

SISTEMA DE APOYO A LA PREVENCIÓN DEL ABIGEATO DE GANADO  
BOVINO UTILIZANDO TECNOLOGÍAS IOT Y CLOUD



DANIELA CAROLINA CANGREJO AGUIRRE  
DIANA MARCELA HERNÁNDEZ LÓPEZ

Director:

Ing. Juliana Alejandra Arévalo Herrera, MSc

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ, 2019

SISTEMA DE APOYO A LA PREVENCIÓN DEL ABIGEATO DE GANADO  
BOVINO UTILIZANDO TECNOLOGÍAS IOT Y CLOUD



DANIELA CAROLINA CANGREJO AGUIRRE  
DIANA MARCELA HERNÁNDEZ LÓPEZ

Directora:  
Ing. Juliana Alejandra Arévalo Herrera, MSc

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primero a nuestros padres por su constante apoyo tanto económico como moral, ya que sin ellos esto no sería posible. También a los docentes de la Facultad Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás por su constante apoyo en los momentos de dificultad durante el desarrollo del proyecto. Por otro lado, le agradecemos a la Unidad de Investigación y al semillero Magnadata por el apoyo económico que nos facilitó el acceso a los equipos Lora y demás sensores requeridos para el adecuado desarrollo del proyecto.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO.....	11
1.1 Problema .....	11
1.2 Justificación .....	12
1.3 Objetivos.....	14
1.4 Alcance .....	15
1.5 Idea de Negocio.....	16
2 MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 TECNOLOGÍAS IoT PARA EL ABIGEATO .....	17
2.1.1 Descripción de tecnologías para el sistema de monitoreo .....	17
2.1.1.1 Tecnologías cloud computing .....	17
2.1.1.2 Servicios ofrecidos en cloud .....	19
2.1.1.3 Tecnologías IoT.....	20
2.1.1.4 Tecnologías LoRa para IoT.....	21
2.1.1.5 Sensores y dispositivo para monitoreo de ganado.....	23
2.2 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS .....	25
3 PLAN DE NEGOCIO .....	31
3.1 ESTUDIO DE MERCADO .....	31
3.1.1 Descripción del Producto/Servicio .....	31
3.1.1.1 Sensores .....	31
3.1.1.2 Gateway .....	32
3.1.1.3 Tecnología Cloud Computing.....	33
3.1.1.3.1 Amazon .....	33
3.1.1.3.2 The Things Network.....	34
3.1.2 Análisis del sector ganadero .....	34
3.1.3 Definición y análisis del Mercado Objetivo .....	34
3.1.4 Análisis de la competencia .....	35

3.1.5	Modelo de negocio Canvas .....	36
3.1.6	Mapa estratégico .....	38
3.1.7	Definición y análisis de estrategia de precio .....	39
3.1.8	Pronóstico de la demanda .....	41
3.2	ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	41
3.2.1	Misión .....	41
3.2.2	Visión .....	42
3.2.3	Objetivos estratégicos.....	42
3.2.4	Estructura Orgánica y requerimientos de persona .....	43
3.2.5	Descripción de funciones .....	43
3.3	ESTUDIO FINANCIERO.....	44
3.3.1	Análisis de la Inversión .....	44
3.3.2	Análisis de impactos .....	47
	3.3.2.1 Impactos Económicos .....	47
	3.3.2.2 Impactos Sociales .....	47
	3.3.2.3 Impactos Ambientales .....	48
4	DISEÑO DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE ABIGEATO.....	49
4.1	ARQUITECTURA .....	49
4.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	51
4.3	PLAN DE APROVISIONAMIENTO.....	52
5	PRUEBAS DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE ABIGEATO .....	53
5.1	PRUEBAS DE LABORATORIO.....	54
6	TRABAJOS FUTUROS .....	59
	CONCLUSIONES .....	60
	ANEXOS.....	62
	REFERENCIAS .....	69
	ANEXO A. MODELO DE NEGOCIO CANNVAS .....	62
	ANEXO B. LIBRERÍAS DE ARDUINO .....	63
	ANEXO C. CLAVES PARA LA CONEXIÓN CON THE THINGS NETWORK ...	63
	ANEXO D. DATOS EN SERVIDOR TTN.....	64

ANEXO E. DESARROLLO PAGINA WEB.....	65
ANEXO F. DATOS .....	66
ANEXO G. DATOS EN AWS .....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Servicios que se ofrecen para el desarrollo de aplicaciones en la nube.	18
Figura 2. Dimensión que introduce el IoT a las tecnologías de la información y comunicación.	20
Figura 3. Sensor invasivo.	23
Figura 4. Sensor no invasivo.	24
Figura 5. Sensor GPS.	32
Figura 6. Gateway Dragino.	33
Figura 7. Mapa Estratégico.	38
Figura 8. Estructura Orgánica	43
Figura 9. Arquitectura del sistema de monitoreo de ganado bovino con tecnología IoT LoRa.	49
Figura 10. Arquitectura en capas del sistema de monitoreo de ganado con tecnología IoT LoRa y los respectivos protocolos de comunicación.	50
Figura 11. Plan de aprovisionamiento.	52
Figura 12. Mapa de la ruta 1.	55
Figura 13. Datos de la ruta 1.	56
Figura 14. Mapa de la ruta 2.	56
Figura 15. Datos de la ruta 2.	57
Figura 16. Mapa de la ruta 3.	57
Figura 17. Datos de la ruta 3.	58
Figura 18. Librerías que se usaron en arduino.	63
Figura 19. Claves para la conexión con TTN	63
Figura 20. Datos en servidor TTN.	64
Figura 21. Desarrollo página web	65
Figura 22. Página Web	66
Figura 23. Datos en Uplink en AWS IoT	66
Figura 24. Conexión servidor TTN con AWS IoT	67
Figura 25. Datos en DynamoDB	67
Figura 26. Página Web Datos- Alertas	68

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones tecnología LoRa .....	22
Tabla 2. Analisis de la Competencia .....	35
Tabla 3. Costos estimados .....	40
Tabla 4. Precios Amazon .....	40
Tabla 5. Precios Cotización .....	40
Tabla 6. Proyección de la Demanda .....	41
Tabla 7. Proyección de ventas según el número de clientes y ganado sin Ganancia .....	44
Tabla 8. Proyección de ventas según el número de clientes y ganado con Ganancia .....	45
Tabla 9. Costos y Precios al cliente .....	45
Tabla 10. Utilidad .....	45
Tabla 11. Salarios Ingeniero .....	45
Tabla 12. Punto de Equilibrio .....	46
Tabla 13. Prueba de laboratorio .....	55



## **RESUMEN**

Este proyecto presenta un sistema de monitoreo para ganado bovino cuyo objetivo es reducir el abigeato en las zonas ganaderas de Une, Cundinamarca. El sistema de monitoreo permite a los ganaderos tener información en tiempo real sobre la ubicación los animales mediante el uso de tecnología IoT y Cloud. Como parte del servicio de monitoreo, el sistema permite desarrollar una cerca virtual a pequeña escala con las características del terreno. En ese sentido, los ganaderos podrán estar enterados, a través del movimiento de los animales, si estos salen de la propiedad a través de la visualización de una alarma que se activará cuando esto suceda.

*Palabras clave:* IoT, Gateway, Tecnología, Abigeato, Sensores, Tecnología en la Nube.

## **ABSTRACT**

This project presents a monitoring system for bovine cattle whose objective is to reduce the abigeato in the livestock areas of Une, Cundinamarca. The monitoring system allows farmers to have real-time information about the location of their animals by using IoT and Cloud technologies. As part of the monitoring service, the system allows the development of a virtual fence on a small scale with the characteristics of the terrain. In this regard, farmers will be informed, through the movement of animals followed by the system, if they leave the terrain's area through the display of an alarm that may be activated when this occurs.

*Keywords:* IoT, Gateway, Technology, Abigeato, Sensors, Technology in the Cloud.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia el robo de ganado definido como abigeato fue sancionado como delito en diciembre de 2018. Sin embargo, durante lo transcurrido de ese año, se reportaron a la Policía Nacional más de 3000 casos. [1], esto genera gran preocupación a las personas que hacen parte del sector ganadero por que se afecta su economía y para la mayoría que hace parte de esta industria es su único ingreso.

Viendo como está siendo afectado el sector ganadero se busca generar un plan empresa donde se diseña un sistema de monitoreo de ganado bovino, que está orientado a prestar servicios en el sector agropecuario, tanto a pequeños como grandes ganaderos de Colombia. En un principio se centrará en empezar con el municipio de Uña, Cundinamarca donde se encuentran en su mayoría pequeños ganaderos, destacando que la finalidad de la empresa está en generar una herramienta tecnológica que le facilite al cliente el control de sus animales en cuanto a ubicación minimizando así las pérdidas por abigeato.

Se realizó un estudio de mercado en el cual se visualiza que existen muy pocas empresas que prestan dicho servicio, en Colombia se identificaron dos empresas, una empresa Siot –Ingeniería que es de Sogamoso Boyacá e Insitel que es de España, pero tiene una sede domiciliada en Bogotá D.C. y también se realizó la recopilación de estudios donde se muestra la generación de redes IoT LoRa como la mejor opción a nivel agropecuario.

Con el servicio de monitoreo de ganado bovino se oferta un servicio de alerta para el cliente mediante una aplicación web cuando algún animal se encuentre fuera del área habitual (la finca). La gestión se realiza mediante una red IoT, la evolución tecnológica que permite conectar las personas con los diferentes procesos productivos del campo en este caso los animales, llevando a una automatización de la finca que ayuda a organizar mejor el tiempo y que sean más efectivas las labores a realizar. Es un proyecto interesante y novedoso ya que el servicio busca ayudar a las personas en optimizar y generar con mayor eficacia factores como la productividad de sus fincas ganaderas minimizando así pérdidas de animales, al igual que le permite gestionar mejor su tiempo.

## **1. MARCO GENERAL DEL PROYECTO**

### **1.1. Problema**

Las actividades del sector pecuario en Colombia tienen una gran importancia en la estructura económica del país. Está distribuida en el país en 494.402 predios y constituida aproximadamente por 22'689.420 animales bovinos [2], por lo que se ve que gran cantidad de los habitantes basan su economía en las actividades del campo. Dentro de éstas encontramos la concentración en producción del ganado con un enfoque doble propósito (producción de carne y leche). Se han identificado unos problemas fundamentales en el buen desarrollo de esta forma de negocio de las personas como lo son el abigeato y la salud de los bovinos. Según noticia de Fedegán [3] del 2016 existe un incremento notable en la problemática de abigeato en todo el país. A pesar de los esfuerzos de las autoridades, los ganaderos no tienen posibilidades autónomas de solución.

Actualmente en Colombia es muy poca la tecnología viable comercialmente, que facilite el trabajo de los ganaderos en cuanto al cuidado y rastreo del ganado, por medio de un sistema que recolecte, almacene y gestione con una aplicación que reciba información de algún dispositivo para ser almacenado en la nube. Lo que se busca con este proyecto es facilitar una herramienta de rastreo e informe sobre la ubicación de cada animal, con el fin de disminuir el abigeato.

Frente a lo expuesto anteriormente, se planteó la pregunta: ¿Qué producto comercial es viable para los ganaderos de Colombia, basado en tecnologías IoT el cual monitoree ganado bovino buscando prevenir el abigeato?

## 1.2. Justificación

Este proyecto busca el beneficio económico de las personas que tienen como negocio principal la comercialización de ganado y sus derivados.

Por medio de un sistema tecnológico que permita la recolección, almacenamiento y gestión de la información de ubicación del ganado en tiempo real mediante el uso de tecnología IoT, permitirá mantener un mayor control para prevenir o disminuir el abigeato.

La localización en tiempo real puede utilizarse para identificar cuando el ganado está fuera de una región específica. Esto puede significar que el bovino está perdido o que es un intento de robo. Adicionalmente, esta información histórica almacenada puede ofrecer comprensión de las actividades y comportamiento de los bovinos que no se habían identificado previamente.

El sistema permitirá también alinearse fácilmente con posibles normativas en los que entidades del gobierno, asociaciones de ganaderos u otros, soliciten la trazabilidad del ganado, según se requiere en la Ley 914 del 21 de octubre de 2004. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Identificación e Información de Ganado Bovino. [4]

Que decreta:

“ARTÍCULO 1. Créase el Sistema Nacional de Identificación e Información del Ganado Bovino como un programa a través del cual se dispondrá de la información de un bovino y sus productos, desde el nacimiento de este, como inicio de la cadena alimenticia, hasta llegar al consumidor final.

ARTÍCULO 2. El Sistema Nacional de Identificación e Información de Ganado Bovino estará fundamentado en la universalidad, obligatoriedad, gradualidad y trazabilidad. Se entiende por universalidad la creación y existencia de un sistema único aplicable en el territorio nacional. Se entiende por obligatoriedad el establecimiento y funcionamiento del Sistema, por parte de las autoridades u organismos a quienes se les encomiende su implementación, control y desarrollo, quienes podrán exigir su cumplimiento e imponer las sanciones que se establezcan, a través de los mecanismos coercitivos pertinentes. Se entiende por gradualidad la implementación y desarrollo del Sistema por etapas. Se entiende por trazabilidad la habilidad para identificar el origen de un bovino o de sus productos, en cualquier momento de la secuencia de producción como sea necesario, de acuerdo con el fin para el cual haya sido desarrollado.”

El trabajo propuesto permitirá mejorar la trazabilidad para las entidades que lo requieren.

Desde el punto de vista académico se resalta que el proyecto permitirá:

- Promover el emprendimiento en la facultad.
- Fortalecer el conocimiento de las telecomunicaciones en la tecnología de IoT.
- Promover el desarrollo de productos de software.

### 1.3 Objetivos

Desarrollar un plan empresa llamado Bovini Sicuri, que ofrecerá un producto el cual recolecte, almacene y gestione información sobre la permanencia del ganado bovino en un área definida para ayudar a disminuir el abigeato.

- Realizar el estudio de mercado y factibilidad para alinearlo con las políticas y necesidades del sector ganadero en el país, indicando que las características y especificaciones del servicio cumplen con las necesidades del cliente.
- Identificar qué servicio de tecnologías IoT se usará para el desarrollo de una aplicación que almacene y gestione información en tiempo real con el fin de evitar la pérdida de ganado.
- Seleccionar las tecnologías pertinentes para la recolección de datos del ganado como son los sensores, tecnologías de transmisión y recepción definiendo así los canales de recolección de información.
- Diseñar y validar un sistema que capture los datos enviados por los sensores que tendrá cada animal para almacenar y gestionar desde una aplicación web que utiliza un cloud service.

