

Tipo de artículo: Artículo original

# Sistema de registro de control y monitoreo automatizado para la producción de leche

## *Automated monitoring and control record system for milk production*

Miguel Alejandro Escobar Ruiz <sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-0016-3451>

Edwin Homero Moreano Martínez <sup>2\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-2362-2761>

Edison Patricio Salazar Cueva <sup>3\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-4395-0164>

José Williams Morales Cevallos <sup>4\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4027-5370>

<sup>1</sup> Ip Electric, Servicios de ingeniería profesional automatización y control. miguel.escobar1@utc.edu.ec

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Electromecánica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad técnica de Cotopaxi. edwin.moreano@utc.edu.ec

<sup>3</sup> Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad técnica de Cotopaxi. edison.salazar@utc.edu.ec

<sup>4</sup> Tecnología Superior en Electromecánica, Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi. pepewmoralesc@yahoo.com

\* Autor para correspondencia: [edwin.moreano@utc.edu.ec](mailto:edwin.moreano@utc.edu.ec)

### Resumen

Debido al nulo registro, monitoreo y control de la producción y almacenamiento de leche cruda en la Finca “San Luis” de la parroquia de Mulaló, de la ciudad de Latacunga surge la necesidad de implementar un sistema que permita automatizar el control y monitoreo de las cabezas de ganado existentes en esta finca y la producción efectiva de cada una de ellas; para la toma de decisiones estratégicas inherentes a la productividad del lácteo más demandado en el Ecuador. Por esta razón se propuso diseñar e implementar un sistema de registro, control y monitoreo automatizado para la producción de leche, en el cual se emplea el módulo electrónico “Arduino Uno” que conjuntamente con los beneficios de la tecnología RFID realiza un control de registro de cada una de las vacas por medio de un sensor, y obtiene los litros reales de producción de cada vaca. En el cuerpo de cada animal, se ubica un identificativo TAG para ser reconocido a través del lector RFID, que en conjunto con el módulo Arduino se convierten en la unidad de control y procesamiento de la información que genera cada vaca.

**Palabras clave:** Sistema de registro de control; módulo Arduino; lector RFID.

### Abstract

*Due to the null registration, monitoring and control of the production and storage of raw milk in the Farm "San Luis" of the parish of Mulaló, of the city of Latacunga, the need arises to implement a system that allows to automate the control and monitoring of the existing cattle heads on this farm and the effective production of each one of them; for making strategic decisions inherent to the productivity of the most demanded dairy in Ecuador. For this reason, it was proposed to design and implement an automated recording, control and monitoring system for milk production, in which the "Arduino Uno" electronic module is used which, together with the benefits of RFID technology, performs a record control of each one of the cows by means of a sensor, and obtains the real liters of production of each cow. In the body of each animal, a TAG identifier is located to be recognized through the RFID reader, which together with the Arduino module become the control and processing unit of the information generated by each cow.*



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

**Keywords:** *Control record system; Arduino module; RFID reader.*

**Recibido:** 12/06/2021  
**Aceptado:** 28/11/2021

## Introducción

En la actualidad la integración de tecnologías en los procesos productivos aumenta la calidad y la producción de leche. Siendo esto de gran importancia debido a la actual competencia que existe en el mercado nacional e internacional, así como por la exigencia de calidad por parte del agro consumidor. Un sistema de registro, control y monitoreo automático de la producción de leche se utiliza en las buenas prácticas industriales de manera controlada, ya que debido a los cambios climáticos, es muy importante controlar la producción de leche, al ser el alimento más cotizado en la mesa de las familias a nivel mundial; mediante un buen monitoreo, no sólo aumenta la seguridad del productor lácteo, también se incrementa la calidad y la producción, y con ello la rentabilidad.

