

Prototipo de sistema de vigilancia para fincas ganaderas como prevención al abigeato*

Róbinson Andrés Jiménez Toledo¹✉

Iván Argote Puetaman²

Carolina Meza Báez³

Cómo citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Jiménez, R., Argote, I. y Meza, C. (2014). Prototipo de sistema de vigilancia para fincas ganaderas como prevención al abigeato. *Revista UNIMAR* 32(1), 67-81.

Fecha de recepción: 28/01/2014

Fecha de revisión: 11/04/2014

Fecha de aprobación: 29/05/2014

RESUMEN

El proceso investigativo gira en torno a un dispositivo hardware en una plataforma TIC para el rastreo del ganado en ambientes de pastoreo, convirtiéndose en una estrategia tecnológica que alerta sobre el posible hurto del ganado. El prototipo monitorea variables biológicas y de georreferenciación en bovinos, actividad realizada mediante un dispositivo móvil alojado en el cuello del animal, y un dispositivo administrador que se encarga de adquirir, registrar y transmitir inalámbricamente la variación de temperaturas. El transductor ejecuta el proceso de conversión a valores de voltajes, para posteriormente enviar al módulo Xbee, el cual posee un conversor análogo - digital interno que realiza la conversión. Un computador analiza y representa la información relacionada con los patrones normales de temperatura en tiempo real.

Palabras clave: Abigeato, monitoreo electrónico, tecnología ZigBee.

Prototype of a monitoring system for cattle ranches as prevention to the rustling

ABSTRACT

The research process is centered on a hardware device on an ICT platform for tracking livestock grazing environments, becoming a technology strategy that warns about the possible theft of livestock. The prototype monitors biological variables and of georeferencing in cattle; the activity is performed by a hosted mobile device in the neck of the animal, and an administrator device that is responsible for acquiring, recording and wirelessly transmitting the temperature variation. The transducer performs the conversion process to values of voltages, and later sends to the Xbee module, which has an analog - digital converter that converts the data. A computer analyzes and represents the related information with normal temperature patterns in real time.

Key words: Cattle theft, electronic monitoring, ZigBee technology.

* Artículo resultado de investigación.

¹✉ Magíster en Docencia Universitaria, Universidad de Nariño; Ingeniero de Sistemas, Universidad Cooperativa de Colombia; Docente Investigador programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: rjimenez@umariana.edu.co, razo_net@hotmail.com

² Magíster en Docencia Universitaria, Ingeniero de Sistemas, Matemático, Universidad de Nariño; Docente investigador programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: iargote@umariana.edu.co, ingivanargoty@gmail.com

³ Egresada programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: jc-meza28@gmail.com

Protótipo de um sistema de monitoramento para fazendas como uma prevenção para o roubo de gado

RESUMO

O processo de pesquisa gira em torno de um dispositivo de hardware em uma plataforma TIC para rastrear ambientes de pastagem de gado, tornando-se uma estratégia de tecnologia que avisa sobre a possibilidade de roubo de gado. O monitor de protótipo controla as variáveis biológicas e do georreferenciamento. Esta atividade pecuária é realizada por um dispositivo móvel alojado no pescoço do animal, e um dispositivo de administrador é responsável pela aquisição, gravação e transmissão sem fios da variação de temperatura. O transdutor executa o processo de conversão para valores de tensão, e depois enviado para o módulo Xbee, que tem um conversor analógico - conversor digital que realiza a conversão. Um computador analisa e representa as informações relacionadas com os padrões normais de temperatura em tempo real.

Palavras-chave: Roubo de gado, a tecnologia de monitoramento eletrônico, tecnologia ZigBee.

I. Introducción

La presente investigación se orienta en primera instancia, desde la teoría relacionada con tecnologías inalámbricas y de telecomunicaciones, específicamente desde los procesos concernientes a probar tecnología de bajo costo sobre el estándar de comunicaciones diseñado por la ZigBee. En segunda instancia, desde los sistemas de monitoreo, seguimiento y control, y su aplicabilidad sobre animales de ganado bovino. En tercera instancia, se hace desde la teoría de ingeniería de software que permite diseñar un modelo de procesos de construcción de software apropiado para este prototipo en cuestión.

Uno de los sectores económicos de mayor influencia en el departamento de Nariño es el ganadero, debido a las áreas de terreno dedicadas a esta actividad, correspondientes a minifundios y en menor cantidad a latifundios, en los cuales la ganadería implementa tecnologías referentes al levante y producción lechera: ordeño automatizado y manejo de alimentos, por lo cual la seguridad se ha convertido en una de las preocupaciones de los ganaderos, donde el abigeato es su principal desvelo; el abigeato consiste en el robo de ganado bovino que usualmente es utilizado para su comercialización, acarreando considerables pérdidas. El mercado ilegal hace que su comercialización sea cada vez más apetecida por los delincuentes, tanto por el costo de compra como por el dinero potencial por su venta. De acuerdo con la Federación de Ganaderos –FEDEGAN– (2014) el costo de un bovino oscila entre 500.000 y 2.000.000 de pesos, claro está, dependiendo del estado y de la raza. En algunas ocasiones los delincuentes se limi-

tan a la extracción de carne y/o cuero, y en el peor de los casos, al secuestro del animal con el objetivo de prosperar mataderos clandestinos, según la información suministrada por la Policía Nacional (2006).

Como seguridad, los vigilantes o capataces de las fincas emplean mecanismos de cuidado manuales que consisten en desplazar a los animales hasta los establos o hacia los terrenos de pastoreo; sin embargo estas soluciones no garantizan la seguridad del ganado. Por otra parte, se debe tener en cuenta que los integrantes de las bandas delincuenciales dedicadas a esta actividad se integran en las fincas, aprovechándose de alguna relación de trabajo o de confianza con el capataz, o simulando ser miembros de alguna asociación ganadera o de algún cuerpo de seguridad pública. Con el robo, los ganaderos se ven afectados y en la mayoría de casos no existe una denuncia debido a amenazas recibidas o al temor de la retaliación de la delincuencia común, por lo cual prefieren pagar vacunas, asumir como consecuencia una baja producción y desmotivación para seguir trabajando.

Los ganaderos de la región sur colombiana ignoran cómo prevenir el abigeato por sus escasos conocimientos relacionados con las nuevas tecnologías, las cuales pueden proporcionar el monitoreo constante del terreno, evitando riesgos para quienes cuidan el ganado; la tecnología ha avanzado a pasos agigantados y está cada vez más al alcance de quien lo necesite. Como antecedentes que soportan la presente investigación tanto a nivel local, como nacional e internacional, relacionadas con el estado de arte en la construcción de dispositivos “tipo collar”, y en probar tecnologías de transmisión, recepción y procesa-

miento de datos, que proporcionen elementos valiosos para la toma de decisiones relacionadas con la selección de la tecnología adecuada y construcción de dispositivos como receptores, transmisores y collares, se puede mencionar:

- *Sistema de gestión de información para el manejo de inventario en el proceso de crianza de cuyes en la granja de la Federación colombiana de productores de papa de Obonuco Nariño* (Paredes y Patichoy, 2008).
- *Evaluación de collares para rastreo de animales basados en tecnología GPS* (Moltoni, Irurueta, Rodríguez y Duro, 2010).
- *Identificación por radiofrecuencia –RFID–* (Barros, Cheuquelaf, Estrada, Guarda, Quintupral, 2010).
- *Diseño de un sistema automatizado de seguridad contra intrusión en un edificio de departamentos utilizando el estándar de tecnología inalámbrica ZIGBEE* (Díaz, 2010).