## **1.4 Alcance**

- Identificar la necesidad de comercializar un sistema de monitoreo de ganado bovino.
- Realizar un análisis de la competencia en cuanto a empresas que ofrezcan servicios tecnológicos para el monitoreo de ganado.
- Realizar un análisis financiero con el fin de reconocer su rentabilidad económica de la empresa.
- Desarrollo de un prototipo del sistema de monitoreo de ganado bovino para probar el concepto presentado. El prototipo incluirá la sección IoT y una aplicación web que utiliza un cloud service.
- La aplicación web realizada en un cloud service donde generará alertas según eventualidades que pongan en peligro el animal como lo es salida de su lugar habitual este lugar será programado por nosotros según el usuario lo indique.
- Tener un diseño de red IoT como lo requiera la finca donde se va a implementar el servicio, teniendo en cuenta cobertura del proveedor de internet y cantidad de animales.
- Se espera que el servicio de monitoreo de ganado bovino preste un monitoreo en tiempo real al ganado.
- El sistema permitirá visualizar una tabla con la ubicación de cada animal.

## **1.5 Idea de Negocio**

La necesidad que se busca satisfacer es prevenir el abigeato para beneficiar la economía de las personas que tienen como negocio principal la comercialización de ganado y sus derivados. Ya que actualmente se presenta abigeato en las diferentes regiones de Colombia afectando el sustento de las familias que dependen de la ganadería. Igualmente busca contribuir socialmente al mejoramiento del estilo de vida de los ganaderos facilitando su trabajo evitando viajes innecesarios a sus fincas y agilizando las tareas diarias por medio de un producto que se enfoca en el desarrollo tecnológico.

El servicio que se ofrece es la implementación de un sistema tecnológico que realiza la recolección, almacenamiento y gestión de la información de ubicación del ganado en tiempo real, mediante el uso de tecnología IoT, que permitirá mantener informado al usuario para prevenir o disminuir el abigeato.

Todo esto se logrará con la localización en tiempo real que puede utilizarse para identificar cuando el ganado está fuera de una región específica. Esto puede significar que el bovino está perdido o que es un intento de robo.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Tecnologías IoT para el abigeato**

A continuación, se presenta el estado actual de las tecnologías utilizadas para el monitoreo animal teniendo en cuenta proyectos realizados por diferentes entidades a nivel internacional y Colombia. Esta compilación tiene el objetivo de identificar las condiciones de ingreso para la idea de negocio planteada, así como los requerimientos tecnológicos del producto.

Se ha identificado una amplia variedad de tecnologías implementadas a nivel mundial para el monitoreo animal, no solo bovino, sino de otras especies.

Inicialmente, se presenta la tecnología que se requiere para la implementación del sistema: infraestructura de nube y la arquitectura del Internet de las Cosas IoT.

Posteriormente se presenta una revisión de la aplicación de Cloud e IoT en el monitoreo animal. Dicha revisión se hizo desde dos enfoques: comercial y académico. En el primero, se determinaron las tecnologías utilizadas por empresas o proyectos con una oferta comercial, a través de la búsqueda de información en Internet. Para el enfoque académico, se realizó una revisión de literatura en las bases de datos provistos por la Universidad, de publicaciones que presenten tecnologías para el monitoreo animal.

#### **2.1.1 Descripción de las tecnologías para el sistema de monitoreo animal**

##### **2.1.1.1 Tecnologías Cloud Computing**

Se verificaron las ofertas presentes en el mercado y artículos académicos, se presenta a continuación el estudio de la tecnología que actualmente tiene una mayor posibilidad de convertirse en tecnología de punta para la transmisión de información captada a través de sensores con una conexión en la nube.



Figura 1. Servicios que se ofrecen para el desarrollo de aplicaciones en la nube.

*Fuente: [5]*

- **SaaS (Software as a Service):** El software como servicio (SaaS) permite que los usuarios conecten aplicaciones basadas en la nube por medio de internet y puedan ser usadas. Como por ejemplo el correo, YouTube entre otros. Esta tiene una solución de software integral que se obtiene de un proveedor de servicios en la nube pagando por este servicio. [5]
- **Paas (Platform as a Service):** Es una plataforma de servicio en donde se desarrolla e implementa complemento en la nube, desde aplicaciones sencillas hasta aplicaciones empresariales desarrolladas en la nube. Esta funciona de la misma manera que SaaS, se compra el recurso que necesite al proveedor de servicios en la nube pagando solo por el uso que realice. [6]
- **IaaS (Infrastructure as a Service):** Esta es una infraestructura informática que administra y aprovisiona a través de internet, ajusta sus servicios según la demanda y se paga por su uso. Aquí se evita el gasto y la administración de sus servidores físicos e infraestructura de centro de datos. El usuario se encarga de administrar, configurar e instalar su software como sistemas operativos, middleware y aplicaciones que funcionan en la nube. [5]

<sup>1</sup>*Middleware: Es un software que se sitúa entre un sistema operativo y las aplicaciones que se ejecutan sobre él.*

### **2.1.1.2 Servicios ofrecidos en Cloud**

Aunque existen varias ofertas en el mercado, presentamos las tres con mayor participación de mercado.

Una de las plataformas más conocidas es Google Cloud que ofrece máquinas virtuales que se ejecutan en los centros de datos de Google y en la red mundial de fibra. Ofrecen servicios de almacenamiento en la nube con un almacenamiento de objetos para diferentes necesidades, como MySQL administrando y bases de datos NoSQL globalmente escalables. También tienen la disponibilidad de almacenar datos en vivo aprovechados por las aplicaciones y soluciones en la nube, dando una oferta uniforme de API, latencia y velocidad en las clases de almacenamiento. Cloud Big table proporciona una base de datos NoSQL escalable adecuada para cargas de trabajo de baja latencia y alto rendimiento [7].

Por otro lado, Azure, plataforma de Microsoft, es un conjunto integral de servicios en la nube que los desarrolladores y profesionales de TI utilizan para construir, desplegar y gestionar aplicaciones. Por medio de la nube híbrida se pueden conectar los datos y aplicaciones en la nube y en las instalaciones para una máxima portabilidad. En el desarrollo de aplicaciones inteligentes Azure ofrece reconocimiento de imágenes a los servicios de bots, análisis en tiempo real en cualquier forma y tamaño de datos [8].

También está Amazon Web Services ofrece productos globales basados en la nube, incluidas aplicaciones de informática, almacenamiento, bases de datos, análisis, redes, móviles, herramientas para desarrolladores, herramientas de administración, IoT, seguridad y empresariales. AWS tiene las aplicaciones web y móviles, el desarrollo de juegos, el almacenamiento y procesamiento de datos, el almacenamiento en general, el archivado y muchas otras. [9]

Para el desarrollo del trabajo escogimos Amazon Web Services ya que ofrece diversas posibilidades para desarrollo sin costo a nivel académico, además de tener una relación con la Universidad, por lo que acceder a dichas opciones es más sencillo.

### 2.1.1.3 Tecnología IoT

Desde la perspectiva de la normalización técnica con la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T Y.2060 (06/2012), IoT puede concebirse como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la inter-operatividad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras.

Aprovechando las capacidades de identificación, adquisición de datos, procesamiento y comunicación, IoT utiliza plenamente los "objetos" para ofrecer servicios a todos los tipos de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad. [10]

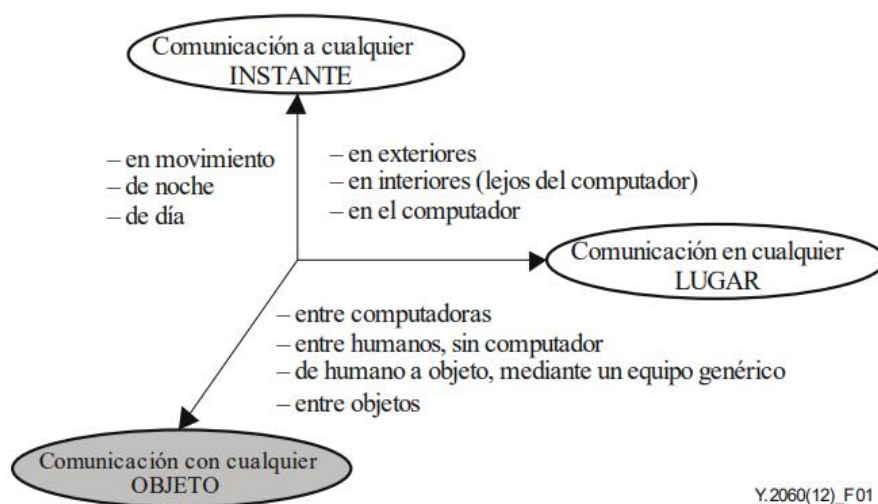


Figura 1. Dimensión que introduce el IoT a las tecnologías de la información y comunicación

*Fuente: [10]*

La figura 2 deja en claro que el internet de las cosas mejora los sistemas convencionales de comunicaciones que ofrece una comunicación en cualquier instante y en cualquier lugar, mientras que el internet de las cosas añade una

comunicación con cualquier objeto siendo estos tanto del mundo físico como equipos eléctricos, y mundo virtual como el software de aplicaciones.

Las características fundamentales de IoT son las siguientes:

- Interconectividad: En el contexto de IoT, todo puede estar interconectado con la infraestructura mundial de la información y la comunicación. [10]
- Heterogeneidad: Los dispositivos en IoT son heterogéneos dado que se basan en diferentes plataformas hardware y redes. Pueden interactuar con otros dispositivos o plataformas de servicios a través de redes diferentes. [10]
- Cambios dinámicos: El estado de los dispositivos varía dinámicamente, por ejemplo, del modo reposo al activo, conectado y/o desconectado, así como el contexto del dispositivo, como la ubicación y velocidad. Además, el número de dispositivos también puede cambiar dinámicamente. [10]
- Escala enorme: El número de dispositivos que ha de gestionarse y que se comunican entre sí puede ser incluso un orden de magnitud mayor que el número de dispositivos conectados actualmente a Internet. El porcentaje de comunicación que requerirán estos dispositivos será muchísimo mayor que el de la comunicación entre humanos. Será incluso más esencial la gestión de los datos generados y su interpretación para fines de aplicación, aspectos que guardan relación con la semántica de datos y la manipulación eficiente de datos. [10]

#### **2.1.1.4 Tecnología LoRa para IoT**

En la actualidad la tecnología más eficiente para la transmisión de datos en redes inalámbricas, es un tipo de telecomunicación inalámbrica de red de área amplia diseñada para permitir las comunicaciones de largo alcance a la mínima velocidad de bits entre objetos conectados, como sensores operados con una batería. Ésta tecnología permite que estos dispositivos tengan un consumo de baja potencia y así estos no necesitan baterías muy grandes, y pueden ser dispositivos ergonómicos. Dentro de estas tecnologías se destaca el uso del estándar de LoRa y su protocolo LoRaWan para aplicaciones de IoT en el área rural ya que tienen una distancia amplia en Km para la transmisión de datos.

LoRa es una tecnología Low-Power Wide Area Network (LPWAN) que mantiene una velocidad de datos de 0,3 kbps a 50 kbps dependiendo del rango y duración del mensaje. Las distancias de transmisión pueden ser de hasta 15 o 20 km 000000.

Se trata de una especificación LPWAN para dispositivos IoT, con alcance regional, nacional o mundial. Generalmente LoRa tiene referencia a dos niveles: Un nivel físico que utiliza CSS (chirp spread spectrum) como técnica de modulación y un nivel de acceso al medio (LoRaWAN), es una técnica de modulación basada en técnicas de espectro ensanchado y una variación de CSS con corrección de errores FEC (corrección de errores hacia adelante). Utiliza todo el ancho de la banda del canal para enviar la señal, haciéndolo resistente al ruido y al desplazamiento de frecuencia producido por el uso de cristales de bajo coste, donde el protocolo que maneja LoRaWAN es desarrollado por LoRa Alliance. Utiliza espectro radioeléctrico sin licencia en las bandas industriales, científicas y médicas (ISM) para permitir una comunicación de área amplia y baja potencia entre sensores remotos y el gateway conectados a la red. [11]

Especificaciones	Tecnología <u>LoRa</u>
Distancia	2-5km áreas urbanas y 15-20km en áreas rurales
Estándar	IEEE 802.15.4g
Modulación	Se utiliza un tipo de modulación de espectro expandido que utiliza pulsos de FM lineales de banda ancha. El aumento de la frecuencia o la disminución de la frecuencia a lo largo de cierto periodo se usan para codificar la información de datos que se va a transmitir. Da una mejora de 30 dB sobre FSK(modulación por desplazamiento de frecuencia)
Banda de frecuencia	Banda ISM 868MHz y 915 MHz
Capacidad	Una puerta de enlace <u>LoRa</u> se encarga de miles de nodos
Batería	Mayor duración de la batería
Capa física	Se ocupa de la frecuencia, la potencia, la modulación, la señalización entre los nodos y la puerta de enlace
Topología	Estrella, punto a punto, malla, punto a multipunto.

Tabla 1. Especificaciones tecnología LoRa,  
Fuente [12]

### 2.1.1.5 Sensores y dispositivos para monitoreo de ganado bovino:

También se tiene que verificar cuales sensores son los aptos para las diferentes tecnologías y es así como se empieza una revisión de la clasificación de los sensores. En el mercado se han desarrollado sistemas de sensores para determinar automáticamente los indicadores fisiológicos y de comportamiento de los animales. Estos indicadores, características o parámetros se utilizan como entrada para posteriores métodos de análisis de datos. Los sensores para la adquisición de datos en ganado se pueden clasificar en dos tipos: sensores invasivos y no invasivos.

**Sensores Invasivos:** Para las mediciones de alta precisión de algunos parámetros fisiológicos se requiere colocar sensores dentro de la vaca (por ejemplo, en el rumen, bajo la piel).



Figura 3. Sensor Invasivo  
*Fuente [13]*

Los sensores típicos de este tipo son los termómetros para medir la temperatura corporal central o la presión vaginal durante el parto. Sensores para la medición de la conductividad eléctrica y el valor de pH del líquido del rumen son otros ejemplos. [14]

- La ventaja de los sensores invasivos es que permiten obtener medidas fiables que no son afectados por las condiciones externas.

- La desventaja está en las dificultades para la reutilización de los sensores, el tiempo de aplicación limitado de los sensores debido a la energía requerida y la colocación dentro de la vaca. [14]

Sensores No Invasivos: Con el fin de supervisar el ganado a lo largo de un día, la forma más fiable consiste en conectar los sensores a cada animal usando por ejemplo un collar cervical o una cinta de tobillo. Sensores típicos de este tipo son acelerómetros, sensores de vibración, podómetros, termómetros para medir la temperatura (a nivel hipodérmico), sensores de humedad (a nivel de la piel) entre otros. [14]

- La ventaja de este tipo de sensores es una observación continua de los animales.
- Las desventajas son un mayor esfuerzo para acceder a los datos de los sensores, así como un mayor riesgo de daños de las cajas de sensores por los movimientos de los animales. [14]



Figura 4. Sensor no Invasivo  
*Fuente [15]*

Para el prototipo se utilizaron sensores genéricos de GPS y temperatura ambiente, con los que fue posible probar el concepto y obtener mediciones de prueba.