El objeto de estudio de esta propuesta tecnológica es automatizar los mecanismos de identificación y medición de la producción de leche, a través de un sistema autónomo que permita monitorear la información de un ganado vacuno, la fecha de la extracción de la leche, los respectivos litros de leche extraídos para verificar que ganado vacuno tiene menor productividad, y con ello tomar las decisiones respectivas.

Un prototipo automatizado representa el ahorro de dinero, ya que gracias a este sistema se cuantificará la cantidad exacta de producción de leche de cada cabeza de ganado vacuno, sin que haya desperdicios, y también existe un ahorro de tiempo, porque el sistema automatizado hace la mayoría de las tareas en lo que a la extracción, almacenamiento y medición de la producción de leche se refiere. Un prototipo automatizado tiene un total control sobre todas las variables que son indispensables para la producción de leche, como el caudal, el volumen, el registro e identificación de ganado, la fecha y hora de extracción de leche, y a su vez, da un incremento de la producción de leche en la empresa Finca “San Luis”.

El prototipo trabaja con una directriz domótica, la cual brinda la facilidad del diseño de circuitos electrónicos y eléctricos para el control de variables por medio de sensores, actuadores o tarjetas de adquisición de datos; a su vez, la plataforma de hardware libre como Arduino permite desarrollar prototipos escalables de control, combinando software, hardware y firmware con el propósito de dar el término automático, a una actividad cotidiana. En el trabajo de investigación se utiliza la tarjeta Arduino para adquirir las medidas de caudal y volumen dentro de la producción de leche; mismos que serán los parámetros fundamentales para almacenar en el informe de productividad, con el cual se tomarán las respectivas decisiones y/o estrategias industriales (NIÑO et al., 2017).



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Arduino es la unidad de control lógico programable en el prototipo, por ser económico y de alta funcionalidad para el diseño de sistemas automatizados con sensores de flujo o dispositivos RFID; permite el funcionamiento y activación tanto de los sensores de medición, así como de los periféricos de salida; que se manipulan a través de la programación dentro de sus microprocesadores (Muñoz et al., 2019). El diseño electromecánico construido en el proyecto de investigación está encauzado a efectuar un eficiente control de la identificación y registro de la producción de leche de cada ganado vacuno.

Con esta propuesta se tiende a mejorar en forma sostenible los niveles de producción de leche para el fortalecimiento del control y monitoreo del ganado vacuno en la empresa Finca “San Luis”, acortar los periodos volumétricos de la cuantificación de la leche producida en un día de trabajo, la ocupación e ingresos de los productores lácteos y de sus familias. La práctica de las actividades esenciales a la producción de leche ha sido muy relevante a lo largo de su historia, tanto en el nivel local como en el contexto del país, ya que la provincia de Cotopaxi, es reconocida como una localidad eficaz en la producción de leche. La factibilidad de la implementación del prototipo es óptima en base al aspecto económico, técnico y operativo.

En la actualidad no se dispone de un sistema de registro de control y monitoreo automatizado para la producción de leche en la Finca “San Luis” del Barrio San Isidro en la Parroquia Mulaló de la Provincia Cotopaxi, siendo de suma importancia obtener un sistema automático que proporcione al propietario constantemente la medida de producción de ordeño que genera diariamente sus vacunos.

El efecto que produce la carencia de este sistema de registro, control y monitoreo puede presentar un dato erróneo de la cantidad producción diario de leche individual de los vacunos teniendo efectos negativos, como consecuencia pérdida económica y pérdida de tiempo en la producción teniendo una importante afectación.

Una vez determinado el problema de investigación, es importante el planteamiento de objetivos para la consecución del sistema de registro, control y monitoreo automatizado para la producción de leche en la empresa Finca “San Luis”, ya que con ello se podrá optimizar los procesos de producción de leche, la identificación de ganado vacuno de baja productividad y obtener información inherente a la producción de leche para la toma de decisiones.