La presente investigación pretende prevenir el hurto de ganado en fincas ganaderas mediante un sistema de monitoreo que implemente la tecnología XBee, objetivo general que se trabajó a partir de los siguientes procesos investigativos:

-Caracterizar el proceso actual de monitoreo del ganado en la finca ganadera Bella Vista ubicada en el corregimiento de Mapachico.

-Construir el prototipo de un sistema de vigilancia para fincas ganaderas como prevención al abigeato.

-Implementar el prototipo de Monitoreo Electrónico de Ganado –MEG– con el fin de evidenciar la mejora en el proceso de vigilancia y monitoreo.

A partir de estimaciones del Departamento Nacional de Estadística –DANE– referente al valor de la producción, reflejado en el *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019* (2013), la ganadería vacuna o bovina representa uno de los sectores de mayor productividad y peso dentro de la economía. Según estudios de FEDEGAN, para el año 2011 la ganadería bovina representó alrededor del 1,7% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, donde para el sector agropecuario su importancia relativa es indiscutible, con una participación del 20% del PIB y del 53% del PIB pecuario. La ganadería bovina, a pesar de ser en su gran

mayoría una actividad artesanal caracterizada por su alta informalidad y escasa tecnificación, se constituye en contribución importante dentro de la economía rural colombiana, con todo lo que implica en cuanto a generación de empleo directo y bienestar.

Una de las grandes dificultades de los dueños o encargados de las extensiones de tierras, es mantener una constante vigilancia de las reses; es decir, garantizar la seguridad de los animales con el objetivo de prevenir el abigeato; para ello, el presente trabajo consistió en un estudio desde el monitoreo de ubicación y temperatura del animal, para proponer un producto tecnológico basado en radiofrecuencia, que permite asegurar que el animal esté dentro de las áreas de pastoreo y así, tratar de mitigar este flagelo.

2. Metodología

El proceso investigativo se realizó bajo el paradigma cuantitativo; según Hernández, Fernández y Baptista (2000) éste se fundamenta en un esquema deductivo y lógico que busca formular preguntas de investigación e hipótesis, para posteriormente probarlas. Para tal efecto se obtuvo datos y se analizó los resultados con técnicas de estadística descriptiva, respondiendo así a la validación de la hipótesis planteada, teniendo en cuenta el desempeño del prototipo en las reses. El enfoque investigativo abordado fue el empírico-analítico puesto que tiene como finalidad realizar mediciones según la información que proporcione el dispositivo, identificando claramente el estado de georreferenciación, donde se encuentra el objeto de estudio; en este caso la res dentro del perímetro válido. El tipo de esta investigación es cuasi-experimental, debido a que inciden muchas variables que no pueden ser totalmente controladas o mitigadas.

2.1. Población y muestra

La implementación del prototipo se llevó cabo en el corregimiento Mapachico, en la finca Bella Vista, la cual dispone aproximadamente de 5 reses dedicadas a la producción de leche.

Para la investigación el muestreo es no-probabilístico intencional por conveniencia, puesto que permitió seleccionar casos característicos de dicha población, limitando y estimando la muestra (Tamayo, 1999), para una población que en este caso puede ser variable y por consecuencia la muestra es pequeña.

2.2. Metodología del proceso de investigación

El cumplimiento de cada objetivo se realizó teniendo en cuenta el proceso investigativo, indicado en las Tablas 1, 2 y 3:

Objetivo 1: Caracterizar el proceso actual de monitoreo del ganado en la finca ganadera Bella Vista ubicada en la vereda de Mapachico.

Tabla 1. *Proceso metodológico para objetivo específico 1.*

Fuente	Administrador Finca
Técnica de recolección	Encuesta
Instrumento	Formulario de preguntas
Técnica de Procesamiento	Estadística descriptiva
Resultado	Análisis estadístico para obtener información pertinente a la vigilancia que se emplea para el ganado

Objetivo 2: Construir el prototipo de un sistema de vigilancia para fincas ganaderas como prevención al abigeato.

Tabla 2. *Proceso metodológico para objetivo específico 2.*

Fuente	Administrador Finca
Técnica de recolección	Requerimientos funcionales y no funcionales
Instrumento	Formato de requerimientos funcionales y no funcionales
Técnica de Procesamiento	Análisis y síntesis Diagramas (Análisis y diseño)
Resultado	Producto de software y hardware

Objetivo 3: Implementar el prototipo MEG con el fin de evidenciar la mejora en el proceso de vigilancia y monitoreo del ganado.

Tabla 3. *Proceso metodológico para objetivo específico 3.*

Fuente	Administrador Finca
Técnica de recolección	Observación directa
Instrumento	Ficha de observación directa

Técnica de Procesamiento	Análisis de información.
Resultado	Informe de resultados del proceso de monitoreo mediante el dispositivo electrónico.

2.3. Variables de investigación

En la Tabla 4 se indica las variables trabajadas en la investigación.

Tabla 4. *Variables del proceso investigativo.*

Variable	Descripción	Tipo
Monitoreo	Es el control de un parámetro para detectar un rango específico dentro del mismo.	Dependiente
Cobertura	Es el área geográfica que cubre una estación específica.	Dependiente
Temperatura	Es una magnitud física que refleja la cantidad de calor.	Independiente

3. Desarrollo de la investigación

3.1. Caracterizar el proceso actual de monitoreo del ganado

Los resultados encontrados son ilustrados en algunas de las siguientes figuras estadísticas, relacionadas con la caracterización de cómo se lleva a cabo el proceso de vigilancia del ganado en las fincas objeto de estudio.

Con respecto a la actividad económica, el 50% de los encuestados respondió que la ganadería y la agricultura son la principal actividad, versus un 10% de cada una de las siguientes: levante, engorde, producción de leche y porcicultura, como se evidencia en la Figura 1.

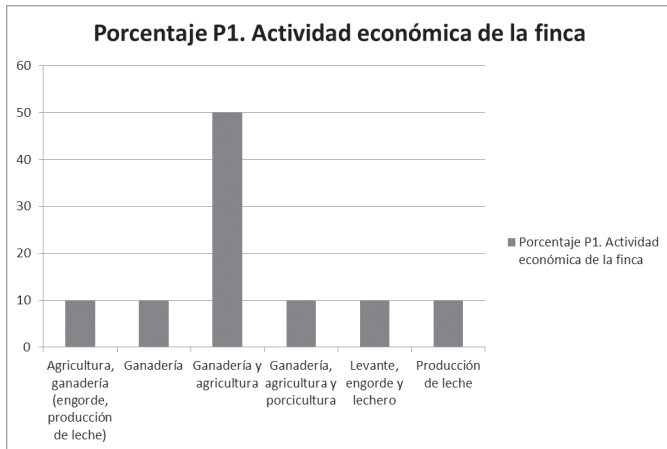


Figura 1. Actividad económica de las fincas objeto de caracterización.

La Figura 2 ilustra que un 50% de los encuestados posee una extensión igual o superior a 50 hectáreas para esta labor, en tanto que el 30% de las otras fincas posee de 20 a 35 Hm y un 20% de 40 a 50 Hm.