## 2.2 Aplicación de las tecnologías

En esta sección se presenta las aplicaciones de tecnología para monitoreo de ganado, incluyendo IoT sensores y demás sistemas implementados, tanto en el país como en el exterior. Algunos de los documentos consultados han sido de carácter académico investigativo y otros son desarrollo empresarial.

Drones para el monitoreo del pastoreo: proyecto de la compañía levantina de reductores S:L de España Una de las innovaciones presentes en el sector ganadero está relacionada al uso de drones para el monitoreo de la producción ganadera al pastoreo. Estos drones utilizan sensores infrarrojos y cámaras multiespectrales que permiten realizar interesantes capturas de imágenes desde el aire facilitando de esta manera el monitoreo de la producción ganadera al pastoreo en temas de población animal condición corporal de los animales, biomasa entre otros factores. [16]

A nivel internacional como empresa con un trayecto amplio en el área de monitoreo de ganado con tecnología IoT, está la empresa uruguaya Chipsafer es una plataforma que puede rastrear y detectar anomalías en el comportamiento del ganado en cualquier momento y lugar con el objetivo de aislar el brote de dichas anomalías lo antes posible. [17]

Collar de tecnología GPS para monitoreo animal, proyecto desarrollado en Buenos Aires, Argentina por el Laboratorio de Agroelectrónica del Instituto de Ingeniería Rural, (Sistema de Posicionamiento Global) para monitoreo animal, mejorando sustancialmente sus prestaciones. Este sistema permite obtener, de manera inalámbrica con tecnología GPRS, datos georreferenciados de la posición del animal y trazar su recorrido. La información es cargada en el servidor de desarrollo de aplicaciones, instalado en el Instituto de Ingeniería Rural, y se puede acceder a la misma a través de una aplicación web, este sistema se ha utilizado satisfactoriamente en ganado bovino, caprino, ovino e incluso en perros pastores. [18]

Sistema integrado de monitoreo de ganado de engorda, empresa Livestock Analytics de México la cual ofrece tecnología de código de barras o etiquetas RFID para identificar rápidamente a cada animal, usa computadoras de grado industrial con pantalla táctil para interactuar con los operadores y deja que sus operadores sepan todo sobre el ganado que se procesa obteniendo así la trazabilidad individual del ganado. Proporciona interfaces fáciles de usar con dos objetivos específicos:

recopilar datos de su feedlot (engorde a corral) y generar conocimiento utilizando su plataforma basada en la web. Ofrece un software y hardware los cuales adquieren los datos individuales y luego realiza la administración de dichos datos y aplica el análisis de estos generando conocimiento para que el cliente tome decisiones fácilmente. [19][20]

**SISTEMA DE MONITOREO DE GANADO BOVINO:** proyecto realizado por México, Tecnológico Nacional de México en Celaya, herramienta que permite a los ganaderos de la región de Zacapoaxtla visualizar el recorrido y ubicación de su ganado a partir de datos obtenidos por un dispositivo GPS colocado en el animal, mismo que envía de manera constante a una base de datos la latitud, longitud y altitud en donde está posicionada la vaca. Los datos almacenados se utilizan por una aplicación web que fue desarrollada utilizando la tecnología ASP.Net, Google Maps API y mySql. Donde la tecnología que se usa para el envío del dispositivo GPS es por medio de un módulo WiFi basado en SoC (System on Chip) y este tiene una conexión a la red LAN. [21]

Dentro de esta revisión también encontramos artículos que nos llevan a generar conciencia en cuanto la importancia del uso de la tecnología como IoT en áreas como el agro, según INSITEL (INTEGRADORES DE SISTEMAS TELEMÁTICOS) Compañía que ofrece soluciones a la medida del cliente a través del desarrollo propio de producto y la integración de tecnologías con impacto social y responsabilidad con el medio ambiente, localizada en Bogotá D.C Con su artículo IoT para un mundo conectado :” Por medio del empleo de soluciones como collares digitales para el ganado, sensores en los ríos, calidad del aire, etc., El IoT (Internet of Things) permite la comunicación entre objetos a través de internet y permite el monitoreo de datos en línea.” y destaca que IoT ofrece como un valor la disponibilidad de la información en línea con lo cual es posible disparar eventos y alertas tempranas que permitan tener un ambiente controlado y tomar acciones proactivas y específicas que en el campo de la ganadería es de gran ayuda en los temas de ubicación, ciclos reproductivos y partos, salud y alimentación.[22]

También SmartNet una compañía domiciliada en Bogotá, Colombia, publicó el artículo “Usando IoT se Incrementa la eficiencia, productividad en la ganadería cuando se trata de manejar ganado y cultivos”, el objetivo de cada ganadero es ser lo más eficiente y productivo posible. Si bien los ganaderos de hoy en día han adoptado alguna tecnología, como los tractores de dirección automática de GPS, muchos de sus procesos son los mismos que han sido utilizados por generaciones anteriores. Hay mucho trabajo manual involucrado, incluyendo gestionar al pasto varias veces al día para controlar, pastorear y alimentar al ganado. Durante la

temporada de parto, muchos ganaderos rara vez abandonan la granja. Las fincas con ganado, en particular las operaciones agrícolas a gran escala, proporcionan uno de los mejores casos de uso para aprovechar la nueva tecnología que utiliza el Internet de las cosas (IoT) y ver como usando IoT se Incrementa la eficiencia, productividad en la ganadería. Debido a que IoT les permite a los ganaderos monitorear ubicaciones remotas desde una ubicación centralizada, pueden monitorear más eficientemente un mayor número de ganado y obtener más detalles sobre cada animal utilizando los datos recopilados. Un ejemplo es el controlar la salud “ganaderos en los EE. UU. Pierden casi \$ 2.400 millones de dólares por año por enfermedades en los animales que conducen a la muerte, según el USDA. Las soluciones de IoT les permiten a los ganaderos monitorear de cerca la salud de su ganado, lo que puede ser una forma efectiva de evitar pérdidas. Las soluciones generalmente emplean dispositivos portátiles para el ganado que se conectan a una puerta de enlace utilizando una tecnología de bajo ancho de banda y bajo costo para transmitir datos a la nube. Los sensores conectados en el dispositivo portátil pueden controlar la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la digestión, la temperatura y otros signos vitales que permiten alertar a un ganadero ante el primer signo de enfermedad. Sin la monitorización de IoT, problemas como el de alimentación o enfermedad en una manada pueden pasar desapercibidos hasta que uno o más animales requieran atención veterinaria. Con sensores que miden continuamente la condición y el comportamiento de cada animal, los ganaderos pueden evitar esos costos tomando medidas correctivas antes. Por ejemplo, la temperatura de una vaca podría aumentar lo suficiente como para activar una alerta mucho antes de que el ganadero note un cambio en el comportamiento.” Y así también se puede analizar el seguimiento de la ubicación de cada animal, a su alimentación y ayudaría a maximizar el ordeño. [23]

Como empresa colombiana que también presta el servicio de monitoreo de ganado encontramos SIOT INGENIERÍA SAS la cual ofrece un enfoque flexible basado en la nube que permite sacar provecho del IoT mediante la recopilación, almacenamiento y procesamiento de cualquier tipo de variable que se requiera monitorear y medir. Ya sea calidad del aire, calidad y cantidad de agua, cultivos, el estado del clima, rastreo de activos y animales, etc. Todo esto para brindar información de fácil acceso para nuestros clientes. [24]

En total encontramos 8 ofertas en países de Iberoamérica similares a nuestra propuesta, de las cuales 3 están en Colombia. El resto están en Argentina, México y España. Aunque la mayoría utilizan tecnologías IoT, también se hace uso de RFID e incluso análisis de imágenes tomadas con drones para realizar el monitoreo.

Un hallazgo importante es que solo una de las empresas que ofrecen los servicios en Colombia ofrece la tecnología IoT enfocada a la ganadería. Por otro lado, las otras dos empresas parecen tener IoT como una oferta general sin definir claramente su mercado.

Lo anterior nos muestra que hay un espacio para la aparición de empresas que enfoquen sus esfuerzos en el mercado ganadero.

El primero de estos es una revisión de literatura sobre la tecnología LPWA: Lora y NB-En este documento, los autores ofrecen una revisión exhaustiva sobre NB-IoT y LoRa como soluciones eficientes para conectar los dispositivos. Se muestra que LoRa sin licencia tiene ventajas en términos de duración de la batería, capacidad y costo. Mientras tanto, la licencia NB-IoT ofrece beneficios en términos de QoS, latencia, confiabilidad y alcance. [25]

Otro artículo es Tecnología LoRa Operaciones de la capa MAC y cuestiones de investigación. LoRaWAN es una tecnología inalámbrica para red de área amplia de baja potencia (LPWAN). Hoy en día, se considera una de las alternativas más serias para IoT gracias a su bajo costo, equipos de bajo consumo de energía y su modelo comercial abierto. Las especificaciones LoRaWAN proponen soluciones interesantes con respecto a las operaciones de capa de Control de acceso al medio (MAC) para ofrecer las mejores prestaciones de comunicación a las cosas conectadas. A pesar de su impacto crucial en el rendimiento general, pocas investigaciones consideran la capa MAC de LoRaWAN. Este documento presenta las operaciones y servicios de capa MAC de LoRaWAN basados en las especificaciones técnicas de LoRaWAN Alliance. Además, propone una visión general de los estudios recientes relacionados con los resultados de LoRaWAN y destaca los principales desafíos que deben abordarse para mejorar el rendimiento del intercambio de datos. [26]

Un estudio comparativo de las tecnologías LPWAN para implementación de IoT a gran escala de 2017 [27], prevee que para 2020, más de 50 mil millones de dispositivos estarán conectados a través de comunicaciones de radio. Junto con el rápido crecimiento del mercado de Internet de las cosas (IoT), las redes de área amplia de baja potencia (LPWAN) se han convertido en una popular tecnología de comunicación de radio de largo alcance y baja tasa.

---

<sup>1</sup>*Sigfox: es una tecnología Ultra Narrow Band (UNB) de comunicación de baja potencia, larga distancia y baja velocidad. Pagina*

Sigfox, LoRa y NB-IoT son las tres principales tecnologías LPWAN que compiten por el despliegue de IoT a gran escala. Este documento proporciona un estudio exhaustivo y comparativo de estas tecnologías, que sirven como soluciones eficientes para conectar dispositivos inteligentes, autónomos y heterogéneos. Los autores muestran que Sigfox y LoRa son ventajosos en términos de duración, capacidad y costo de la batería. Mientras tanto, NB-IoT ofrece beneficios en términos de latencia y calidad de servicio. Además, analizamos los factores de éxito de IoT de estas tecnologías LPWAN[27].

También se consultó Monitoreo de animales basado en tecnologías IoT[28]. La colocación de animales de pastoreo en los viñedos es una técnica para mantenerlos libres de plagas. Sin embargo, requiere un apoyo adicional a las actividades de cría de animales. Dicho apoyo debe incluir el monitoreo y el acondicionamiento de la ubicación y el comportamiento de los animales, especialmente su postura de alimentación. Con un sistema de este tipo, es posible permitir que las ovejas pastan en áreas cultivadas (por ejemplo, viñedos, huertos) sin ponerlas en peligro.

Este documento propone una plataforma de monitoreo del comportamiento animal, basada en tecnologías IoT, con el uso principal de collares como método de recolección de datos. Incluye una red local de IoT para recopilar datos de animales y una plataforma en la nube, con capacidades de procesamiento y almacenamiento, para pastorear ovejas de manera autónoma dentro de las áreas de viñedos. La plataforma en la nube también incorpora características de aprendizaje automático, lo que permite la extracción de información relevante de los datos recopilados por la red IoT. Por lo tanto, además de la descripción de la plataforma, algunos resultados se presentan con respecto a la plataforma de aprendizaje automático. A saber, esta plataforma se evaluó para detectar y definir las condiciones que respetan la postura del animal, con resultados preliminares prometedores. Dado que se probaron varios algoritmos, este documento incluye una comparación de estos algoritmos. [28]

Se consultó el artículo titulado Revisión de aplicaciones de IoT en campos agroindustriales y ambientales [29]. Este documento revisa las aplicaciones agroindustriales y ambientales que usan Internet of Things (IoT). Está motivado por la necesidad de identificar áreas de aplicación, tendencias, arquitecturas y desafíos abiertos en estos dos campos. La encuesta subyacente se desarrolló siguiendo una revisión sistemática de la literatura utilizando documentos académicos escritos en inglés y publicados en lugares revisados por pares desde 2006 hasta 2016. Las referencias seleccionadas se agruparon en cuatro dominios de aplicación correspondientes a: monitoreo, control, logística y predicción. Los detalles

específicos de implementación de cada referencia seleccionada se compilaron para crear distribuciones de uso de sensores, actuadores, fuentes de alimentación, módulos de computación de borde, tecnologías de comunicación, soluciones de almacenamiento y estrategias de visualización. Al realizar un análisis llegaron a la conclusión que los sistemas desarrollados basados en IoT no son confiables debido a la dependencia de 3G o módulos de comunicación wifi; las consultas no son útiles ya que es algo escaso frente al conocimiento de los agricultores, por otro lado, concluyen que un sistema de asesoramiento que carece de enfoque orientado al procedimiento haciendo así que no haya un empale entre los agricultores y ordenadores. [29]

Se revisó un artículo titulado Aplicación asistida por niebla, ayuda para el análisis del comportamiento animal y el monitoreo de la salud en la ganadería lechera [30]. En este documento presentan un sistema de aplicación asistida por computación en la niebla para poder obtener el análisis del monitoreo animal en cuanto al comportamiento y la salud del mismo. Realizaron pruebas con 150 vacas en Irlanda. Los datos que obtienen de los sensores inalámbricos basados en señales acústicas y estímulos eléctricos de las granjas lecheras son enviados a una plataforma en la niebla para su adecuada clasificación y análisis. La tecnología utilizada empieza por los sensores de largo alcance LRP estos captan información hasta 12 horas, esta es enviada al receptor y transmisor estos tienen una conexión por cable y esta a su vez es enviada a un pc que es el nodo en la niebla. [30]

Se consultó el artículo titulado Sistema de mejora de la productividad agrícola y gestión ganadera utilizando Internet de las cosas [31]. Lo que se presenta en este artículo es la necesidad de desarrollar métodos de predicción usando tecnología para que la toma de decisiones sea precisa. Su tecnología está basada en un sistema ya existente lo que buscan es mejorarlo usando sistemas Integrados de IoT, GPS, sensores de suelo todo esto con el fin de registrar todo en bases de datos donde compararán datos anteriores con los nuevos y poder registrar anomalías en el caso que se presenten minimizando la intervención humana. [31]

### **3. PLAN DE NEGOCIO**

#### **3.1 Estudio del Mercado**

En esta sección se determinó el tipo de cliente al que va dirigido el servicio, la posible competencia, plan estratégico, el análisis financiero con el fin de ofrecer un servicio que satisfaga las necesidades del usuario.