## **Materiales y métodos**

El diseño de hardware del registrador de producción de leche está enfocado en un aspecto procedimental para su posterior implementación. Debido a que el proyecto de investigación corresponde a un sistema de control, donde se encuentran unas entradas, unos procesos a esas entradas y una salida final a este proceso, la cual será la acción del



sistema para mantener o controlar una variable dentro del umbral requerido, se utilizará el esquema entrada, proceso y salida, como muestra la figura 1.



**Figura 1:** Diagrama general de un sistema de control

En este apartado se describe las características sobre las alternativas de entradas, proceso y salidas que están en expectativas para el diseño e implementación del registrador de leche.

### **Entradas del sistema de control:**

Este proyecto tiene como entradas las mediciones tomadas por los sensores de flujo, además del lector RFID y la señal que proporcionan los pulsadores para el envío de datos. Las variables a medir y controlar son el flujo, el volumen de producción de leche, así como el registro RFID de cada cabeza de ganado. Es por la característica de los sensores de imitar ciertas capacidades de percepción del ser humano que se decide la utilización de estos dispositivos en la implementación del prototipo, así de esta manera se mide y registra el volumen de leche que produce una vaca, junto a los datos que proporciona el llavero RFID, para el caso: fecha, hora, nombre, número y litros de leche como lo hacen los productores de leche pero con elementos que garanticen más precisión (Liang et al., 2021).

Un sistema de control está constituido por el conjunto de entradas y salidas, además del procesado. En el registrador de producción de leche se tiene tres variables de entrada, los mismos que son la identificación RFID, el flujo de leche y el volumen de producción, factores preponderantes en la ejecución del prototipo. El módulo Arduino es la unidad principal para el procesado de la información recibida del sensor.

Como investigadores se puede acentuar el criterio de sistema de variables al registrador de producción de leche, porque el prototipo se convierte en un sistema con variables a controlar, a su vez, debido al control de variables, obtendrán variables resultantes a la salida del sistema de control, salidas con las cuales se podrá dar inicio a la activación de actuadores para el caso las luminarias rojo, amarillo y verde; además del envío al programa Excel a través del puerto serial del computador (Ali & Haseeb, 2019).

Entre los periféricos utilizados para el control de la producción de leche de cada cabeza de ganado, se encuentra detallados los siguientes componentes con sus características. Se hace una descripción de estos materiales como una inducción selectiva a los componentes reales que se emplearán en el prototipo Registrador de producción de Leche, producto de este Proyecto de Investigación. Cabe recalcar que los materiales utilizados para el monitoreo de las



variables físicas están orientados a una alimentación de corriente continua y corriente alterna en la parte eléctrica del sistema; por tal razón se trabajará con los dos tipos de energía eléctrica.

### Lector RFID RC522

Los lectores RFID (*Radio Frequency IDentification*) en la actualidad están teniendo bastante acogida en los sistemas de identificación, su uso abarca desde sistemas de seguridad, acceso de personal, identificación y logística de productos, como llaves de puertas eléctricas, entre otras aplicaciones. Su principio de funcionamiento consiste en pasar un TAG, cerca de un lector RFID, el TAG tiene la capacidad de enviar información al lector. Dicha información puede ser desde un simple código o todo un paquete de información guardado en la memoria del TAG (De la Rosa Flores et al., 2018).

Los TAGs viene en diferentes modelos, los más comunes son en tarjetas y en llaveros, pero también vienen como etiquetas adhesivas e incluso ya viene incrustados en algunos productos. Los TAGs tienen internamente una antena y un microchip, encargado de realizar todo el proceso de comunicación, la energía lo obtiene de la señal de radiofrecuencia, que si bien la energía en la señal es pequeña, es suficiente para hacer trabajar el microchip, esto es la razón por la que es necesario acercarlos a una pequeña distancia generalmente menor a 10 cm. Pero existen TAGs activos, que incorporan baterías, estos tiene alcance de varios metros de distancia. Este módulo utiliza un sistema de modulación y demodulación de 13.56 MHz, frecuencia que utiliza la tecnología RFID. Además, el módulo se comunica por SPI, por lo que se puede implementar con cualquier microcontrolador con interfaz SPI, como Arduino.