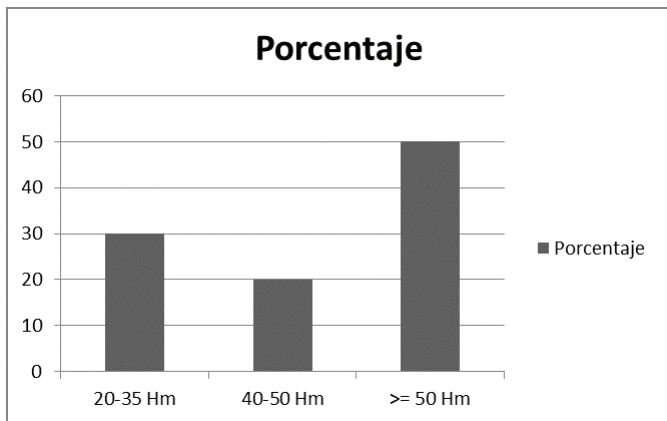


Figura 2. Área de trabajo en las fincas destinadas a esta labor.

Con relación a los mecanismos de seguridad empleados, un 40% señala que cuentan con tan sólo un cuidador, mientras un 30% emplea únicamente cercas eléctricas; un 20% cercas eléctricas y cuidadores, y un 10% emplea un capataz, como se indica en la Figura 3.

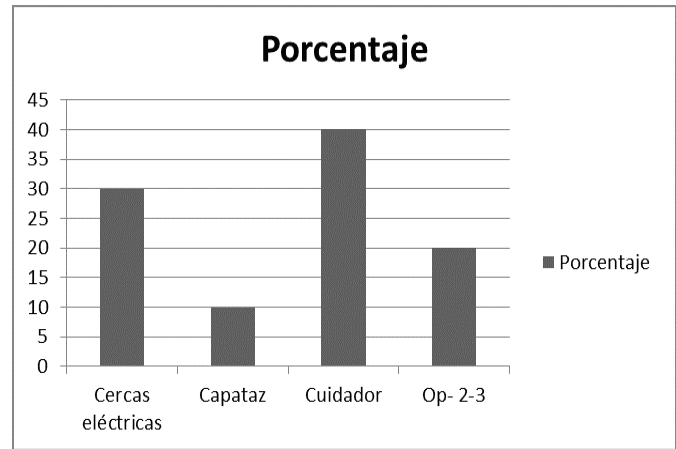


Figura 3. Mecanismos de seguridad empleados para la vigilancia.

Referente a la vigilancia del ganado (Figura 4), los resultados señalaron que el 90% es de 1 a 2 empleados y un 10%, de 3 a 4 empleados en la finca.

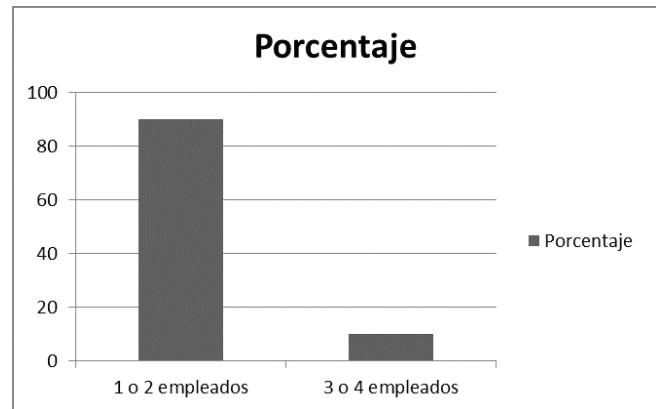


Figura 4. Actividad económica de las fincas objeto de caracterización.

La Figura 5 da cuenta del horario de vigilancia: un 70% cumple con una jornada de siete horas; un 20% en la jornada de 24 horas y un 10% en la jornada nocturna.

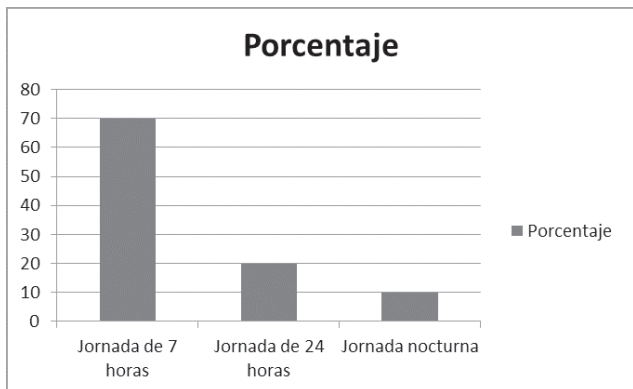


Figura 5. Duración de las jornadas de vigilancia de ganado.

En relación con el conocimiento en cuanto al número de reses hurtadas, los resultados arrojaron que al 60% le han sido robadas de 2 a 4 reses y al 40% de 5 a 8 reses, cuyas pérdidas representan costos muy elevados. (Ver Figura 6.)

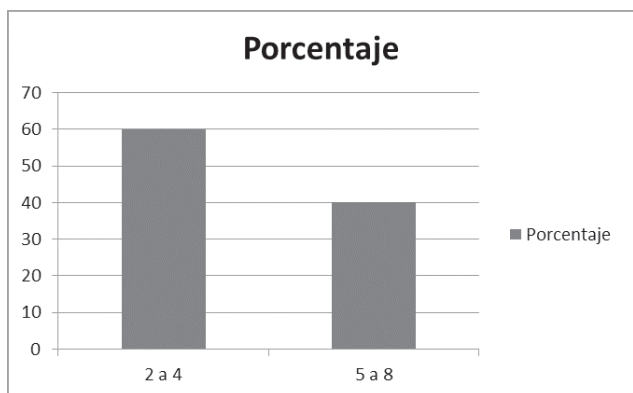


Figura 6. Número de reses hurtadas en los dos últimos años.

Sobre las tecnologías conocidas por los ganaderos relacionadas con la prevención del abigeato, como se indica en la Figura 7, los resultados arrojaron que el 80% sabe sobre el uso de las cercas eléctricas.

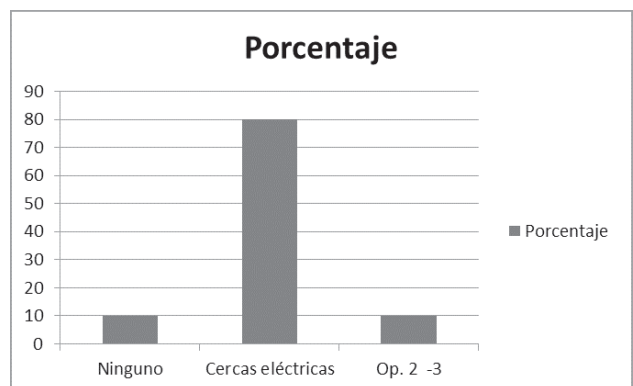


Figura 7. Tecnologías conocidas por ganaderos contra el abigeato.

Al cuestionar a los dueños y capataces de estas fincas sobre el interés de invertir en la presente opción tecnológica de bajo costo, se encontró gran motivación.

3.2. Construcción de la infraestructura tecnológica

3.2.1. Hardware

Se diseñó un Sistema Computarizado capaz de monitorear al animal mediante un componente electrónico basado en tecnología de radiofrecuencia, el cual a su vez se comunica con el software que permite decodificar la señal emitida del dispositivo electrónico situado en el animal, valorando si se encuentra dentro del perímetro de resguardo. El dispositivo cuenta con una alarma que permitirá detectar si hay alguna anomalía en el envío de datos al software. En la Figura 8 se indica el diagrama general de la solución.