##### **3.1.1 Descripción del Producto/Servicio**

El producto que la empresa ofrece es un sistema de monitoreo para ganado bovino, el sistema cuenta con dispositivos tecnológicos básicos para su funcionamiento como un collar que se le pondrá al animal y por medio de una red IoT se realizará el envío de información hacia el servidor de la empresa, dicha información contiene datos sobre la ubicación; siendo estos los datos a mostrar en la página web donde a través de internet el ganadero podrá acceder al reporte obtenido y por consiguiente en dicha aplicación visualizará las alertas si se presenta alguna eventualidad donde cambie su ubicación fuera de la finca o el lugar que se configure según el cliente lo desee.

Al cliente se le hará entrega de los collares para el número de animales que desee monitorear, también se hace el diseño de la red para el funcionamiento del sistema donde irá el gateway que nos permite la conexión de los dispositivos con la red.

A continuación, encontrara los equipos utilizados para la transmisión, recepción y gestión de los datos.

##### **3.1.1.1 Sensores**

LoRa Shield GPS 915 Mhz: El sensor utilizado es el L80 GPS, este tiene puerto serial para arduino con el fin de ser utilizado en aplicación de temporización o aplicaciones generales que usen el sensor GPS. Este sensor puede calcular y predecir las órbitas automáticamente almacenados hasta por 3 días en la memoria

flash interna, de esta manera se puede fijar la posición rápidamente en niveles de señal interior con bajo consumo de energía.

Para todo esto se usó Lora/GPS Shield v95, esta es una placa de expansión LoRa/GPS para arduino. Este es un transceptor que cuenta con un largo alcance proporcionando una comunicación de espectro ensanchado de alcance ultra largo y con alta inmunidad a interferencia y bajo consumo de corriente. Se recomienda el uso de este sensor en exteriores ya que en interiores no funciona adecuadamente.

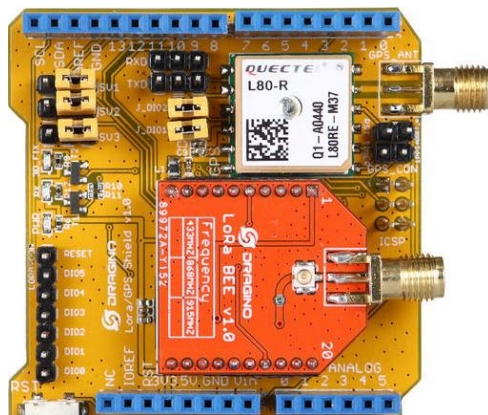


Figura 5. Sensor GPS

*Fuente: [32]*

#### 3.1.1.2 Gateway

Gateway LoRa: Dragino 915Mhz, se usó el LoRa Gateway LG01-P915, permite la conexión de red inalámbrica LoRa a una red IP por medio de WiFi, Ethernet, 3G O 4G celular. Esto permite el envío de datos y alcanzar rangos largos. Ofrece comunicación de espectro de extensión ultra-larga y alta resistencias a las interferencias, la interfaz que maneja es WiFi, puerto Ethernet y puerto host USB.





Figura 6. Gateway Dragino  
*Fuente: [33]*

### 3.1.1.3 Tecnología Cloud Computing

#### 3.1.1.3.1 Amazon

Se utilizó la plataforma ofrecida por Amazon EC2, junto con Elastic Beanstalk, para realizar la conexión con DynamoDB según se muestra en la figura 4. En dicha entidad se encuentra la base de datos de la aplicación esta a su vez se encuentra conectada con S3, permite elegir entre múltiples opciones de almacenamiento en función de las necesidades. Estas mismas ofrecen instancias que pueden incluir almacenamiento de discos físicamente conectados al host, este almacenamiento proporciona almacenamiento temporal a nivel de bloque para las instancias.

En este caso se usó la instancia M5 son la última generación de uso general, estos proporcionan un equilibrio de recursos informáticos, de memoria y de red permitiendo que sea más eficiente el desarrollo de aplicaciones. De esta instancia se escogió el modelo m5.2xlarge que tiene CPU virtual de 8, memoria de 32 Gb, ancho de banda de 3500, rendimiento de red de hasta 10 Gbps.

Para el uso de los servicios de Amazon este ofrece US: \$200.00 de créditos para uso libre con el código PCIF2KT81LP05L [34]

#### **3.1.1.3.2 The Things Network**

Es una infraestructura abierta de IoT, se pueden crear puertas de enlace o ejecutar servidores de red colaborativa segura y redundante. Permite el desarrollo de aplicaciones y servicios en la nube.

The things network se usó como el servidor de LoRa, aquí se configura el Gateway para que envíe los datos a esta plataforma y en el servidor se crea el dispositivo Gateway para que sean recibidos los datos.

En el servidor también configuramos la aplicación que es la que conectamos a la nube de Amazon para realizar el envío de datos a la aplicación web. [35]

### **3.1.2 Análisis del sector ganadero**

Según informes de Fedegán [36] el aumento de casos de abigeato preocupa a pequeños y medianos ganaderos en todo el territorio nacional. El robo de ganado deja pérdidas anuales al sector por 400 mil millones de pesos lo que llevó a que esto sea considerado como delito endureciendo las penas contra esto y que las autoridades desde policías hasta jueces procedan con mayor rigor para disminuir el porcentaje de abigeato en la nación.

### **3.1.3 Definición y análisis del Mercado Objetivo.**

La población a la cual se le ofrecerá un servicio en el área ganadera será en Uney-Cundinamarca donde según el censo bovino se encuentra con alrededor de 532 fincas con ganado. Los propietarios del ganado dependen económicamente de la producción de leche y carne para poder satisfacer sus necesidades y al presentarse robos o muertes del ganado entran en pérdidas. Para evitar esto se les ofrece el servicio de monitoreo con el fin de disminuir estas muertes y así el ganadero no presenta pérdidas económicas. [37]

### 3.1.4 Análisis de la competencia (o análisis de sustitutos para productos/servicios innovadores).

Tabla 2. Análisis de la Competencia

Empresa	Servicio	Precio
SmartNet	El localizador GPS para ganado recopila información acerca del animal, almacenando los datos en el servidor, para analizar toda la información que se recibe de cada animal y notificar al ganadero al detectar cualquier anomalía. El sistema está compuesto por un collar, un dispositivo de localización y monitoreo con sensor de temperatura, batería con 1 año de duración, 1 hebilla, 1 contrapeso y plataforma de acceso a los servicios con conectividad, esto con acceso por 1 año.	410.000 pesos valor por animal /año
Chipsafer	Es una plataforma que puede rastrear y detectar anomalías en el comportamiento del ganado en cualquier momento y lugar con el objetivo de aislar el brote de dichas anomalías lo antes posible. El granjero puede saber dónde están los animales y recibir advertencias si el animal está fuera de un área específica o si se detecta una anomalía. Transformamos los datos recopilados con nuestros sensores en información procesable. El agricultor puede acceder a toda la información a través de su cuenta personal.	50 dólares por animal/mensual
Insitel	El servicio ofrecido consiste en una aplicación con diferentes opciones, una de ellas es la ubicación haciendo seguimiento a animales para también identificar los que estén enfermos o perdidos reconociendo patrones de movimiento para robos o comportamientos anormales. Esto es implementado con collares que miden parámetros como presión, frecuencia cardiaca, respiratoria, digestión entre otros	No se obtiene información

Siot-Ingeniería	Los dispositivos de rastreo funcionan con tecnología LoRa para instalación en la oreja del ganado, este reportaría la coordenada GPS periódicamente y la temperatura, este dispositivo incorpora un pequeño panel solar para darle una autonomía completa, el usuario instala una aplicación móvil en su celular donde puede tener la información GPS en mapa y alarmas de cercas virtuales si el animal deja una zona configurada.	100.000 pesos por animal anual. Dispositivo para oreja: 500 mil + iva
Semex	Monitoreo de celo	No se obtiene información

*Fuente: Realizado por Autores*

Lo anterior nos muestra que hay una oferta variada en el mercado, aunque no en todos los casos los proveedores entregaron información sobre su oferta comercial. Esta información nos permite conocer las condiciones de oferta actual para ajustarlas a nuestro mercado objetivo.

### **3.1.5 Modelo de negocio Cannvas.**

**Aliados Clave:** Como un aliado clave tenemos a Amazon que es la empresa que nos prestará el servicio para implementar los servidores para el funcionamiento de la página web. Otro aliado será Small-but la cual se encargará de proveer el equipo con enrutadores y sensores por medio de compras en Amazon.

**Actividades Clave:** Buscar la satisfacción de los clientes prestando el mejor servicio, generando un sistema de monitoreo de ganado bovino con tecnología LoRa IoT de calidad. Al generar la venta y la adecuada instalación se prestará una pronta atención cuando se le presente algún inconveniente al cliente con el sistema. Esto se asegura ya que la empresa generará pruebas siempre antes de cada instalación para verificar la calidad del servicio a prestar.

**Propuesta de Valor:** Se ofrecerá un servicio de monitoreo para ganado bovino que le generará información en tiempo real e histórica al cliente de manera ubicua, se busca que el cliente vea el beneficio de la implementación del sistema cuando

identifique que va a requerir menos tiempo en la vigilancia de sus animales es decir que este sistema ayudará a agilizar sus tareas diarias y no va ser necesario desplazarse innecesariamente a sus fincas para verificar el estado de sus animales, ya que el sistema lo mantiene informado constantemente de igual manera el servicio de ubicación, ya que ayudará a controlar que se extravié el ganado, alertando al usuario en el instante que este se sale de su lugar habitual.

Relación con el Cliente: Principalmente el servicio se basará en una asistencia personalizada de la compañía con el cliente donde este podrá entrar en comunicación con la compañía, por los diferentes medios como email, WhatsApp, llamada, y así se puede llegar a concretar una cita previa, para cualquier tipo de necesidad que tenga el cliente.

Segmentos de Clientes: En primer lugar, se generará para los grandes ganaderos de Colombia que serán los que manejen más de 50 cabezas de ganado, donde según encuesta realizada por el ICA se encuentra la mayor concentración de bovinos en departamentos como el Meta, Casanare, Antioquía, Córdoba. Aunque también se buscará entrar en el mercado con los pequeños ganaderos serán los que posean menos de 50 cabezas de ganado.

Recursos Clave: Recursos tecnológicos y humanos para la implementación del sistema.

Tecnológicos tales como: Infraestructura en la nube, infraestructura IoT enrutadores y sensores, servidores.

Humanos: Técnicos para la instalación de estos, Ingenieros de Telecomunicaciones para la configuración de cada uno y administración de la red IoT. Diseñadores software para el diseño y mantenimiento de la página web. Asistentes de soporte que se encarguen de los diferentes medios por los que se pueden comunicar los clientes para prestar la ayuda correspondiente. (Ver anexo A)

### 3.1.6 Mapa estratégico

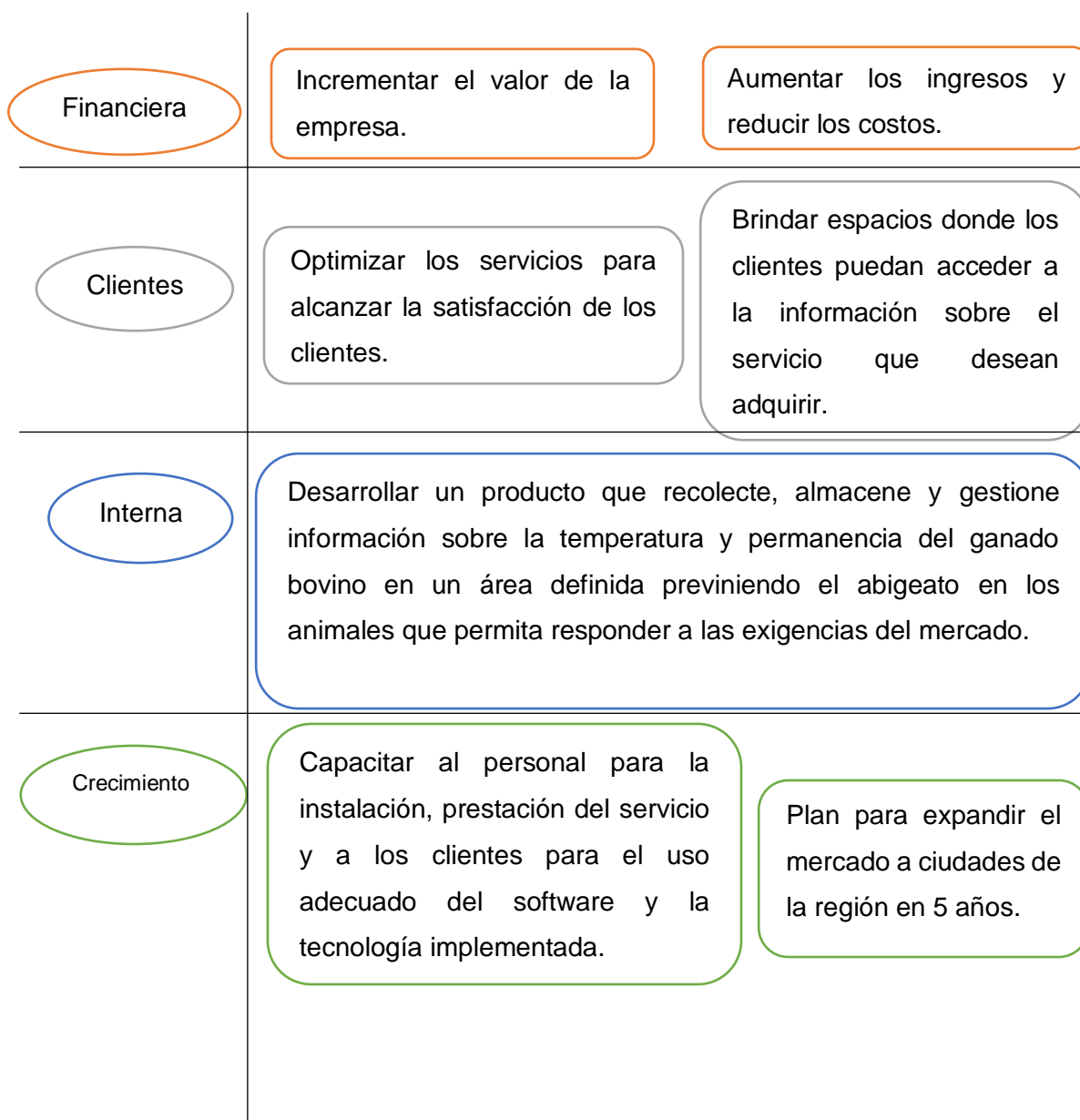


Figura 7. Mapa Estratégico  
Fuente: Realizado por Autores

### **3.1.7 Definición y análisis de estrategias de precio.**

Se realizó un análisis de precios teniendo en cuenta:

- El costo de los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto
- El uso de almacenamiento en la nube en este caso por medio de la plataforma Amazon
- El salario de los trabajadores
- Precios actuales ofrecidos por la competencia.
- Estimación de las ventas

Se realizó un análisis de precios teniendo en cuenta el costo de los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto, el uso de almacenamiento en la nube en este caso por medio de la plataforma Amazon y el salario de los trabajadores; todo esto con una proyección a 3 años.