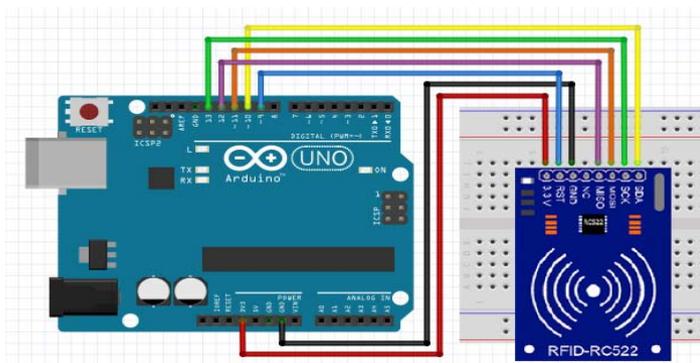
La tabla 1 muestra la conexión entre el módulo RFID y Arduino

**Tabla 1:** Conexión módulo RFID y Arduino

Módulo RC522	Arduino Uno
SDA (SS)	10
SCK	13
MOSI	11
MISO	12
IRQ	No conectado
GND	GND
RST	9
3.3 V	3.3 V

La figura 2 muestra la conexión del lector RFID con la tarjeta electrónica Arduino.





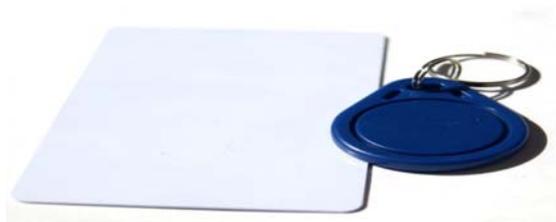
**Figura 2:** Conexión RFID-RC522 y Arduino

Para poder trabajar el Modulo RFID en Arduino es necesario descargar su librería correspondiente, una vez descargada, se la importa al IDE de Arduino, con esto ya se puede programar y trabajar con el lector RFID.

El lector RFID RC522 que propone el autor es muy efectivo en el cumplimiento de su funcionalidad, como investigadores empleamos el uso de este módulo en la tarjeta electrónica debido a su portabilidad, su precio y su operatividad en las necesidades que el registrador de producción de leche necesita, este lector dispone de estupendas prestaciones (de Carvalho et al., 2020).

### TAG RFID

Existen diferentes TAG NFC en el mercado con capacidades de memoria desde 64bits hasta 2Kbits, tienen un código de identificación único que se requerirá para el prototipo, además al ser tarjetas o llaveros inteligentes es posible leer y escribir en los sectores de registro del dispositivo. Existen varios modelos de TAGs como botones, pegatinas, llaveros y tarjetas. Para el sistema se seleccionó dos modelos diferentes para identificar los animales bovinos. El modelo de llavero y la tarjeta para la identificación de las vacas tienen una memoria de 1Kbit; en la figura 3 los TAG (a) son tarjetas y los TAG (b) son llaveros (Mongan et al., 2017).



**Figura 3:** TAG RFID (a) tarjeta y (b) llavero

### Sensor de flujo YS-201



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Un sensor de flujo o caudalímetro es un instrumento para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido. El caudal es la cantidad de líquido o fluido (volumen) que circula a través de una tubería por unidad de tiempo, por lo general se expresa en: litros por minutos (l/m), litros por hora (l/h), metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h), etc.) (Tao et al., 2020). Los caudalímetros suelen colocarse directamente en la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores/sensores de caudal, medidores de flujo o flujómetros, según lo muestra la figura 4.