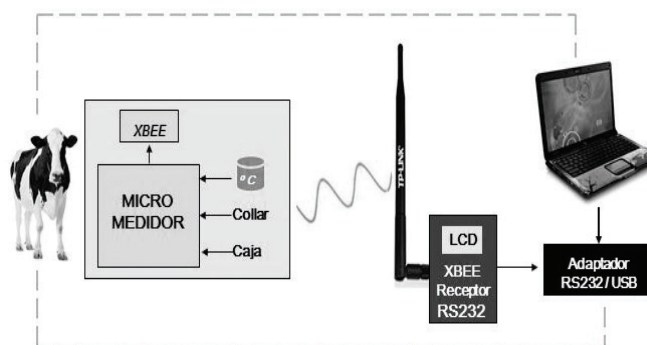


Figura 8. Diagrama de bloques de transmisión del sistema.

El elemento fundamental de este circuito es el micro controlador principal PIC: 12F675, que se encuentra programado para recibir la señal de contador del medidor de caudal y transformar esa información en lenguaje evidente para la pantalla LCD por intermedio de un micro controlador de enlace para LCD, además de recibir datos para programar y ser visualizados simultáneamente con el microcontrolador de comunicaciones para registrar los eventos y enlazarlos a un programa desarrollado en alto nivel en el pc, por intermedio de un conversor TTL/RS232. Por otra parte el microcontrolador principal tiene una rutina de enlace bidireccional de enlace de comunicaciones inalámbricas para recibir datos

de otro sensor o estación ubicada a una distancia considerable.

Componentes electrónicos

El módulo receptor se mantiene pendiente de la información enviada por los transmisores Xbee. De encontrar alguna información, la envía por el puerto USB al equipo que hace las veces de servidor de aplicaciones, el cual cuenta con un módulo de software que lee el puerto USB, detecta los paquetes de datos enviados por el módulo receptor y los almacena en una base de datos, para analizar y generar información. Para entender el funcionamiento, se describe cada uno de sus componentes:

PIC12F675

Es un microcontrolador que incorpora una serie de periféricos en su interior; circuito integrado programable que utiliza instrucciones a 8 bits en 8 pines; presenta 4 canales para el conversor análogo-digital de 10-bits, 1 comparador análogo, y memoria EEPROM de 128 Bytes.

Este microcontrolador se emplea en el módulo transmisor para enviar la señal por medio del sensor de temperatura y el sensor de obstáculos. Recibe los datos y envía hacia el receptor una línea de entrada, por la cual lee valores del exterior; es decir, cuando se conecta sensores o se acopla a otro componente electrónico para la consulta de datos. Una línea es configurada como salida cuando se envía los datos hacia el exterior.

PIC16F84A

Microcontrolador que se utiliza en el receptor para visualizar los datos en una pantalla LCD, bastante básico y por ello muchos de quienes inician el desarrollo de dispositivos electrónicos, lo hacen con este circuito programable. Cuenta con librerías para recibir los datos vía RS232 desde el microcontrolador receptor y visualizarlos en una pantalla LCD que se acopla con un bus de 8 bits.

Módulo XBee receptor

Se encarga de recibir los datos provenientes del medio de RF a través del puerto de la antena, los modula y los envía al módulo del procesador.

Módulo XBee transmisor

Es el que envía los datos al puerto de la antena, para que sean transmitidos al medio, en uno de los canales disponibles. La selección del canal está a cargo del procesador, de acuerdo con la configuración realizada en el dispositivo. Este módulo se utiliza por su alcance aproximado de 1600 metros en exteriores, para la realización de pruebas en la finca ganadera Bella Vista ubicada en la vereda de Mapachico y de 300 metros en interiores, siempre que exista línea de vista para la transmisión y recolección de datos obtenidos en el prototipo MEG. Con estas características de alcance, es el ideal para transmisión de radio frecuencia hasta el servidor y viceversa, en la cual se transmite la información según el protocolo IEEE802.15.4.

Circuito integrado max232 y protocolo rs232

Existe un circuito integrado que permite hacer la conversión de estos voltajes; el integrado es el MAX232, el cual usa 4 condensadores externos para generar estos voltajes a partir de una fuente de 5V.

La interfaz RS-232 está diseñada para distancias cortas, de hasta 15 metros según la norma, pero en algunos documentos indica que se puede utilizar hasta distancias de 100 metros.

Este protocolo se utiliza para conectar el microcontrolador con el módulo de Xbee. Los datos son consultados por parte del microcontrolador al módulo Xbee, el cual los evalúa y despliega la información en la pantalla, o los reenvía por el puerto USB hasta el computador.

Sensor LM35

Es un sensor de temperatura integrado de precisión que se utiliza en el sistema para detectar la temperatura de la vaca, instalado en el collar del animal, el cual funciona para un determinado rango de temperatura. Si ésta baja o sube de 28°C, entonces dispara una alarma. El LM35 trabaja con una gama de temperaturas que abarca los 55°C bajo cero a 150°C.

Sensor CNY70

Es un sensor de rayos infrarrojos de corto alcance, basado en un emisor de luz y un receptor; su funcionamiento se basa en la capacidad de reflexión

del objeto y la detección del rayo reflejado por el receptor, cuyo objeto sería en este caso, el cuello de la vaca que estaría unido al collar para detectar correctamente la reflexión; si es separado del cuello dispara la alarma.

Pantalla LCD a utilizar LM016L

Existen distintos tipos de pantallas LCD; para el proyecto se trabajará con una de 2 filas. Su consumo de corriente es muy bajo y cuenta con una luz de fondo que permite visualizar la información hasta en la noche.

Las pantallas LCD pueden ser conectadas a un micro por medio de un bus de 8 o 4 bits. Para minimizar el número de líneas del microcontrolador que se encuentra en el módulo receptor, se utiliza un microcontrolador pequeño como el 16F84A. También se requiere una serie de comandos e instrucciones que permiten la configuración y la representación de caracteres, configurados por el microcontrolador PIC12F675.

La pantalla LCD permite visualizar la información en texto que genera el microcontrolador, y en consecuencia, al administrador del sistema, conocer información del sistema.

Buzeer

Consiste en una placa cerámica con una capa metálica; los generadores de sonidos piezoeléctricos son dispositivos aptos para el diseño de alarmas, el cual estará integrado para accionar la alarma, sí no hay envío de datos al servidor.

El módulo transmisor

Como se muestra en la Figura 9, el sistema emisor cuenta con un sensor de temperatura LM35 y un sensor CNY70 que se basa en la capacidad de reflexión del objeto (el cuello de la vaca) y con ayuda de un PIC12F75 se gestiona la información y genera los comandos necesarios para que el módulo Xbee Proserie2 transmita los datos hasta el receptor.

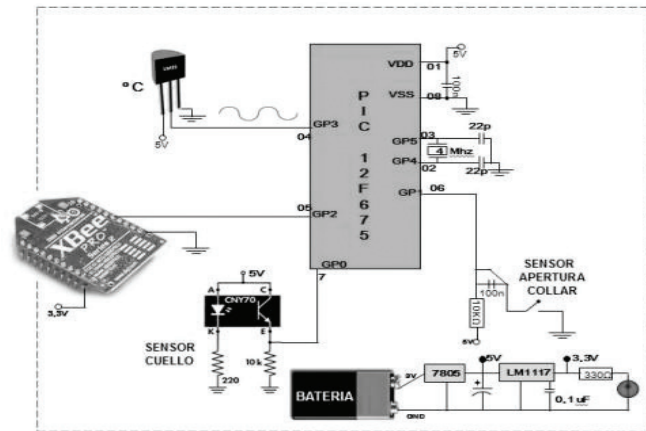


Figura 9. Diagrama módulo transmisor.