Para esto se tuvo en cuenta el valor unitario de todos los equipos como los sensores, el Gateway. Se estimó un número de clientes y ganado el cual se relacionó para así sacar un precio de costo y gastos. Se ofrecerá un collar para cada vaca que consta de un sensor de temperatura y uno GPS, el cliente lo paga una sola vez al momento de la compra, de la misma manera el Gateway uno por cliente; de acá se sacó una utilidad del 10%.

En el cobro del uso de Amazon se cotizó el cobro por hora y se pasó a meses ya que el servicio será cobrado mensualmente al cliente a este valor se le sacó una utilidad del 20%. Para el envío de datos se usa la red 3G con 2Gb este se cobra mensualmente sumado al uso de Amazon.

Tabla 3. Costos estimados

collar	Periodicidad	cantidad	precio	Collar + armado 10%
sensores + Tarjetas	1 vez	1	\$158.730	\$174.603
10% *(Cabezas) armado	1 vez	1	\$15.873	
Gateway *(Cliente) +unidad sim	1 vez	1	\$327.480	
Plan de datos 2 GB estimado mensual	mensual	1	\$50.000	
un día Amazon			\$55.040	
un mes			\$1.651.198	

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 4. Precios Amazon

m5.2xlarge	0,384	USD/Hora	\$1.223COP
2Tb Almacenamiento (Transferencia saliente)	0,25	USD/GB	\$796COP
EBS 0,086 USD por GB al mes de almacenamiento aprovisionado	0,086	USD/GB	\$274 COP
TRM	3000	Pesos	

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 5. Precios Cotización

Equipo	Precio
Gateway	\$197.480
Tarjeta Shield temp	\$52.690
Tarjeta Shield GPS	\$92.770
Arduino	\$60.500
Unidad para celular	\$130.000

*Fuente: Realizado por Autores*



Como ejemplo, se presenta a continuación la oferta para un ganadero que tiene 50 cabezas de ganado, requiere únicamente un (1) Gateway para cubrir el área de la finca. Un contrato inicial de 3 años:

1. Pago inicial:  
 Gateway =\$363.867  
 50 Sensores \* \$194.003=\$9.700.150  
 Conectividad=\$50.000  
 Total =\$10.114.017
2. Pago mensual: \$145.593

### 3.1.8 Pronóstico de la demanda (Proyección de ventas).

Para el pronóstico de la demanda se consultó el censo bovino del 2018 de Une, Cundinamarca, donde sale el número de fincas y ganado que hay en este sector, así se hizo un análisis de ventas a 3 años.

Tabla 6. Proyección de la Demanda

Tiempo	# clientes	# de animales	Tiempo
3meses	53	585	0-3
6meses	61	673	3-6
1 año	64	706	6-12
2do año	77	848	12-24
3er año	116	1.271	24-36

*Fuente: Realizado por Autores*

## 3.2 Estudio Organizacional

### 3.2.1 Misión

La misión de la empresa Bovini Sicuri, se basa en generar un sistema de monitoreo mediante una plataforma web con la cual se busca brindar apoyo a los ganaderos por medio de una herramienta fácil de usar la cual les permita hacer más eficiente el proceso de producción del ganado, alertando cuando esté en peligro de abigeato, para así promover el uso de la tecnología de redes IoT como una ayuda en pro del mejoramiento de vida del ganadero.

### **3.2.2 Visión**

La visión, en 2028 la empresa Bovini Sicuri, busca ser líder en desarrollo de soluciones IoT en Colombia y ser reconocida también a nivel internacional por desarrollos tecnológicos que ayuden a la automatización del área agropecuaria y así hacer eficientes todos los procesos realizados

### **3.2.3 Objetivos estratégicos**

La empresa tiene como objetivos estratégicos apuntar a el aumento de la cartera de clientes cada mes, innovar en el diseño de la página web cada vez para hacerla más fácil y más útil para el cliente, buscar diversificar los servicios de monitoreo aumentar y generarle al ganadero análisis de datos de lo recolectado ayudando así a tomar mejores decisiones para el mejoramiento continuo de la producción. Buscará aliarse con los diferentes programas del estado que quieran prestar servicios de trazabilidad del ganado, mejorar el marketing incrementar presencia en medios de comunicación y realizar diferentes conferencias para presentar nuestro servicio.

### **3.2.4 Estructura Orgánica y Requerimientos de personal**



Figura 8. Estructura Orgánica  
*Fuente: Realizado por Autores*

### 3.2.5 Descripción de funciones

- Gerente Ingeniero de Telecomunicaciones: Es el encargado de liderar y coordinar las funciones de la empresa, teniendo en cuenta los ingresos y costos, ventas, promoción etc.
- Técnicos de Telecomunicaciones: Son los encargados de realizar las visitas técnicas, la instalación, pruebas del sistema en el lugar solicitado por el cliente.
- Administrador de empresas: Es el encargado de revisar y coordinar las compras, ventas, costos y gastos que se realicen en la empresa teniendo en orden el área financiera de la empresa.

## 3.3 Estudio Financiero

### 3.3.1 Análisis de la Inversión

Se realizó un análisis de proyección de ventas al cual se le sacó los precios que debe pagar el cliente para así poder obtener una utilidad del 10% y 20%. Esta proyección se hizo a 3 años en donde el primer año se presentan 3 periodos, el primero de 3 meses, en el segundo son 6 meses, y por último un año donde en cada uno de estos cada vez se unen nuevos clientes y de esta manera para el segundo y tercer año.

Bovini Sicuri, está conformada por dos socios que son Daniela Carolina Cangrejo Aguirre y Diana Marcela Hernández López, inicialmente lo que los socios aportan es cada una un computador portátil estimado en un valor de 1.800.000 cada uno y accesos a Amazon con créditos disponibles. Para la compra de los demás equipos como el Gateway y los sensores el cliente debe dar un pago por anticipado, con este dinero se comprarán los equipos y demás recursos que sean necesarios.

Tabla 7. Proyección de ventas según el número de clientes y ganado sin Ganancia

Clientes nuevos	# Animales nuevos	Gateway	Collar	costo total por cada cliente aplicación	costo aplicación	nube variable cliente y conectividad
53	585	\$17.356.440	\$102.125.295	\$20.635	\$1.093.655	\$79.500
8	88	\$2.619.840	\$15.318.794	\$17.928	\$143.424	\$12.000
3	34	\$982.440	\$5.872.204	\$17.088	\$51.264	\$4.500
13	141	\$4.257.240	\$24.663.259	\$14.203	\$184.639	\$19.500
39	424	\$12.771.720	\$73.989.776	\$9.428	\$367.692	\$58.500

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 8. Proyección de ventas según el número de clientes y ganado con Ganancia

Clientes nuevos	# Animales	Gateway	Collar	Costo por cliente	costo aplicación	salario	nube variable cada cliente	Conectividad total de clientes
53	585	\$19.284.951	\$113.472.355	\$25.793	\$1.367.029	\$67.925	\$99.375	\$2.650.000
8	88	\$2.910.936	\$17.020.853	\$22.410	\$1.573.373	\$60.130	\$15.000	\$400.000
3	34	\$1.091.601	\$6.524.660	\$21.360	\$1.650.752	\$57.190	\$5.625	\$150.000
13	141	\$4.730.271	\$27.403.574	\$17.754	\$1.986.061	\$589.834	\$24.375	\$650.000
39	424	\$14.190.813	\$82.210.721	\$11.785	\$2.991.988	\$415.671	\$73.125	\$1.950.000

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 9. Costos y Precios al cliente

	Collar, variable, una vez	Nube fija, mensual vencido	Nube variable, mensual vencido	Gateway, variable, una vez	conectividad, mensual anticipado variable	pago un cliente un mes
Costos	\$174.603	\$1.093.632	\$1.500	\$327.480	\$50.000	\$140.060
Precios a cliente	\$194.003	\$1.367.040	\$1.875	\$363.867		\$145.593

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 10. Utilidad

10%	Collar y Gateway
20%	Nube

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 11: Salarios Ingenieros

Salario 1 ingeniero	\$1.800.000
Salario 2 ingeniero, vencido	\$3.600.000

*Fuente: Realizado por Autores*

Tabla 12. Punto de Equilibrio

Mes	Ingresos	Egresos	Total
0	\$135.407.306	\$122.131.735	\$13.275.571
1	\$7.716.429	\$7.423.180	\$13.568.820
2	\$7.716.429	\$7.423.180	\$13.862.069
3	\$7.716.429	\$7.423.180	\$14.155.318
4	\$28.048.218	\$25.761.814	\$16.441.722
5	\$8.881.173	\$8.543.660	\$16.779.235
6	\$8.881.173	\$8.543.660	\$17.116.748
7	\$16.647.434	\$15.548.304	\$18.215.878
8	\$9.317.952	\$8.963.840	\$18.569.990
9	\$9.317.952	\$8.963.840	\$18.924.102
10	\$9.317.952	\$8.963.840	\$19.278.214
11	\$9.317.952	\$8.963.840	\$19.632.326
12	\$9.317.952	\$8.963.840	\$19.986.438
13	\$42.101.797	\$38.534.339	\$23.553.896
14	\$11.210.661	\$10.784.620	\$23.979.937
15	\$11.210.661	\$10.784.620	\$24.405.978
16	\$11.210.661	\$10.784.620	\$24.832.019
17	\$11.210.661	\$10.784.620	\$25.258.060
18	\$11.210.661	\$10.784.620	\$25.684.101
19	\$11.210.661	\$10.784.620	\$26.110.142
20	\$11.210.661	\$10.784.620	\$26.536.183
21	\$11.210.661	\$10.784.620	\$26.962.224
22	\$11.210.661	\$10.784.620	\$27.388.265
23	\$11.210.661	\$10.784.620	\$27.814.306
24	\$11.210.661	\$10.784.620	\$28.240.347
25	\$109.562.195	\$99.496.116	\$38.306.426
26	\$16.888.788	\$16.246.960	\$38.948.254
27	\$16.888.788	\$16.246.960	\$39.590.082
28	\$16.888.788	\$16.246.960	\$40.231.910
Mes	Ingresos	Egresos	Total

29	\$16.888.788	\$16.246.960	\$40.873.738
30	\$16.888.788	\$16.246.960	\$41.515.566
31	\$16.888.788	\$16.246.960	\$42.157.394
32	\$16.888.788	\$16.246.960	\$42.799.222
33	\$16.888.788	\$16.246.960	\$43.441.050
34	\$16.888.788	\$16.246.960	\$44.082.878
35	\$16.888.788	\$16.246.960	\$44.724.706
36	\$16.888.788	\$16.246.960	\$45.366.534

*Fuente: Realizado por Autores*

### **3.3.2 Análisis de Impactos**

#### **3.3.2.1 Impactos económicos**

El impacto económico de la empresa al ser una empresa centrada en un servicio con tecnología IoT, beneficiaría económicamente a sus clientes ayudándoles a mejorar su eficiencia en cuanto al monitoreo, evitando así pérdidas por abigeato y así sean cada vez más productivas las fincas y minimizando costos, a nivel empresa la tecnología IoT promete un campo amplio de trabajo para diferentes cargos a nivel de que la empresa vaya extendiendo su presencia en el país necesitará más trabajadores y en ocasiones se buscará alianzas con otras empresas para una sostenibilidad empresarial.

#### **3.3.2.2 Impactos sociales**

El impacto social del proyecto se evidencia en una mejora en la calidad de vida de los ganaderos , en cuanto a que dedicaran menos tiempo a la vigilancia de sus animales ya que la herramienta que le generamos ayuda a monitorearlos en tiempo real y los alerta si hay alguna incidencia, la automatización en las fincas ayuda a mejorar la eficiencia en estas, y disminuir el estrés que se produce en las personas cuando no pueden estar pendientes todo el tiempo de sus animales, en pro de las personas se ve que el tiempo que se disminuye a la hora de la vigilancia de su ganado lo pueden utilizar para otros asuntos laborales, familiares, personales resaltando que también pueden pasar más tiempo con sus familias.

### **3.3.2.3 Impactos Ambientales**

Por otro lado, la implementación del sistema no generara daños al ecosistema donde va a funcionar, hasta el momento se han evidenciado datos que no generan una base adecuada para evaluar el riesgo de la exposición a las ondas electromagnéticas no ionizantes, es evidente que se necesita una mayor presencia de investigación en dicha área, la empresa deberá estar actualizándose en dicho tema. [38]



## 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE ABIGEATO

### 4.1 Arquitectura

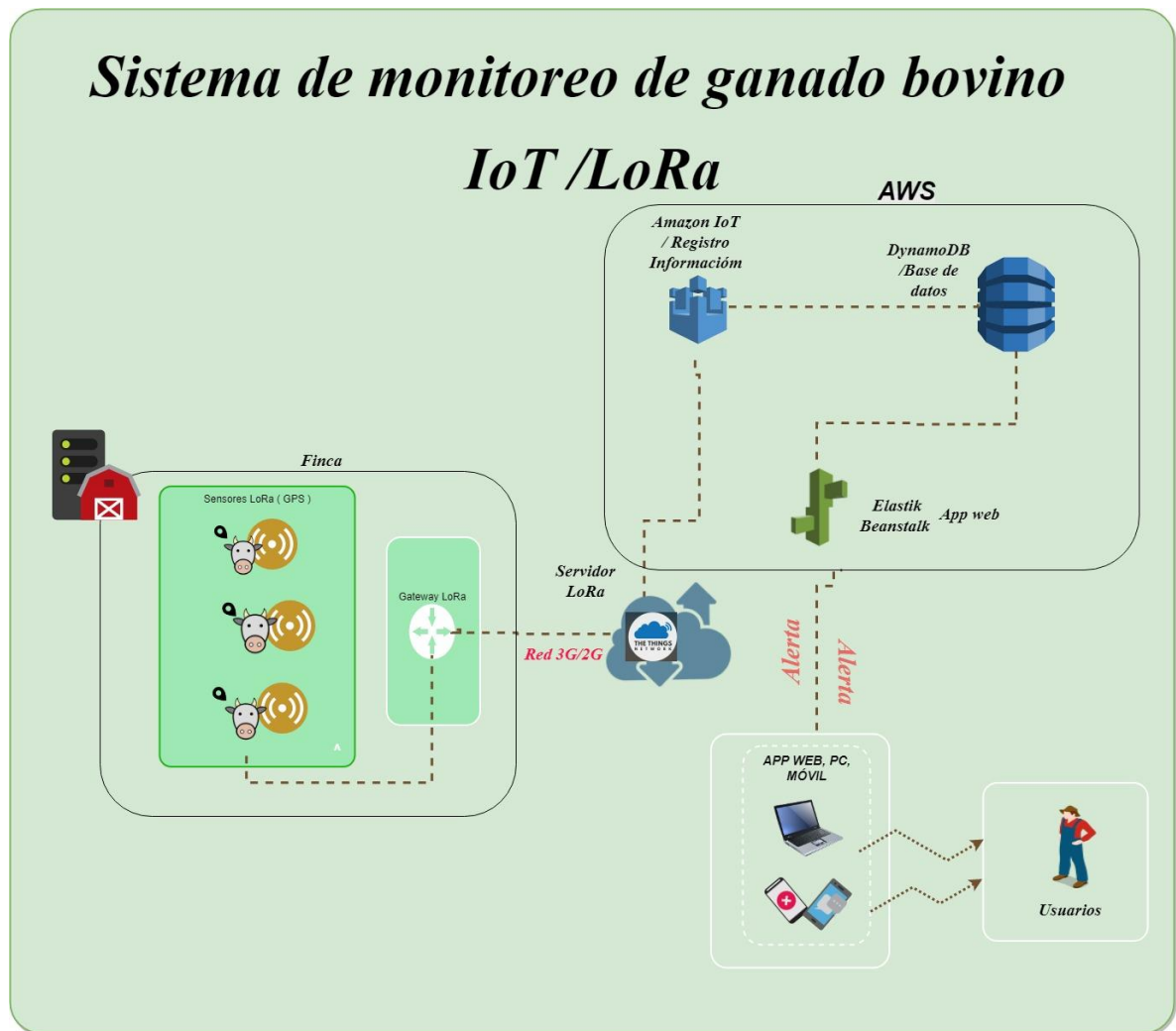


Figura 9. Arquitectura del sistema de monitoreo de ganado bovino con tecnología IoT LoRa