**Figura 4:** TAG RFID (a) tarjeta y (b) llavero

El sensor de flujo de agua de 1/2" YF-S201 sirve para medir caudal de agua en tuberías de 1/2" de diámetro. También puede ser empleado con otros líquidos de baja viscosidad, como: bebidas gasificadas, bebidas alcohólicas, combustible, etc. Es un caudalímetro electrónico de tipo turbina. Compatible con sistemas digitales como Arduino, Pic, Raspberry Pi, PLCs. El sensor posee tres cables: rojo (VCC: 5VDC), negro (tierra) y amarillo (salida de pulsos del sensor de efecto Hall). Con la ayuda de este sensor se puede ingresar al mundo de la Domótica, monitoreando el consumo de agua, o se puede hacer un dispensador de volumen automatizado con la ayuda de una válvula adicional. El funcionamiento del sensor es de la siguiente forma: el caudal de agua ingresa al sensor y hace girar una turbina, la turbina está unida a un imán que activa un sensor de efecto Hall, que a su vez emite un pulso eléctrico que puede ser leído por la entrada digital de un Arduino o PLC. El sensor de efecto Hall está aislado del agua, de manera que siempre se mantiene seco y seguro.

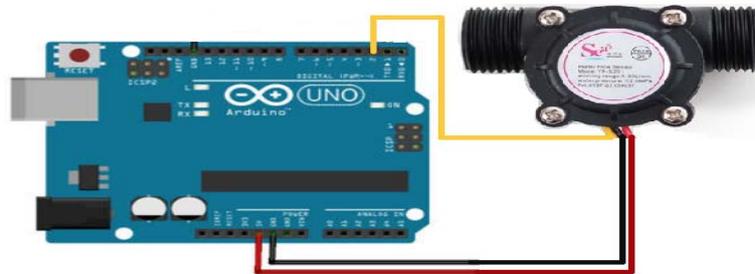
Como el volumen de agua por cada pulso es fijo y de un valor conocido (promedio) se puede contar la cantidad de pulsos por unidad de tiempo (segundo o minuto), luego multiplicar el valor de volumen/pulso por la cantidad de pulsos y así determinar el caudal o flujo de agua. Se recomienda utilizar interrupciones por hardware en el Arduino para detectar o contar los pulsos del sensor. Tenga en cuenta que este no es un sensor de precisión por lo que la orientación, presión del agua y otras condiciones pueden afectar la medición. Se recomienda calibrar el sensor realizando mediciones con volúmenes conocidos. Calibrado puede llegar a tener una precisión de hasta 10% .

**Fórmula:** Flujo del agua en L/min = Pulsaciones del sensor (Hz) / 7.5.

El autor propone un sensor de flujo muy utilizado en el mercado electrónico, que propone la solución de dos variables al mismo tiempo como es el caso del flujo y el volumen de leche producido por cada cabeza de ganado; el sensor que



cumple con características de hermeticidad y a la vez, es un caudalímetro es el YS-201. La figura 5 muestra la conexión del sensor YS201 con la tarjeta electrónica Arduino.



**Figura 5:** Conexión sensor YS201 y Arduino

Como se puede observar el cable amarillo va conectado directamente al pin 2 del Arduino, utilizamos este pin porque en el programa vamos a usar la interrupción externa. Arduino Uno solo tiene interrupciones externas en los pines 2 y 3. Se puede usar la misma conexión si se está trabajando con un Arduino Nano, Mini, Mega o Micro, puesto que todas estas placas tienen interrupción externa en el pin 2.

Para trabajar con el sensor YS201 en Arduino no es necesario descargar, ni instalar en el IDE de Arduino.

La conversión de frecuencia de pulsos (Hz) a caudal (L/min) varía entre modelos y depende de factores como la presión, la densidad de líquido e incluso del mismo caudal. Para calcular el caudal se debe usar un factor de conversión y una fórmula provista por el fabricante. Este factor de conversión sólo servirá de referencia, ya que en la mayoría de los casos se debe ajustarlo realizando pruebas.