Montaje de placa transmisor

La realización de la baquelita para la tarjeta de transmisión de los datos se lleva por un proceso, para que el impreso quede bien plasmado en ella y se pueda realizar el montaje de componentes para verificar su funcionamiento y su óptimo rendimiento, como lo indica la Figura 10.

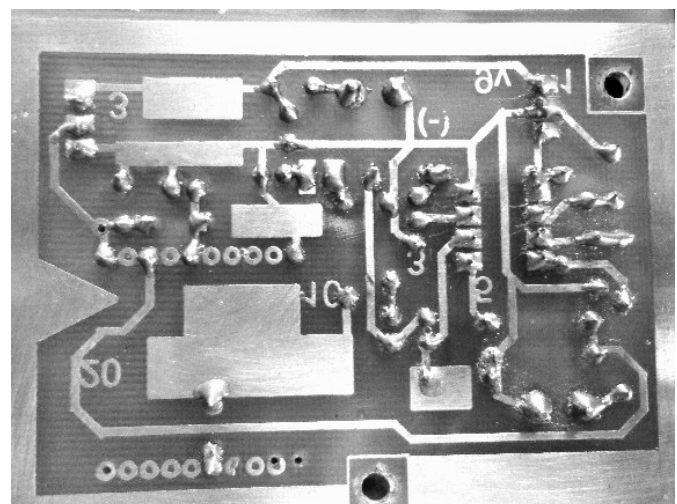


Figura 10. Montaje de la tarjeta trasmisora.

En la Figura 11 se encuentra la tarjeta con todos los componentes para el módulo trasmisor mencionado, para el funcionamiento del proyecto.



Figura 11. Implementación receptora.

El módulo receptor

El diagrama de bloques receptor visualizado en la Figura 12 ilustra la manera de transmisión de la información a través de los dispositivos, el voltaje de entrada del circuito y los reguladores que necesitan el módulo XBEE y el microcontrolador. El receptor requiere de una fuente de alimentación que provea de 5 voltios.

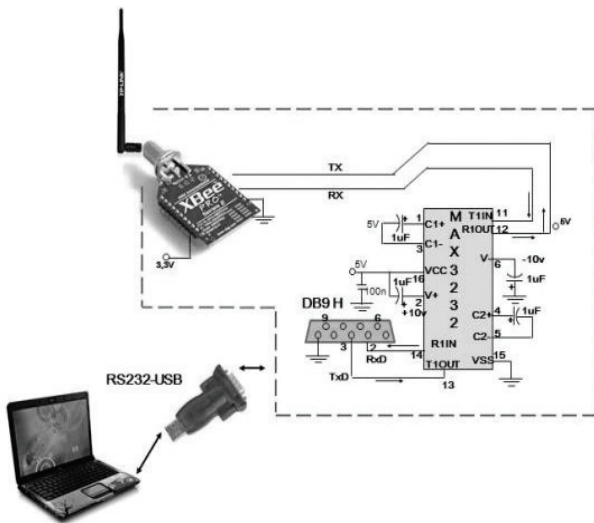


Figura 12. Diagrama módulo receptor.

La tecnología implementada: el transmisor, los circuitos integrados y los sensores de temperatura, tienen un bajo costo; los módulos XBee otorgan un alcance de 100mts (300ft) en línea de vista y hasta 1,6Km (1mi) para los módulos XBee Pro y un bajo consumo de energía.

Montaje de placa receptora

La realización de la baquelita para la tarjeta de transmisión de los datos se lleva por un proceso, para que el impreso quede bien plasmado en ella y se pueda realizar el montaje de componentes para verificar su funcionamiento y su óptimo rendimiento, como lo indica la Figura 13.

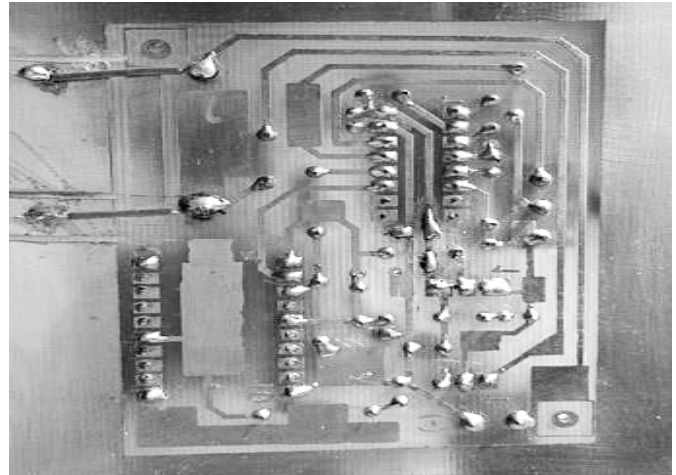


Figura 13. Montaje de la tarjeta receptora.

La Figura 14 indica la tarjeta con todos los componentes para el módulo receptor que anteriormente se mencionó para el funcionamiento del proyecto.

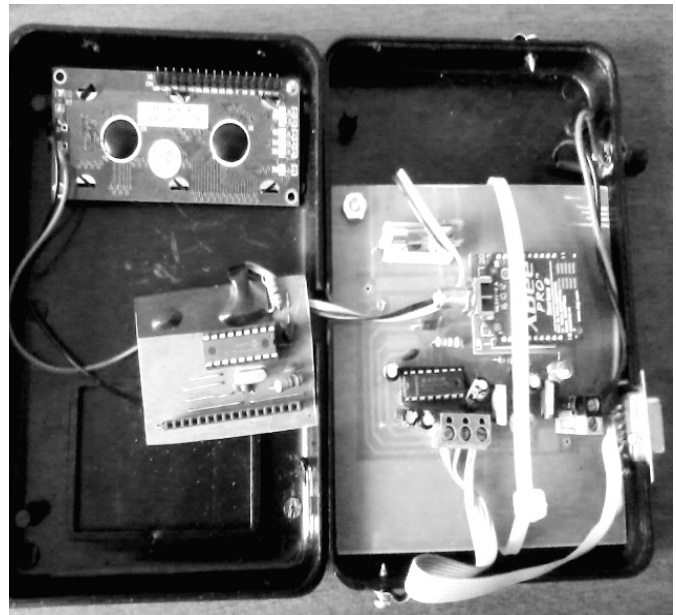


Figura 14. Implementación receptora.

3.2.2. Software

A continuación se indica las funciones que hacen parte de la herramienta informática, como son los requerimientos del sistema, funcionales y no funcionales, diagramas de caso de uso, modelos de base de datos entre otros, con el fin de construir una herramienta para dar una solución factible al problema y a las necesidades que se presenta.

Lista de requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales definen las funciones que el sistema será capaz de realizar. Describen las transformaciones que el sistema realiza sobre las entradas para producir salidas.

Verificar el monitoreo de la res en la finca, estableciendo el perímetro.

Comprobar el estado de vida indirecta de la temperatura.

