriage & Family Review, 8:3-4, 5-10.
* Gfk. (2016). Pet ownership. Recuperado de https://www.gfk.com/fileadmin/user\_upload/country\_one\_pager/AR/documents/Global-GfK-survey\_Pet-Ownership\_2016.pdf.
* Cifras & Conceptos. (2018). Mascotas: Un nuevo sociodemográfico en Colombia. Recuperado de http://cifrasyconceptos.com/wp-content/uploads/2017/05/Mascotas.pdf?8ab3a8.
* Norling, Y., Keeling, L., 2010. Owning a dog and working: a telephone survey of dog owners and employers in Sweden. Anthrozoös 23, 157–171.
* Katayama M, Kubo T, Mogi K, IkedaK, Nagasawa M, Kikusui T. 2016.Heart rate variability predicts the emotional state in dogs. Behav Process128: 108-112. doi: 10.1016/j.beproc.2016.04.015.
* Scaglia E, Cannas S, Minero M, Frank D, Bassi A, Palestrini C. Video analysis of adult dogs when left home alone. J Vet Behav. 2013;8(6):412–417.
* AVMA Collections. (2013). Retrieved from https://www.avma.org/News/Journals/Collections/Pages/AVMA-Collections-Canine-Anxiety-Disorders.aspx
* Seungcheon, K. (2016). Smart Pet Care System using Internet of Things. International Journal of Smart Home, 10(3), 211-218. http://dx.doi.org/10.14257/ijsh.2016.10.3.210.
* Own, C., Shin, H., & Teng, C. (2013). The Study and Application of the IoT in Pet Systems. Advances in Internet of Things, 03(01), 1-8. doi:10.4236/ait.2013.31001.
* Langer, S., & Fujio, R. (2016). Long distance pet communication system with wireless voice transmitter. USA.
* Tuta Navajas, G., Rivera Cabezas, J., Gutierrez Ávila, K., & Roa Prada, S. (2015). Diseño y construcción de un dosificador automático de alimento para perros de raza media [Ebook] (p. 8). Envigado, Colombia. Retrieved from <https://revistas.eia.edu.co/index.php/mem/article/view/822>.
* Perez, F. O., & Zambrano, O. H. (2018). Desarrollo de un sistema de monitoreo para ganado. ACE. Pregrado Electrónica Y Telecomunicaciones.
* Geers, R., & Madec, F. (2006). Livestock production and society. Wageningen: Wageningen Academic.
* Cruz-Cunha, M. M., Tavares, A. J., & Simoes, R. J. (2010). Handbook of research on developments in e-health and telemedicine: Technological and social perspectives. Hershey, PA: Medical Information Science Reference.
* Stephenson, R. (1998). El corazón como bomba en fisiología cardiovascular en fisiología veterinaria cunning-ham (2a Ed.). Madrin McGraw-Hill.
* Meder, A. R., Lezcano, P. A., Poblete, G. E., Lapuyade, C. L., Olondriz, P. A., Montenegro, J. M., . . . Arauz, M. S. (2012). Valores de presión arterial sistólica, método Doppler Vascular Pulsado, en caninos sanos conscientes. Ciencia Veterinaria, 14(1), 2012th ser.
* Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A. (2012). Internet of Things. International Journal of Communication Systems, 25(9), 1101-1102. doi:10.1002/dac.2417.
* Gómez, J., Oviedo, B., & Zhuma, E. (2016). Patient Monitoring System Based on Internet of Things. Procedia Computer Science, 83, 90-97. doi:10.1016/j.procs.2016.04.103
* Marwedel, P. (2011). Embedded System Design. doi:10.1007/978-94-007-0257-8.
* ISO - International Organization for Standardization. (2016, June 08). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/69466.html>.
* ISO/IEC/IEEE 12207:2017. (2017, November 28). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/63712.html>
* Marino Dodge, J. (2011). Telemetría usando Redes de Datos de Telefonía Celular. INGENIARE, (11), 67. doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.11.646
* Mínguez, D. (2009). Monitoreo de parámetros a través de un sistema de telemetría. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Tijuana, México
* Aguirre, E., Lopez-Iturri, P., Azpilicueta, L., Astrain, J., Villadangos, J., Santesteban, D., & Falcone, F. (2016). Implementation and Analysis of a Wireless Sensor Network-Based Pet Location Monitoring System for Domestic Scenarios. Sensors, 16(9), 1384. doi: 10.3390/s16091384
* El Tiempo. (2019). Tres billones de pesos, el gasto de las familias en sus mascotas. Retrieved from <https://www.eltiempo.com/economia/finanzas-personales/dinero-que-invierten-las-familias-colombianas-en-el-cuidado-de-sus-mascotas-228908>
* Pressman, R. (2014). Software engineering. New York: Mcgraw-Hill.