**Fórmula:**  $f \text{ (Hz)} = K * Q \text{ (L/min)}$

Donde  $f$  es la frecuencia de pulsos,  $K$  es el factor de conversión y  $Q$  es el caudal en litros por minuto. Despejando  $Q$  en la ecuación obtenemos que  $Q = f/K$

Factores de conversión para cada sensor de flujo según el fabricante:

- Sensor de ½": 7,5
- Sensor de ¾": 5,5
- Sensor de 1": 4,8

## Resultados y discusión

En la parte de procesos de control se tratará la parte del controlador, este se encarga de recibir las señales de los sensores y con base en su lógica y/o programación emitirá una señal de respuesta hacia los actuadores para reaccionar



ante los cambios en las variables medidas. En este apartado del proyecto de investigación se describirá la tarjeta electrónica Arduino como las mejores alternativas para el control de procesos debido a su bajo coste, fiabilidad y portabilidad; entre otras características como: alta velocidad, excelente rendimiento, ergonomía, fácil programación y aprendizaje, además de ocupar poco espacio.

El sistema embebido Arduino, este dispositivo tiene muchas variedades en cuanto a su hardware, para esta ocasión se usará el Arduino Uno el cual es muy similar a la Raspberry Pi, por la facilidad que ofrecen al tener las entradas y salidas integradas al procesador y la fuente, permitiendo que el trabajo sea dedicado al código y no a la interconexión. Para el registrado de la producción de leche se utilizará el Arduino Uno con el cual se adquirirán las variables RFID y flujo por medio del sensor, controlarlas dentro de la programación y poder reflejar los resultados en una LCD, el sistema operará con un voltaje eléctrico de 110 V a 60 Hz para el sistema de luminarias y de 5 V DC de corriente continua para los componentes del sistema de control, así como para la tarjeta Arduino Uno.

Arduino se basa en una plataforma denominada openhardware que reúne en una pequeña placa de circuito impreso (PCB) los componentes necesarios para conectar con el mundo exterior y hacer funcionar un microcontrolador Atmega. Actualmente hay varios modelos de sistemas Arduino que van cambiando de microcontrolador, siendo los primeros el Atmega8 y el Atmega168. Al ser Open-Hardware, tanto su diseño como su distribución son libres. Es decir, puede utilizarse sin inconvenientes para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin tener que adquirir ningún tipo de licencia.

Arduino también puede funcionar como un controlador lógico programable, conectándole las interfaces adecuadas para las entradas y salidas (E/S). Arduino es una especie de controlador programable universal, aunque sólo es el “núcleo” y, en cualquier caso, se ha construido para aplicaciones generales; con un poco de hardware externo (esencialmente las interfaces capaces de transferir las señales de los sensores hacia los actuadores, reduciendo la interferencia electromagnética que puede dañar el microcontrolador) y un software adecuado puede, sin embargo, convertirse en algo muy similar a un PLC.

### **Las salidas del sistema de control:**

Debido a que el prototipo de automatización se realizará sobre un prototipo registrador de la producción de leche, individualizada para cada vaca, se planean las siguientes de salidas con base en la idea planteada. Otros de los periféricos de proceso selectivo para la implantación el Registrador de la producción de leche son las luminarias, estas luminarias deben ser de corriente alterna, tipo LED y funcionales a 110V a 60 Hz.

La norma UNE-EN 60588-1, adoptada de la Norma Internacional CIE 598-1, recoge los requisitos generales y particulares de las luminarias. Define luminaria como: aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz



emitida por una que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte y la fijación con los medios de conexión con la red de alimentación, las lámparas usadas se muestran en la figura 6.