Capturar los datos mediante el sensor de temperatura y enviar a la tarjeta principal.

Generar los reportes.

Detectar cualquier tipo de interrupción durante el proceso de envío de datos.

Controlar ciertos parámetros como: las variables captadas y guardadas en la base de datos.

Lista de requerimientos no funcionales

Los requerimientos funcionales definen las funciones que el sistema será capaz de realizar. Describen las transformaciones que el sistema realiza sobre las entradas para producir salidas.

Tabla 5. Lista de requerimientos no funcionales.

Nombre	RNF1: Persistencia
Descripción	Los datos del mundo deben perdurar en el tiempo. El sistema ofrece una base de datos para que los datos sean almacenados.
Nombre	RNF2: Seguridad
Descripción	Debe poder acceder únicamente el administrador de la finca. Encripta contraseñas para que no sean visibles.
Nombre	RNF1: Usabilidad
Descripción	La interface debe ser amigable para el buen uso por parte del administrador.

Requerimientos para software y hardware

Software: se utiliza MySQL para el montaje de la base de datos y Visual Basic.NET 2010 para el desarrollo del proyecto, dado su lenguaje orientado a objetos y eventos, centrado en la creación de ventanas y formularios, lo que permite una creación rápida de interfaces - usuario. La plataforma a utilizar es Windows 7 por su compatibilidad con la herramienta de desarrollo.

Hardware: se necesita como mínimo un computador personal, un puerto USB, un cable RS232 con puerto USB, y una fuente de poder.

Como parte del proceso de análisis y diseño de software, se trabaja con los diagramas UML, que permiten modelar el comportamiento del sistema. A continuación se indica algunos de estos esquemas gráficos:

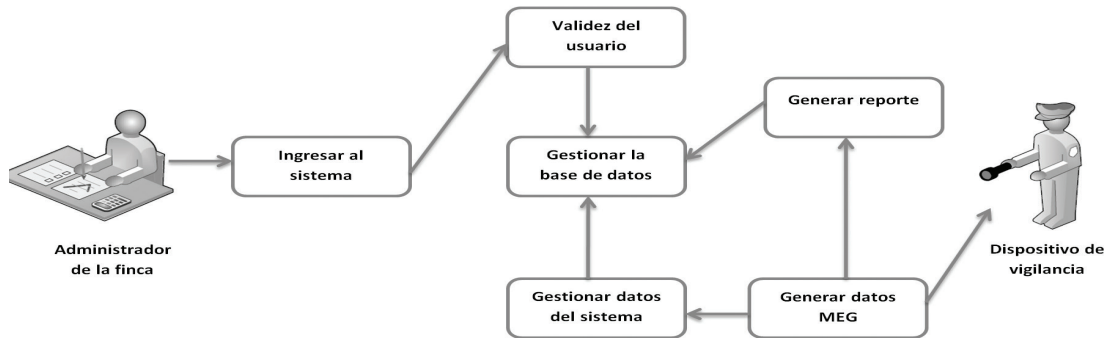


Figura 15. Diagrama de casos de uso.

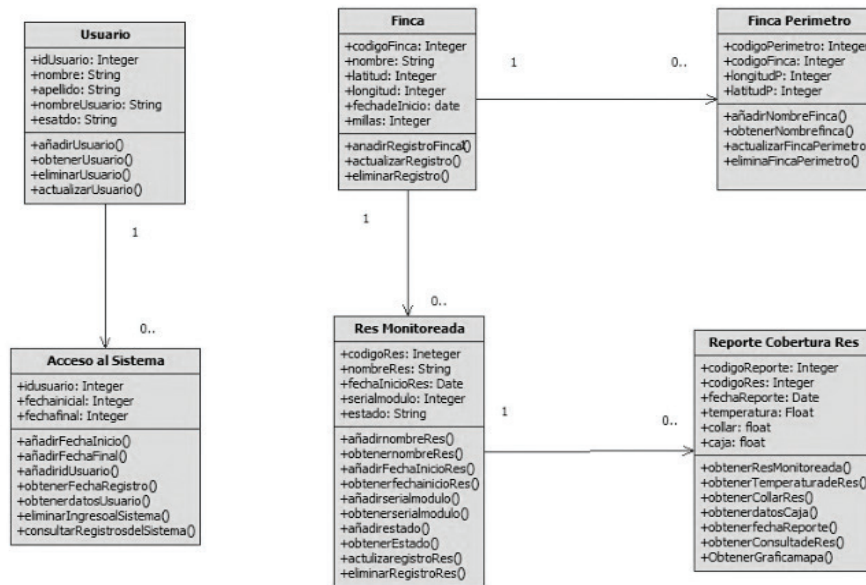


Figura 16. Diagrama de clases para el producto software.

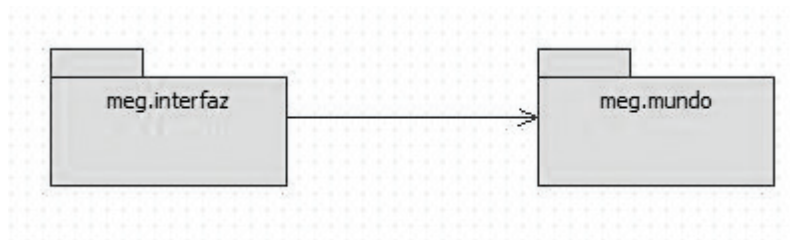


Figura 17. Diagrama de paquetes.

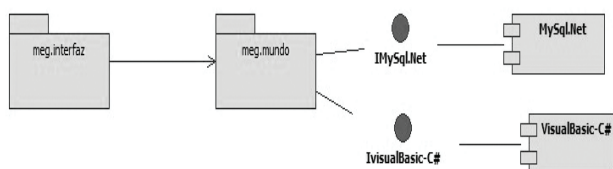


Figura 18. Diagrama de componentes.

El producto

Después de generar un modelo de proceso para la construcción de software, basado en la etapa de levantamiento de requerimientos, análisis, diseño, la etapa de implementación da como resultado un producto de software, del cual se indica algunos elementos:

-Ingreso al sistema: una vez el usuario ha ingresado correctamente su nombre de usuario y contraseña, podrá ingresar al sistema, como se indica en la Figura 19.

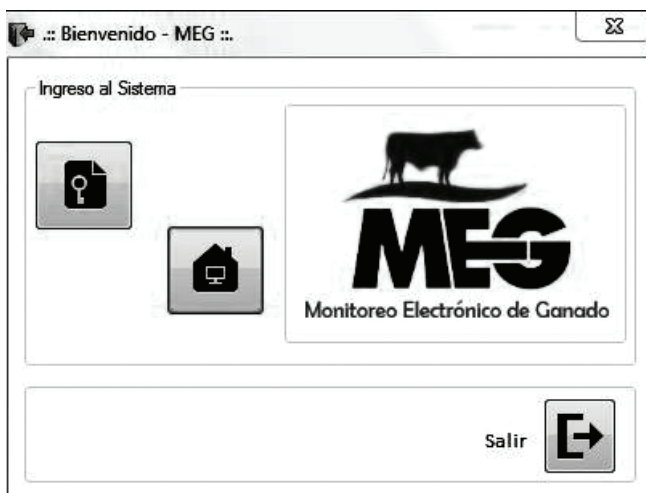


Figura 19. Login sistema MEG.