*Fuente: Realizado por Autores*

La arquitectura del sistema de monitoreo de ganado bovino basada en tecnología IoT, da un orden a la distribución de los diferentes componentes del sistema para que así funcionen entorno a cumplir un objetivo en común, el de dar la información

necesaria al usuario, en este caso específico informando la ubicación de su ganado, así es como se puede observar que el IoT genera la interconexión de las cosas, los datos y las personas. Esto es una red de comunicación la cual se compone de objetos recolectores de información los sensores GPS que envían los datos través del protocolo LoRaWAN al Gateway LoRa punto de acceso el cual se encarga de hacer la conexión enviar y recibir datos al Servidor LoRa esto a través de internet red 3G/2G por la misma red se conecta al servicio de nube pública de AWS de la cual se usan los diferentes servicios como AWS IoT para hacer la conexión principal con el servidor LoRa , aquí se obtienen los datos y se envían a la base de datos DynamoDB la cual almacena los datos y los envía a la aplicación web esta se despliega y administra desde el servicio de Elastic Beanstalk, aquí ya por medio de Internet los usuarios acceden a la aplicación web desde Computadores o Celulares.

En general se puede apreciar un sistema con arquitectura de 4 capas:

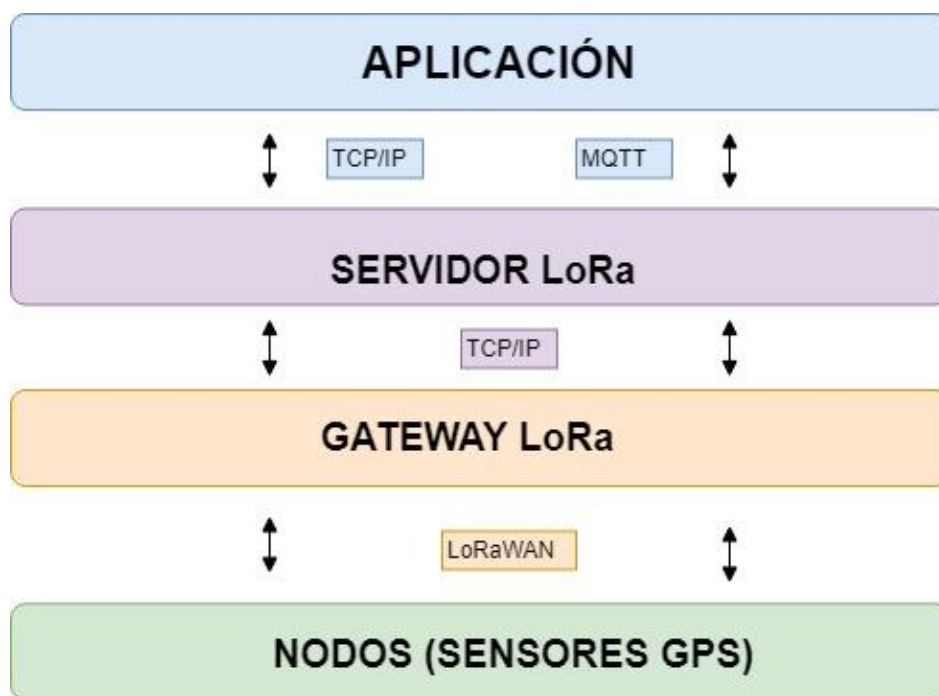


Figura 10. Arquitectura en capas del sistema de monitoreo de ganado con tecnología IoT LoRa y los respectivos protocolos de comunicación

*Fuente: Realizado por Autores*

Capa de aplicación: La capa de aplicación permite a los usuarios la interacción con la aplicación web donde visualiza los datos de ubicación de su ganado y las respectivas alertas cuando se han salido de la finca o el terreno definido. Se comunica con el servidor LoRa mediante los protocolos TCP/IP protocolo de red en los que se basa internet y que permite la transmisión de datos y MQTT para publicar mensajes y activaciones de dispositivos.

Capa Servidor LoRa: La capa de servidor LoRa que tiene como función recibir y enviar datos del Gateway LoRa mediante el protocolo TCP/IP y a su vez se administran los dispositivos que pueden interactuar en la red, y se conecta al servidor de aplicación.

Capa Gateway LoRa: La capa de Gateway LoRa recibe los datos que vienen de los nodos Sensores GPS compatibles con la tecnología LoRa transmitiendo la información en la frecuencia de 915Mhz mediante el protocolo de red LoRaWAN que se usa para comunicar y administrar los dispositivos LoRa, y tiene como característica que se implemente un tipo de topología estrella, con un alcance de 10km en línea de vista.

Capa Nodos Sensores GPS: La capa de sensores GPS está compuesta por dispositivos LoRa Shield GPS conectados a tarjetas Arduino, que recopilan la información de la ubicación del ganado y la envían a través de la red LoRa mediante el protocolo LoRaWAN al Gateway LoRa.

## **4.2 Descripción del proceso productivo**

Se realiza el empalme de los sensores con la configuración adecuada finalizando el producto encapsulado en una caja para protegerlo de las condiciones externas y se le pondrá al animal como collar, aparte se compra el Gateway que será uno por cliente, dicha zona debe tener conexión a internet ya que todos los datos recibidos por los sensores serán enviados a la nube donde posteriormente el cliente los puede observar en la página web.

### 4.3 Plan de aprovisionamiento

Una vez que el usuario a adquirido el servicio la empresa se compromete a proveer el servicio de acceso a la plataforma en la nube para el seguimiento del ganado. Para esto se realizará la instalación y posterior soporte de los equipos y sensores en el ganado; después de verificar el número de ganado y el tamaño del terreno en el cual estos se encontrarán. Se realizarán las respectivas pruebas para verificar el adecuado funcionamiento del servicio evaluando la conectividad a la red, funcionamiento de los sensores, almacenamiento de información en la nube.

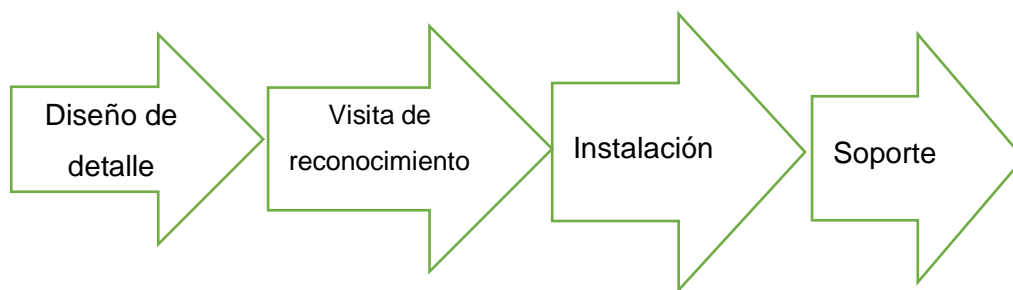


Figura 11. Plan de aprovisionamiento  
*Fuente: Realizado por los autores*

## 5. PRUEBAS DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE ABIGEATO

Para realizar el sistema de monitoreo de ganado bovino con tecnología IoT se realiza la configuración correspondiente para el funcionamiento de cada capa que corresponde a la arquitectura del sistema.

Se comienza con la configuración del sensor GPS/LoRa en la plataforma de Arduino que va a tener comunicación por medio de la frecuencia de 915Mhz, y se tienen en cuenta las librerías que maneja Arduino para la conexión con la tecnología LoRa para enviar la información al Gateway y al servidor The Things Network (TTN). (Ver anexo B.)

Paralelo a esto hacemos la configuración del Gateway LoRa Dragino LG01 ingresando a su plataforma de configuración a través de la IP 10.130.1.1 y configurar el servidor TTN, donde creamos la cuenta del Gateway LoRa y creamos la aplicación a la cual van a llegar los datos de los sensores para la autenticación de los sensores en la aplicación se deben tener en cuenta las claves de seguridad, Network Session Key se utiliza para la interacción entre el nodo y el servidor de red, Application Session Key se utiliza para el cifrado y descifrado de la carga útil, y el identificador de dispositivo Devaddr.(Ver anexo C).

Teniendo esta configuración ya se evidencia la conexión de los sensores GPS con el Gateway LoRa y la transmisión de los datos desde este al servidor TTN. (Ver anexo D)

Aquí ya observamos que se ha hecho la configuración de las capas de nodos sensor GPS, Gateway LoRa y Servidor LoRa.

Paralelo a esto se va haciendo el desarrollo de la página web en código Html5 para la página principal de esta se derivan unas subpáginas con PHP donde el usuario podrá observar los datos y así mismo cuando se genera la alerta, en el siguiente link podrá encontrar la página web <http://dev-env1.vmjmx9pjwv.us-west-2.elasticbeanstalk.com/> . (Ver anexo E)

Seguimos con la configuración de la capa de aplicación donde empezamos por hacer la conexión con el servicio de nube pública AWS IoT para poder obtener los datos del servidor LoRa. (Ver anexo F).

Luego se aprovisiona la conexión con el servicio de base de datos DynamoDB se crea la tabla y se conecta con AWS IoT guardando aquí los datos de subida que nos proporcione el sensor GPS.

Se procede a realizar el desarrollo de la aplicación web la cual se diseñó con las herramientas como PHP que es un lenguaje para desarrollo web, en el cual creamos scripts para la obtención de los datos almacenados en DynamoDB y así poder realizar la administración de ellos, haciendo la evaluación correspondiente para generar las alertas de cuando el ganado este fuera del área definida, siendo PHP compatible con HTML que es el lenguaje con el cual se elaboran las interfaces web, así le podemos dar las características de diseño a la página. (Ver anexo G)

## **5.1 Pruebas de laboratorio**

A continuación, encontrara las pruebas de laboratorio que se realizaron en el área de la Biblioteca Pública Virgilio Barco.

Para esto se usó un Gateway Dragino el cual recibe la información enviada por el sensor GPS que se encuentra conectado a un Arduino que se encarga de la configuración del GPS, este se alimenta de energía con un banco de baterías. Todo esto se encuentra en una caja que se le pondrá al bovino como collar.

El entorno definido para las pruebas se detalla a continuación

- Ubicación geográfica Biblioteca Pública Virgilio Barco
- Individuo a monitorear una persona
- Ruta por seguir: Se ubicó el sensor en diferentes límites del radio para así poder observar cuando se está dentro del área establecida y los cambios que se presentan cuando se sale de dicha área
- Se verifican los datos del sensor por medio de un Smartphone para hacer seguimiento por medio de la aplicación GPS Test.

Se tomarán las siguientes medidas durante las rutas definidas:

- Cantidad de registros recibidos en la aplicación web por minuto. Este parámetro puede variar pues depende de la comunicación y correcto funcionamiento de la arquitectura.

- Precisión del sensor GPS usado comparado con la aplicación GPS. Esto será la diferencia de datos de latitud y longitud.
- Identificación de alarmas por cerca virtual. Para cada medición se verificará si la respuesta de la alarma es apropiada (si/no/NA).

Tabla 13. Prueba de laboratorio

Ruta/Prueba	Cantidad registros /min	Radio (km)	Punto Central	Precisión GPS	Alarma
1	3	2.9192	4.6564, -74.0888	(0.000355, -0.00017)	si
2	3	3.3764	4.6564, -74.0888	(0.000648, -0.000483)	si
3	3	6.5085	4.6564, -74.0888	(0, -0.000316)	si

*Fuente: Realizado por autores*

La ruta 1 se realizó tomando como punto central la Biblioteca Pública Virgilio Barco, con un radio para la cerca virtual de 2.9192 km, las pruebas de alerta se realizaron en la av. Boyacá #64h-65.



Figura 12. Mapa de Ruta 1  
Fuente: Google Maps





pruebaganado	2019-05-30T22:36:02.711963545Z	4.638	-74.0643
pruebaganado	2019-05-30T22:36:17.552905757Z	4.6382	-74.0642
pruebaganado	2019-05-30T22:36:47.461373805Z	4.6383	-74.0643
pruebaganado	2019-05-30T22:37:02.265655017Z	4.6382	-74.0645
pruebaganado	2019-05-30T22:37:32.630480012Z	4.6381	-74.0646
pruebaganado	2019-05-30T22:37:47.478463555Z	4.6381	-74.0645
pruebaganado	2019-05-30T22:38:17.680012302Z	4.6381	-74.0645
pruebaganado	2019-05-30T22:39:02.92232204Z	4.6381	-74.0645

Figura 15. Datos de la ruta 2  
Fuente: Pagina Web Desarrollado por los autores

La ruta 3 se realizó tomando como punto central la Biblioteca Pública Virgilio Barco, con un radio para la cerca virtual de 6.5085 km, las pruebas de alerta se realizaron en la Cra 70b #3-45sur.