**Figura 6:** Lámparas de colores de 110V LED

El relé (en francés, relais, “relevo”) o relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. La bobina puede ser controlada desde los 5 voltios hasta 120 voltios en los relés industriales. Estos dispositivos son muy útiles ya que permiten controlar altos voltajes en sus contactos (de 12V a 220V), utilizando 5 voltios en la bobina; en el caso del proyecto de investigación las luminarias de color rojo, amarillo y verde necesitan del módulo relé para su activación estos trabajan con (Arduino) y su alimentación de 5V DC, por lo que se necesitará alimentación de corriente continua y alterna. La figura 7 muestra una imagen del módulo relé para Arduino, de un canal.



**Figura 7:** Módulo relé para Arduino

La especificación de uno de los relés utilizados, serán:

- Voltaje de control: 5 V
- Voltaje de potencia: 110 V
- Corriente de potencia: 10 A.

Al utilizar la tarjeta concentradora Arduino Uno, es lógico emplear un módulo relé para el control de los actuadores como son: la iluminación en los colores rojo, amarillo y verde, cuyo voltaje de operación es de 110 V de corriente alterna. El módulo relé interactúa con las luminarias, a través de los pines 6, 7, y 8 del Arduino MEGA 2560.



Este numeral del proyecto de investigación muestra un análisis y discusión de los resultados obtenidos con la implementación del sistema de registro de control y monitoreo automatizado para la producción de leche para la Finca “San Luis”. Los resultados son indispensables para verificar el cumplimiento de los objetivos en la consecución del proyecto de investigación, cada aspecto resultante es un valor métrico significativo para la eficiencia del registro de la producción de leche en una hoja de cálculo.

A continuación se muestran los resultados de las variables principales que controla el sistema de registro de control y monitoreo automatizado para la producción de leche. Las variables principales, son la identificación RFID de las TAGs y el flujo de leche junto con el volumen de leche producido por cada vaca.

### Resultados de la identificación RFID

La tabla 2 muestra los tiempos de respuesta del lector RFID junto con las TAG, incorporadas en los aretes del ganado vacuno. El proceso de instalación de los llaveros TAG en los respectivos aretes del ganado vacuno fue una tarea dificultosa.

**Tabla 2:** Resultados de la identificación RFID

		FINCA “SAN LUIS”			Fecha: 13-01-2019	
		REGISTRADOR DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE			Hora: 16:25 P.M. Nº Extractores: CUATRO	
Nº de Vaca	Nº TAG	Fecha	Hora	Nombre	Módulo	Tiempo de respuesta RFID
FSL 001	A4 1E DC C3	13/01/2019	4:25:43 PM	Vaca 1	1	4,2 seg.
FSL 002	E2 0B DB C3	13/01/2019	4:25:40 PM	Vaca 2	2	6,3 seg.
FSL 003	35 21 DC C3	13/01/2019	4:25:45 PM	Vaca 3	3	4,5 seg.
FSL 004	07 7C D8 C3	13/01/2019	4:25:35 PM	Vaca 4	4	4,7 seg.
FSL 005	1B D0 DA C3	13/01/2019	4:45:12 PM	Vaca 5	1	4,4 seg.
FSL 006	02 48 DB C3	13/01/2019	4:45:16 PM	Vaca 6	2	4,1 seg.
FSL 007	D4 D3 DA C3	13/01/2019	4:45:20 PM	Vaca 7	3	5,2 seg.
FSL 008	13 A3 DB C3	13/01/2019	4:45:40 PM	Vaca 8	4	5,4 seg.
FSL 009	5D A7 DB C3	13/01/2019	5:05:31 PM	Vaca 9	1	5,8 seg.
FSL 010	FE DA DA C3	13/01/2019	5:05:17 PM	Vaca 10	2	5,9 seg.
FSL 011	12 29 DC C3	13/01/2019	5:05:29 PM	Vaca 11	3	4,7 seg.
FSL 012	8E 4D D8 C3	13/01/2019	5:05:42 PM	Vaca 12	4	4,8 seg.
FSL 013	84 AE DB C3	13/01/2019	5:25:16 PM	Vaca 13	1	4,9 seg.
FSL 014	21 4C DB C3	13/01/2019	5:25:17 PM	Vaca 14	2	5,6 seg.
FSL 015	95 3C 25 C3	13/01/2019	5:25:28 PM	Vaca 15	3	6,6 seg.
FSL 016	59 89 D8 C3	13/01/2019	5:25:33 PM	Vaca 16	4	5,3 seg.
FSL 017	15 5F DB C3	13/01/2019	5:45:24 PM	Vaca 17	1	6,1 seg.
FSL 018	86 E4 DA C3	13/01/2019	5:45:37 PM	Vaca 18	2	4,7 seg.