-Ventana principal: donde el usuario realiza el trabajo; ésta posee distintos accesos, herramientas y barras que permiten trabajar en la aplicación. (Ver Figura 20).

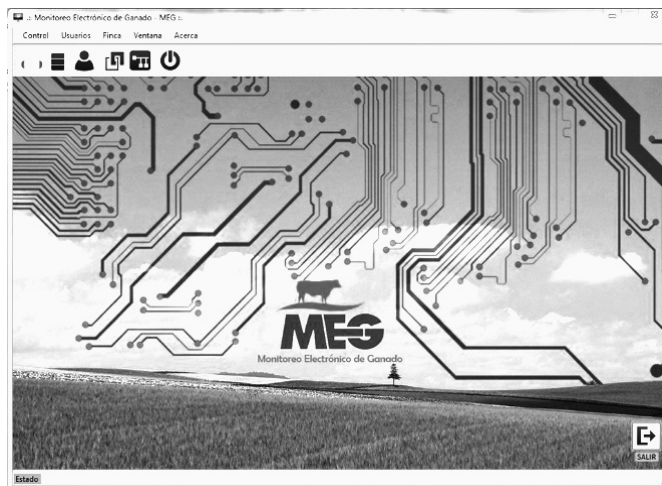


Figura 20. Ventana de opciones principales.

-Captura de datos: permite la captura de los datos recibidos por medio del módulo de radiofrecuencia Xbee (Módulo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones radio de comunicaciones con la norma 802.15.4), y realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia; éste transmite los datos obtenidos (Número de registro, Código de Hardware, Grados Centígrados, Caja, Collar, Fecha y Hora) (Ver Figura 21).

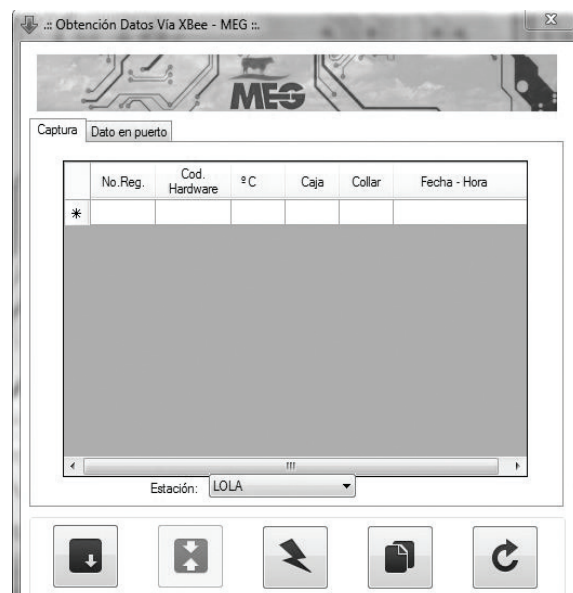


Figura 21. Interfaz gráfica de captura de datos del dispositivo.

3.3. Implementación del prototipo

Se describe la forma como se implantó el prototipo en la finca ganadera Bella Vista ubicada en la vereda Mapachico en el municipio de Nariño, con el propósito de comprobar si el sistema fortalece la vigilancia y el monitoreo de las reses. Los datos fueron recolectados mediante los módulos de tecnología Xbee; como transmisor fue situado en el cuello del animal por medio de una correa, como receptor a través del producto software construido. (Ver Figura 21).



Figura 22. Pruebas en la finca Bella Vista.

4. Resultados

La caracterización de la manera como se realiza el proceso de vigilancia de las reses en estas zonas, se llevó a cabo en 15 fincas de la zona de Mapachico, indagando con los dueños y cuidadores de los terrenos dedicados a esta actividad económica. La información encontrada permitió identificar que el 50% de estas fincas se dedican como actividad económica principal a la ganadería y a la agricultura, comparadas con otras actividades como levante, engorde, producción de leche y porcicultura que obtuvieron un 10% cada una. Con relación al área usada para esta actividad principal, el 50% cuenta con un área mayor o igual a 50 hectáreas, el 30% con un área de 20 a 40 y el 20% de 40 a 50.

De los mecanismos de seguridad empleados en las fincas para la seguridad de las reses, se señala que un 50% tiene sólo cuidador, 30% sólo cercas eléctricas y un 20% cercas eléctricas y cuidadores. No se identifica otro tipo de mecanismo de seguridad sobre el ganado.

Las jornadas de vigilancia sobre las reses: un 70% son de siete horas, el 20% en jornada de 24 horas y un 10% en jornada nocturna, implicando una baja capacidad de reacción y monitoreo continuo, y un alto nivel de riesgo para el hurto del ganado, como efectivamente se ha presentado. Con relación a la frecuencia de robos, en un 60% de veces se ha hurtado de 2 a 4 reses y en un 40% de 5 a 8 reses, pérdidas que representan costos muy elevados para los campesinos de la región.

La transmisión de información se realiza con el fin de evaluar si el animal se encuentra al interior del perímetro de resguardo establecido; esta evaluación fue realizada por el software que permitió, entre otras acciones, realizar la respectiva identificación del animal, los datos del propietario, del vigilante y el historial de comportamiento del animal en el terreno.

Siendo las condiciones climáticas y la posición del animal factores externos que pueden generar averías al dispositivo, se tomó las medidas correspondientes, como la de construir una caja de blindaje que aloje el dispositivo con el fin de protegerlo de las condiciones hostiles del ambiente que podrían deteriorarlo.

Las pruebas con el sensor de temperatura -programado a 28°C-, trabajaron de manera adecuada, al transmitir datos a menor o mayor valor de este rango, indicando que el sensor estaba trabajando de forma correcta y que el micro controlador de unidad de proceso MAX232 transmitía la cuenta cada determinado tiempo, hasta la central de monitoreo vía Xbee.

Obtención Datos Vía XBee - MEG ::

No. Reg.	Cod. Hardware	°C	Caja	Collar	Fecha - Hora
0	002	24	1	1	06/07/2013 08:27:28
1	002	24	1	0	06/07/2013 08:33:44
2	002	49	0	0	06/07/2013 08:33:51
3	002	46	0	0	06/07/2013 08:34:01
4	002	17	0	0	06/07/2013 08:34:03
5	002	17	0	0	06/07/2013 08:34:04
6	002	17	0	0	06/07/2013 08:34:05
7	002	17	1	1	06/07/2013 08:34:07
8	002	17	1	1	06/07/2013 08:34:12
9	002	17	1	1	06/07/2013 08:34:17

Estación: SOFIA

06/07/2013 08:36:11 a.j Puerto Serial 1 configurado! 9600 8-N-2 *Práctica en proceso*

Figura 23. Datos obtenidos en el software.

El análisis de los resultados obtenidos a través de la experimentación llevada a cabo con el sistema de monitoreo electrónico MEG, permitió aportar en el proceso de vigilancia continua de las reses en la finca objeto de estudio, previniendo la problemática del abigeato en zonas rurales dedicadas a la ganadería.