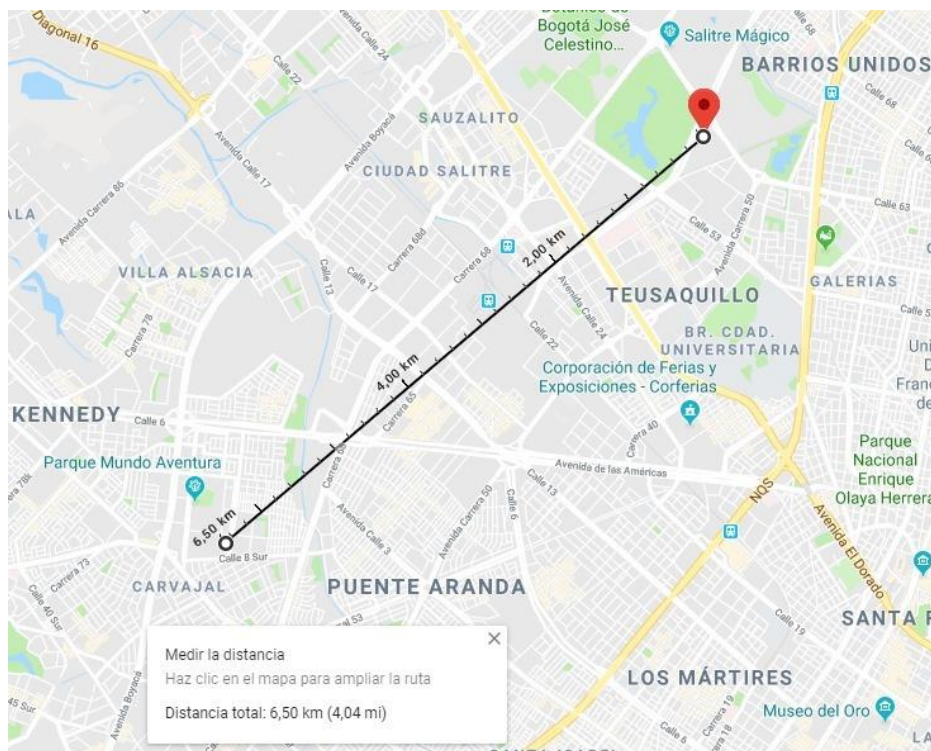


Figura 16. Mapa de ruta 3  
Fuente: Google Maps

pruebaganado	2019-05-28T01:50:25.952637014Z	4.6795	-74.1013
pruebaganado	2019-05-28T01:50:55.784108568Z	4.6795	-74.1013
pruebaganado	2019-05-28T01:51:10.625032999Z	4.6795	-74.1013
pruebaganado	2019-05-28T01:51:40.979639661Z	4.6795	-74.1013
pruebaganado	2019-05-28T01:51:55.825860665Z	4.6795	-74.1013
pruebaganado	2019-05-30T02:51:13.08882575Z	4.6188	-74.1337
pruebaganado	2019-05-30T02:51:27.019850309Z	4.6188	-74.1337
pruebaganado	2019-05-30T02:51:41.843925884Z	4.6188	-74.1337
pruebaganado	2019-05-30T02:52:12.210780347Z	4.6188	-74.1337

Figura 17. Datos de la ruta 3

Fuente: Pagina Web Desarrollado por los autores

#### Protocolo de pruebas:

1. Se conecta el Gateway y se le da conexión a internet, paralelo a esto se carga el programa al Arduino para luego conectar este al banco de baterías.
2. Se verifica la conectividad comprobando que los datos aparezcan en la base de datos.
3. Se pone el sensor al individuo escogido, para verificar la ubicación se pone también un Smartphone con la aplicación GPS Test esos datos se comparan para comparar y asegurar que el sensor está enviando los datos correctos.
4. Establezca la ruta por la cual el individuo hará un recorrido con el sensor y el tiempo, los datos recibidos en la aplicación se verifican con el Smartphone.
5. Terminar prueba.
6. Retirar el dispositivo y apagar todos los equipos.

## **6. TRABAJOS FUTUROS**

- La información histórica almacenada puede ofrecer comprensión de las actividades y comportamiento de los bovinos que no se habían identificado previamente.
- Se puede implementar más sensores y configurarlos en la página web para el monitoreo de salud de los animales.
- Implementar una aplicación móvil y mensajes de texto para las alertas.
- Realizar el registro adecuado para la legalización de la empresa.
- Las pruebas realizadas fueron en área urbana, para ver el funcionamiento de los equipos en área rural se recomienda realizar nuevas pruebas en dicha zona.

## 7. CONCLUSIONES

- Después de ver las diferentes ofertas y posible competencia referente al monitoreo de ganado se observó que es un campo poco explorado en el país, evidenciando así una oportunidad para acceder a esta área, pero debemos tener presente que las empresas extranjeras están ingresando a ofrecer dichos servicios en el país apoderándose así poco a poco del mercado.
- Después de analizar el mercado objetivo, los costos y gastos para el funcionamiento del servicio, se decide que el cliente va a pagar antes de la instalación del sistema de monitoreo ya que con este dinero se tendrá acceso a los dispositivos necesarios lo que quiere decir que como inversión inicial solo usaremos computadores para la configuración de dichos dispositivos, de esta manera no presentamos pérdidas monetarias.
- Teniendo en cuenta las noticias del país respecto al abigeato se evidencio que es necesario un servicio tecnológico que monitoree el ganado con el fin de darle facilidad al ganadero para acceder a la ubicación del este y así mitigar perdidas económicas.
- Se seleccionó la tecnología LoRa, ya que es de fácil acceso y administración, el hardware LoRa debe ser certificado por la LoRa Alliance, y esto en conjunto con el protocolo de red LoRaWAN permitió el desarrollo del proyecto uniendo los diferentes dispositivos LoRa para la recepción y transmisión de los datos.
- The things network servidor de red LoRaWAN facilitó la administración de los datos, permite hacer la recepción de los datos y posteriormente transmitirlos a los servicios cloud en AWS-IoT.
- Con el servicio de AWS-IoT fue posible la gestión de los datos obtenidos, conectando con los diferentes servicios que ofrece AWS. Fue necesario el uso de diversas plataformas para la gestión de la información, ya que la página web se montó sobre uno de los servicios de Amazon que no permitía la conexión directa a la base de datos lo que hizo necesario el uso de otra instancia para la conexión y así poder ver los datos en la página y el desarrollo de la alerta.

- DynamoDB servicio de AWS facilito el almacenamiento de los datos sin necesidad de desplegar un motor base de datos propio, sin embargo, para acceder a ella fue necesario instalar el SDK dentro de la máquina virtual que permitiera adquirir los registros desde el código PHP.
- El sistema de monitoreo se adapta a un terreno establecido por el cliente teniendo en cuenta la distancia máxima que tiene la tecnología lora, los sensores envían su ubicación al Gateway esta información se verifico en las pruebas realizadas con una aplicación de un Smartphone, los datos recopilados por el Gateway son enviados al servidor en la nube donde el usuario podrá visualizarlos desde la página web donde esta información se actualiza cada 5 segundos.
- Al realizar el desarrollo del proyecto se decidió hacer una aplicación web sobre una máquina virtual, de esta manera fue mucho más sencillo la implementación sin necesidad de crear instancias por medio de Lambda.
- Al empezar el desarrollo de la página web se montó en S3 de Amazon, pero no fue posible usar dicha plataforma ya que esta no permite la ejecución de ningún código, por eso se requiere la implementación de una instancia donde es posible realizar el desarrollo web con PHP, Elastic Beanstalk es el servicio que facilitó implementar dicha instancia y escalar el desarrollo web.
- Los elementos de hardware utilizados permitieron la verificación de la prueba de concepto, aunque se hace evidente la necesidad de dispositivos de mayor capacidad de conexión y robustez para pensar en una implementación operativa.
- Al realizar las pruebas en zona urbana se pudo notar que el alcance de los dispositivos no es muy alto dado que hay mucha interferencia por la presencia de edificios, sumándole a esto las especificaciones del Gateway que se usó para el desarrollo del proyecto tiene como limitación la densidad de área.

## 8. ANEXOS

### ANEXO A. MODELO DE NEGOCIO CANNVAS

<b>Aliados Clave</b>  El principal aliado es Amazon y la empresa que nos proveerá los equipos correspondientes como Dragino o Multitech.	<b>Actividades Clave</b> Lo principal es buscar satisfacer al cliente ofreciendo un excelente servicio y prestando atención inmediata cuando se presente algún inconveniente. <ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollar la aplicación web</li><li>• Establecer relación comercial con los proveedores para generar la cadena de suministro</li><li>• Definir formas de financiación para los equipos</li><li>• Definir esquemas de soporte y mecanismos de atención para mantener los ANS (acuerdos de nivel de servicio)</li></ul>	<b>Propuesta de Valor</b>  Se ofrecerá un servicio de monitoreo para ganado bovino que va a generar información por medio de una aplicación que informará al cliente estando en cualquier parte, es decir sin necesidad de dirigirse a la finca.	<b>Relación con el Cliente</b>  El servicio será de asistencia personalizada entre cliente y empresa con el fin de satisfacer cualquier tipo de necesidad que se presente por parte de cualquiera de las partes.	<b>Segmentos de Clientes</b>  En especial se centrará en generar servicios a los ganaderos de Colombia, que posean más de 50 cabezas de ganado, estas personas en su mayoría tienen a su disposición personal que le ayuda con el cuidado de sus animales, y estos también se pueden caracterizar por ser ganaderos productores de carne o leche. Aunque también se les brindará el servicio a pequeños ganaderos los que tengan menos de 50 cabezas de ganado.
	<b>Recursos Clave</b> Los recursos claves son equipos tecnológicos, Ingenieros de Telecomunicaciones y diseñadores de software.		<b>Canales</b> Se empezará con propagandas y conferencias para que los posibles clientes sepan del servicio que ofrecemos, posterior a esto se pasa al proceso de compra y venta donde el cliente especificará qué tipo de servicio desea adquirir.	
<b>Estructura de Costes</b>  Costos Fijos: Salarios <ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenamiento de Nube</li></ul> Costos Variables: Collar <ul style="list-style-type: none"><li>• Gateway</li><li>• Conectividad móvil</li><li>• Transferencias de datos a la nube</li><li>• Soporte de la plataforma de la nube</li><li>• Soporte a la infraestructura del cliente</li></ul>			<b>Estructura de Ingresos</b>  El flujo de ingresos para la empresa es variable ya que depende de la cantidad de animales a monitorear y la cantidad de clientes que contraten el servicio. <ul style="list-style-type: none"><li>• Por instalación se cobra el monto de los sensores, equipos y demás ese solo se realizará una única vez.</li><li>• Venta de collar y Gateway, infraestructura de la red.</li><li>• Cobro mensual por uso de la plataforma/aplicación.</li></ul>	

## ANEXO B. LIBRERÍAS DE ARDUINO

```
gp_shield
1 #include <lmic.h>
2 #include <hal/hal.h>
3 #include <SPI.h>
4 #include <SoftwareSerial.h>
5 #include <TinyGPS.h>
6 TinyGPS gps;
7 SoftwareSerial ss(3, 4); // Arduino RX, TX to connect to GPS module.
8
9 static void smartdelay(unsigned long ms);
10
11 unsigned int count = 1;          //For times count
12
13 |
14 String datastring1="";
15 String datastring2="";
16 String datastring3="";
17 uint8_t datasend[20];           //Used to store GPS data for uploading
18
19 char gps_lon[20]="\0"; //Storage GPS info
20 char gps_lat[20]="\0"; //Storage latitude
21 char gps_alt[20]="\0"; //Storage altitude
22 float flat, flon, falt;
23
24 //static uint8_t mydata[] = "Hello, world!"; //For test using.
25 --
```

Figura 18. Librerías que se usaron en Arduino.

*Fuente: Realizado por Autores*

## ANEXO C. CLAVES PARA LA CONEXIÓN CON THE THINGS NETWORK

```

9 ttn*/
0 static const PROGMEM ul_t NWKSEKEY[16] = { 0x55, 0x23, 0x97, 0x8E, 0xAF, 0x04, 0x27, 0x11, 0x13, 0x4F, 0x23, 0x96, 0xC4, 0xEF, 0xDD, 0x8B };
1
2 /* LoRaWAN AppSKey, application session key
3 This is the default Semtech key, which is used by the prototype TTN
4 network initially.
5 ttn*/
6 static const ul_t PROGMEM APPSKEY[16] = { 0x1F, 0x88, 0x46, 0x67, 0xE2, 0xA3, 0xC6, 0x59, 0x9D, 0x7A, 0x75, 0xAF, 0xDA, 0xEC, 0x4D, 0x75 };
7
8 /*
9 LoRaWAN end-device address (DevAddr)
0 See http://thethingsnetwork.org/wiki/AddressSpace
1 ttn*/
2 static const ul_t DEVADDR = 0x260214AB;
3
4
```

Figura 19. Claves para la conexión con TTN

*Fuente: realizado por autores*

## ANEXO D. DATOS EN SERVIDOR TTN

GATEWAY TRAFFIC <small>beta</small>									
<div> <div>Overview</div> <div>Traffic</div> <div>Settings</div> </div>									
<div> <div>uplink</div> <div>downlink</div> <div>Join</div> <div>0 bytes</div> <div>×</div> <div>   pause</div> <div>🗑 clear</div> </div>									
time	frequency	mod.	CR	data rate	airtime (ms)	cnt			
▲ 18:58:10	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	20	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:57:40	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	19	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:57:10	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	18	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:56:55	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	17	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:55:40	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	14	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:55:25	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	13	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:54:55	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	12	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:54:40	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	11	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:52:40	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	6	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:52:10	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	5	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:51:56	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	4	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	
▲ 18:51:25	903900000	loro	4/5	SF 7 BW 125	71.9	3	dev addr: 26 02 14 A8	payload size: 32 bytes	

Figura 20. Datos en servidor TTN

*Fuente: Realizado por Autores*



## ANEXO E. DESARROLLO PAGINA WEB

```
<tbody>
<?php
    date_default_timezone_set('America/Bogota');

    ini_set('display_errors',1);

    ini_set('display_startup_errors',1);

    error_reporting(-1);

    require '/var/www/html/aws.phar';

    use Aws\DynamoDb\DynamoDbClient;

    $client = DynamoDbClient::factory(array(

        'region' => 'us-west-2', // replace with your desired region

        'version' => '2012-08-10' // Now needs a version

    ));

    date_default_timezone_set('UTC');

    $tableName = 'ganadodata';

    $iterator = $client->getIterator('Query', array(

        'TableName' => $tableName,

        'KeyConditions' => array(

            'dev_id' => array(

                'AttributeValueList' => array(

                    array('S' => 'pruebaganado')

                ),
```

Figura 21. Desarrollo página web  
*Fuente: Realizado por autores*

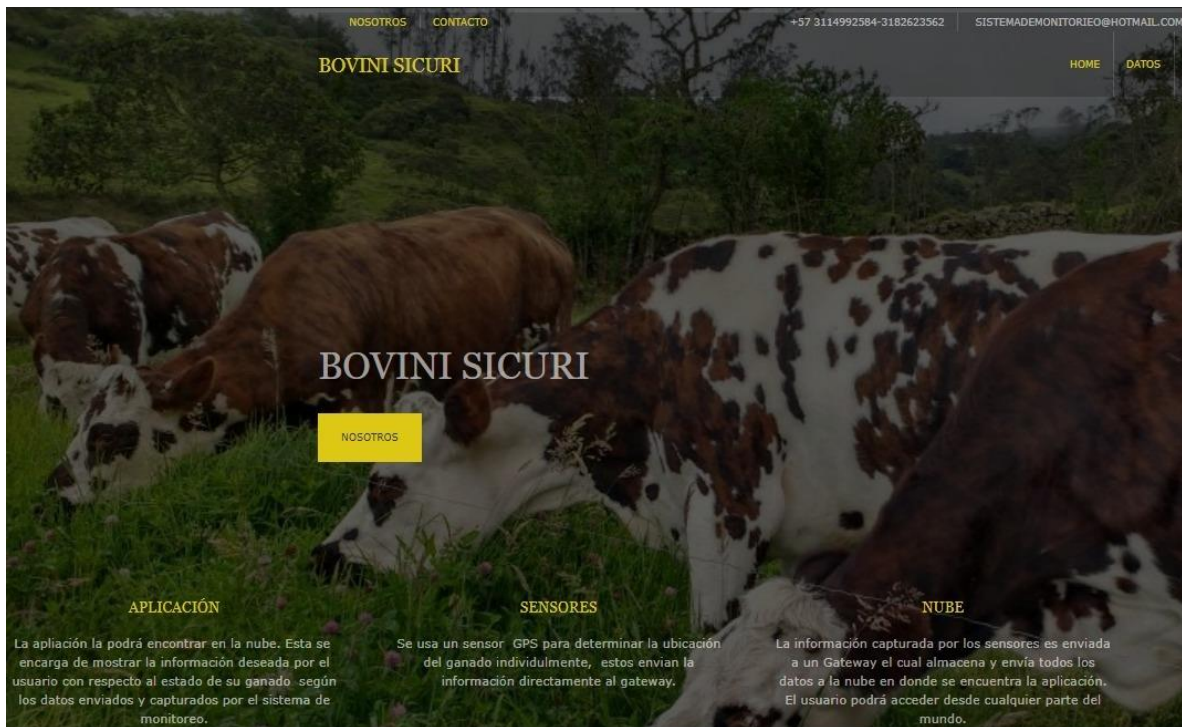


Figura 22. Página web  
Fuente: Realizado por autores

## ANEXO F. DATOS

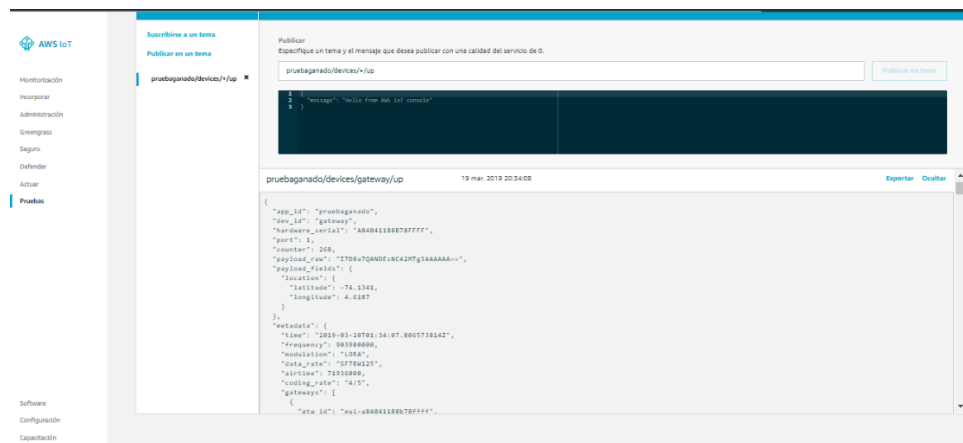


Figura 23 . Datos en subida en AWS IoT  
Fuente: Realizado por autores.

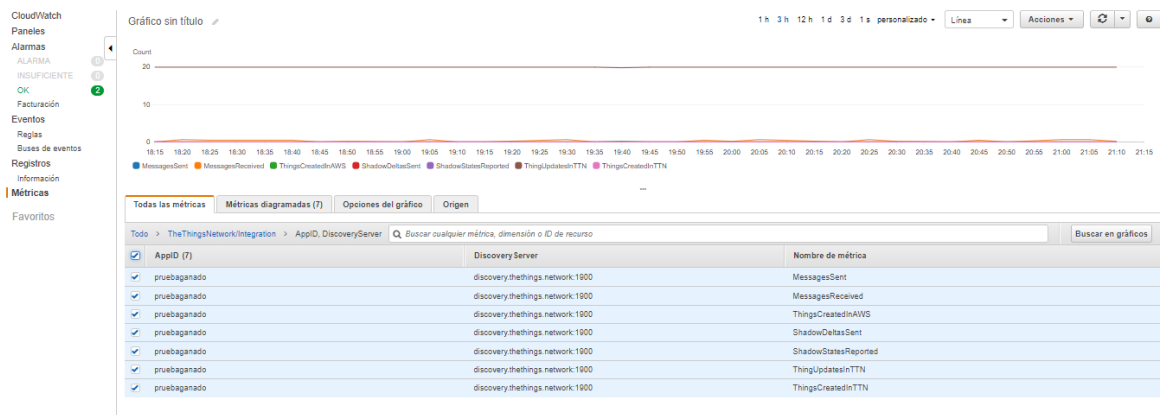


Figura 24. Conexión servidor TTN con AWS IoT.

*Fuente: Realizado por autores*

## ANEXO G. DATOS EN AWS

<input type="checkbox"/>	dev_id ⓘ	time	latitude	longitude
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T18:38:19.295309649Z	4.838	-74.0645
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T18:38:34.063390411Z	4.838	-74.0645
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T18:39:19.51650461Z	4.838	-74.0645
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:21:02.733215808Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:21:18.092347394Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:21:47.937843719Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:22:17.833337379Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:23:03.053298792Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:23:17.861657263Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:23:47.733640054Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:24:03.150950943Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:24:32.979753722Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:24:47.801227222Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:25:17.638598981Z	4.8793	-74.1015
<input type="checkbox"/>	pruebaganado	2019-05-27T22:25:33.022192867Z	4.8793	-74.1015

Figura 25 . Datos en DynamoDB.

*Fuente: realizado por autores*

pruebaganado	2019-05-30T22:34:02.424049672Z	4.6381	-74.0644
pruebaganado	2019-05-30T22:34:17.796554269Z	4.6381	-74.0644
pruebaganado	2019-05-30T22:34:47.621536035Z	4.6381	-74.0644
pruebaganado	2019-05-30T22:35:17.511428127Z	4.6378	-74.0645
pruebaganado	2019-05-30T22:35:32.360325877Z	4.6378	-74.0645
pruebaganado	2019-05-30T22:36:02.711983545Z	4.638	-74.0643
pruebaganado	2019-05-30T22:36:17.552905757Z	4.6382	-74.0642
pruebaganado	2019-05-30T22:36:47.461373805Z	4.6383	-74.0643
pruebaganado	2019-05-30T22:37:02.265655017Z	4.6382	-74.0645
pruebaganado	2019-05-30T22:37:32.630480012Z	4.6381	-74.0646

Figura 26. Página Web Datos- Alertas.

*Fuente: Realizado por Autores*

## REFERENCIAS

- [1] “Estadística delictiva,” 2017. [Online]. Available: <https://www.policia.gov.co/grupo-informaci%C3%B3n-criminalidad/estadistica-delictiva>. [Accessed: 22-May-2019].
- [2] Instituto Colombiano Agropecuario ,Censo Pecuario Nacional, 2016 Disponible en: [www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2012.aspx](http://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2012.aspx)
- [3] El abigeato se ha convertido en un delito sistemático en Colombia Octubre,2016 Disponible en: [ww.fedegan.org.co/noticias/el-abigeato-se-ha-convertido-en-un-delito-sistematico-en-colombia](http://ww.fedegan.org.co/noticias/el-abigeato-se-ha-convertido-en-un-delito-sistematico-en-colombia)
- [4] [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0914\\_2004.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0914_2004.html)
- [5] Microsoft Azure, ¿Qué es Saas?, , en línea (2017) <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-iaas/>
- [6] Microsoft Azure ¿Qué es Iaas? (2017), en línea <https://cloud.google.com/?hl=es-419>
- [7] Google Cloud Platform, diseña el futuro (2016), en línea [https://aws.amazon.com/es/free/?sc\\_channel=PS&sc\\_campaign=acquisition\\_CO&sc\\_publisher=google&sc\\_medium=cloud\\_computing\\_nb&sc\\_content=cloud\\_generic\\_p&sc\\_detail=en%20la%20nube&sc\\_category=cloud\\_computing\\_nb&sc\\_segment=93760526335&sc\\_matchtype=p&sc\\_country=CO&s\\_kwcid=AL!4422!3!93760526335!p!!g!!en%20la%20nube&ef\\_id=WYdDTAAAEzuX1NK:20170924021942:s](https://aws.amazon.com/es/free/?sc_channel=PS&sc_campaign=acquisition_CO&sc_publisher=google&sc_medium=cloud_computing_nb&sc_content=cloud_generic_p&sc_detail=en%20la%20nube&sc_category=cloud_computing_nb&sc_segment=93760526335&sc_matchtype=p&sc_country=CO&s_kwcid=AL!4422!3!93760526335!p!!g!!en%20la%20nube&ef_id=WYdDTAAAEzuX1NK:20170924021942:s)
- [8] AWS Amazon, service (2017)
- [9] Google Cloud Platform, productos y servicios (2016)
- [10] ITU, «Visión general de la Internet de las cosas (ITU-T Y.4000/Y.2060 (06/2012))», p. 20, 2012.
- [11] Semtech, What is Lora, 2017 Disponible en: [www.semtech.com/wireless-rf/internet-of-things/what-is-lora/](http://www.semtech.com/wireless-rf/internet-of-things/what-is-lora/)

[12] Aplicaciones multidisciplinares de las TIC desde la Universidad de Deusto, 2017 Disponible en [blogs.deusto.es/aplicaciones-tic/lorawan-long-range-wide-area-network/](https://blogs.deusto.es/aplicaciones-tic/lorawan-long-range-wide-area-network/)

[13] «Higrómetro y termómetro  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , 2,0% HR - Control climático». [En línea]. Disponible en: <https://www.schippersweb.com/higrometro-y-termometro-0-5c-2-0-hr-4309917.html>. [Accedido: 09-jun-2019].

[14] C. Farfán Farfán, A. Corena, y others, «Ingeniería básica, conceptual, detallada y procura de equipos para la implementación de un sistema de monitoreo de signos vitales de bovinos en fincas ganaderas.», 2017.

[15] «Detector de parto fijado en el rabo / vía SMS / por gsm by Moocall | AgriExpo». [En línea]. Disponible en: <http://www.agriexpo.online/es/prod/moocall/product-176757-776.html>. [Accedido: 09-jun-2019].

[16] Tecnologías del sector ganadero que mejoran la productividad - CLR. Disponible en: <https://clr.es/blog/es/tecnologias-del-sector-ganadero/>

[17] «About», Chipsafer. Disponible en: <https://www.chipsafer.com/about/>.

[18] P. Ezequiel Gorandi y N. Clemares Andrés Moltoni, «Collar con tecnología GPS para monitoreo animal».

[19] Livestock Analytics – Make better decisions by acquiring and analyzing individual data from your cattle. .Disponible: <http://livestockanalytics.com/>

[20] Desarrollan sistema integrado de monitoreo de ganado de engorda. Disponible en: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/tic/12672-desarrollan-sistema-integrado-de-monitoreo-de-ganado-de-engorda>

[21] Y. Rivera García, L. Alberto, E. Ponce, J. Miguel, M. Alonso, y M. N. Huerta, «SISTEMA DE MONITOREO DE GANADO BOVINO», 2017

[22] IoT – Ganadería – Insitel. Disponible en :<http://www.insitel.com/web/iot/iot-ganaderia/>

[23] “Usando IoT se Incrementa la Eficiencia, Productividad en la Ganadería,” 2017.

[24] «SIOT INGENIERÍA SAS | Metering and Cloud Solutions». Disponible en: <https://www.siot-ingenieria.com.co/>.

- [25] R. S. Sinha, Y. Wei, and S.-H. Hwang, "A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT," vol. 3, no. 1, pp. 14–21, Mar. 2017.
- [26] C. E. Fehri, M. Kassab, S. Abdellatif, P. Berthou, and A. Belghith, "LoRa technology MAC layer operations and Research issues," vol. 130, pp. 1096–1101, 2018.
- [27] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, and F. Meyer, "A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment," vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Mar. 2019.
- [28] L. Nóbrega, A. Tavares, A. Cardoso, and P. Gonçalves, Animal monitoring based on IoT technologies. 2018, pp. 1–5.
- [29] I. Mohanraj, K. Ashokumar, and J. Naren, "Field Monitoring and Automation Using IOT in Agriculture Domain," vol. 93, pp. 931–939, 2016.
- [30] M. Taneja, J. Byabazaire, A. Davy, and C. Olariu, "Fog assisted application support for animal behaviour analysis and health monitoring in dairy farming," 2018, pp. 819–824.
- [31] L. Nóbrega, A. Tavares, A. Cardoso, and P. Gonçalves, Animal monitoring based on IoT technologies. 2018, pp. 1–5.
- [32] "LoRa GPS Shield for Arduino." [Online]. Available: <http://www.dragino.com/products/lora/item/108-lora-gps-shield.html>. [Accessed: 15-May-2019].
- [33] «Dragino :: Open Source WiFi, Linux Appliance». [En línea]. Disponible en: <https://www.dragino.com/>. [Accedido: 18-may-2019].
- [34] "Tipos de instancias de Amazon EC2 - Amazon Web Services." [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/es/ec2/instance-types/>. [Accessed: 15-May-2019].
- [35] «The Things Network». [En línea]. Disponible en: <https://thethingsnetwork.org/>. [Accedido: 18-may-2019].
- [36] "Fedegán espera que con nueva ley el robo de ganado se reduzca en 2019," 30-Dec-2018–30-Dec-500. [Online]. Available: <https://www.rcnradio.com/economia/fedegan-espera-que-con-nueva-ley-el-robo-de-ganado-se-reduzca-en-2019>. [Accessed: 22-May-2019].

[37] «Instituto Colombiano Agropecuario - ICA». [En línea]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>. [Accedido: 18-may-2019].

[38] «9. What is known about environmental effects of electromagnetic fields?» [En línea]. Disponible en: [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/en/electromagnetic-fields07/l-3/9-environmental-effects.htm#2p0](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/electromagnetic-fields07/l-3/9-environmental-effects.htm#2p0). [Accedido: 18-may-2019].