5. Discusión

En este proyecto se investigó diferentes alternativas tecnológicas que permitieron construir un dispositivo y un software de control, con el objetivo de prevenir el hurto de ganado en fincas ganaderas mediante un sistema de monitoreo que implemente la tecnología XBee. Para lograr comprobar la hipótesis planteada (¿Es posible monitorear el ganado mediante el prototipo electrónico en zonas de pastoreo y optimizar la vigilancia para prevenir el abigeato en la finca ganadera Bella Vista?) ésta se abordó a partir de tres objetivos específicos a saber:

-Caracterizar el proceso actual de monitoreo del ganado en la finca ganadera Bella Vista ubicada en el corregimiento de Mapachico, donde los resultados son coherentes con el estudio realizado por el Ministerio de Trabajo – Prosperidad para todos (2011) que indica que las fincas dedican principalmente su actividad económica a la ganadería y a la agricultura, frente a otras actividades económicas propias de esta región nariñense, ubicada en la esquina suroccidental de Colombia, como una cuña entre la República de Ecuador, la cordillera de los Andes y el océano Pacífico. El departamento se divide en tres subregiones naturales de gran belleza y diversidad: la llanura del Pacífico, que ocupa el 52% de su territorio, la región Andina (46%) y la vertiente Amazónica (2%). La subregión más poblada es la Andina (Banco de la República, 2012).

Referente a los mecanismos de seguridad y vigilancia del ganado en las fincas dedicadas a esta actividad, se descubre que persisten con mayor frecuencia los procesos artesanales basados en el recurso humano, con todas sus implicaciones; es decir, la mayoría de las fincas asume el costo de uno o dos cuidadores, o una persona dedicada a la vigilancia de las reses, donde se supedita los periodos de vigilancia a un número de horas de trabajo, impidiendo un control permanente del ganado; las cercas electrificadas son otra alternativa que cobra frecuencia, pero las consecuencias de adopción de esta tecnolo-

gía implican riesgos tanto para el animal como para los humanos. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010).

-Construir el prototipo de un sistema de vigilancia para fincas ganaderas como prevención al abigeato, donde se reflexionó sobre el modelo del proceso de construcción del software apropiado para obtener un producto de calidad (Pressman, 2010), identificando que el modelo incremental fue considerado como el que se ajusta para el desarrollo de prototipos.

-Implementar el prototipo MEG con el fin de evidenciar la mejora en el proceso de vigilancia y monitoreo del ganado. Para el diseño del dispositivo y su ubicación en el animal, se estudió diversas alternativas, identificando sus ventajas y desventajas, en relación con la facilidad de mantenimientos, emisión y recepción de señal, costos, etc., llegando a un diseño tipo collar con mecanismo de seguridad que impide ser cortado y que es alojado en el cuello del animal. Los datos son obtenidos vía Xbee, donde el sensor de temperatura es programado a 28 °C; transmitir un rango menor o mayor indica que el sensor está trabajando de forma adecuada; el micro controlador de unidad de proceso MAX232 transmite la cuenta cada determinado tiempo, hasta la central de monitoreo vía Xbee.

Adicionalmente, se plantea las diferencias en relación con la revisión de literatura o el estado del arte, encontrando que: el presente proyecto plantea la construcción de un prototipo funcional de seguridad con materiales de bajo costo y de excelente calidad, haciendo énfasis en el sector económico de la crianza de bovinos. Al utilizar la tecnología ZigBee se puede constar de un máximo de 65535 puntos o nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, en comparación con los ocho máximos de una red con tecnología Bluetooth. La arquitectura de hardware de los dispositivos construidos en esta investigación presenta un bajo consumo eléctrico (30 mA transmitiendo, y de 3 mA en reposo) en comparación con otras tecnologías. Este menor consumo se debe a que el sistema se queda la mayor parte del tiempo dormido; aunque la velocidad de transmisión es baja (250 kbit/s) es apropiada para usos como la domótica, los productos dependientes de la batería, sistemas con sensores, etc. Algunas desventajas radican en que sólo se puede manipular textos pequeños,

en comparación con otras tecnologías, y la velocidad de transmisión es baja.

6. Conclusiones y recomendaciones

La caracterización de la manera como se realiza la vigilancia de los animales en esta zona, permitió establecer una visión general del estado actual que presentan nuestros ganaderos, relacionada con la apropiación de alternativas de orden tecnológico y sustentado por su nivel de desconocimiento, por lo que es necesario promover políticas de divulgación y uso de las TIC como solución a las problemáticas del sector rural en nuestro departamento.

Esta investigación proporciona a estudiantes, de una metodología o marco de trabajo sobre la adaptación de tecnología para la solución de problemáticas en el sector rural.

El producto de software resultante fue diseñado bajo el esquema de la metáfora de la interfaz, permitiendo al usuario una manipulación intuitiva y rápida, satisfaciendo sus necesidades, evaluando el caso del usuario que posea bajos conocimientos referentes a sistemas informáticos. Adicionalmente, el producto cuenta con manuales de usuario y un sistema, que permiten al usuario final, hacer un uso correcto, obtener datos claros y confiables y hacer la instalación adecuada entre la parte electrónica y el software.

El sistema prototipo MEG compuesto por una infraestructura tecnológica de bajo costo permitió integrar de manera interdisciplinaria la ingeniería de sistemas y la electrónica, para tratar de aportar en la solución a una problemática real del sector económico de ganadería en la región nariñense.

Durante el periodo de evaluación en la finca Bella Vista del corregimiento Mapachico en el departamento de Nariño, se logra establecer que fortalece el proceso de vigilancia del ganado, ya que se consiguió identificar situaciones simuladas del robo de animales.

Conflicto de intereses

Los autores del artículo declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses del trabajo presentado.

Referencias

- Banco de la República (2012). *Documento de trabajo sobre Economía Regional*. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-87.pdf>
- Barros, A., Cheuquela, E., Guarda, E. y Quintuprai, P. (2010). *Identificación por radiofrecuencia – RFID – Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*.
- Díaz, A. (2010). *Diseño de un sistema automatizado de seguridad contra intrusión en un edificio de departamentos utilizando el estándar de tecnología inalámbrica Zigbee*. (Tesis). Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- FEDEGAN. (2014). *Federación Colombiana de Ganaderos*. Recuperado de <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/precios>
- _____. (2006). *Plan estratégico de la ganadería 2019 (2006)*. Recuperado de <http://portal.fedegan.org.co/portal/>.
- FEDEGAN y Policía Nacional (2006). *Convenio Policía Nacional de Colombia / Federación Colombiana de ganaderos*. Recuperado de http://www.policia.gov.co/portal/page/portal/Carabineros/planes_de_seguridad/convenios/Convenio%20PONAL_FEDEGAN.pdf
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2000). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2010). *Bienestar animal, nuevo reto para la ganadería*. Recuperado de <http://www.ica.gov.co/getattachment/79b98e64-a258-46d5-9ce1-1375a8312434/Publicacion-20.aspx>
- Ministerio de Trabajo. (2011). Programa nacional de asistencia técnica para el fortalecimiento de las políticas de empleo, emprendimiento y generación de ingresos en el ámbito regional y local. Diagnóstico Nariño, Colombia.
- Moltoni, A., Irurueta, M., Rodríguez, L. y Duro, S. (2010). *Evaluación de collares para rastreo de animales, basados en tecnología GPS*. Buenos Aires.
- Paredes, D. y Patichoy, A. (2008). *Sistema de gestión de información para el manejo del inventario en el proceso de crianza de cuyes en la granja de la Federación colombiana de productores de papa de Obonuco, Nariño*. (Tesis de grado). San Juan de Pasto, Nariño.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería de software, un enfoque práctico*. Madrid: McGraw-Hill.
- Tamayo, M. (1999). *Aprender a investigar. Módulo 3: Recolección de la información*. Bogotá: McGraw-Hill.