<b>FSL 019</b>	DE 8D DB C3	13/01/2019	5:45:41 PM	Vaca 19	3	4,3 seg.
<b>FSL 020</b>	C9 3D D9 C3	13/01/2019	5:45:40 PM	Vaca 20	4	4,8 seg.
<b>FSL 021</b>	EB 8B DB C3	13/01/2019	6:05:12 PM	Vaca 21	1	5,5 seg.
<b>FSL 022</b>	DE D3 DA C3	13/01/2019	6:05:19 PM	Vaca 22	2	5,9 seg.
<b>FSL 023</b>	51 74 DB C3	13/01/2019	6:05:26 PM	Vaca 23	3	4,6 seg.
<b>FSL 024</b>	50 95 D8 C3	13/01/2019	6:05:40 PM	Vaca 24	4	5,1 seg.
<b>FSL 025</b>	50 0E D9 C3	13/01/2019	6:25:20 PM	Vaca 25	1	6,8 seg.
<b>FSL 026</b>	25 8B 26 C3	13/01/2019	6:25:31 PM	Vaca 26	2	4,5 seg.
<b>FSL 027</b>	25 65 D8 C3	13/01/2019	6:25:35 PM	Vaca 27	3	4,7 seg.
<b>FSL 028</b>	31 D3 DB C3	13/01/2019	6:25:45 PM	Vaca 28	4	5,6 seg.
<b>FSL 029</b>	5C 2F D9 C3	13/01/2019	6:45:21 PM	Vaca 29	1	5,2 seg.
<b>FSL 030</b>	CA BD DB C3	13/01/2019	6:45:34 PM	Vaca 30	2	5,8 seg.
<b>FSL 031</b>	27 06 DC C3	13/01/2019	6:45:42 PM	Vaca 31	3	6,2 seg.
<b>FSL 032</b>	7A F3 DB C3	13/01/2019	6:45:44 PM	Vaca 32	4	5,1 seg.
<b>PROMEDIO</b>						4,65 seg.

Los datos de registro de identificación RFID que muestra la tabla anterior son los obtenidos o recopilados en la puesta del llavero TAG RFID en el arete, de la oreja del ganado vacuno. Posterior a esta medición se realizó otra para verificar el tiempo de respuesta del lector de la tarjeta RFID, en los cuatro módulos extractores automatizados de leche. La tabla 3 muestra estos resultados.

**Tabla 3:** Resultados de la identificación RFID

		FINCA "SAN LUIS"			Fecha: 14-01-2019	
		REGISTRADOR DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE			Hora: 15:55 P.M.	
					N° Extractores: CUATRO	
N° de Vaca	N° TAG	Fecha	Hora	Nombre	Módulo	Tiempo de respuesta RFID
<b>FSL 008</b>	13 A3 DB C3	14/01/2019	3:55:21 PM	Vaca 8	1	4,7 seg.
<b>FSL 015</b>	95 3C 25 C3	14/01/2019	3:55:35 PM	Vaca 15	2	4,4 seg.
<b>FSL 025</b>	50 0E D9 C3	14/01/2019	3:55:46PM	Vaca 25	3	5,6 seg.
<b>FSL 019</b>	DE 8D DB C3	14/01/2019	3:55:47 PM	Vaca 19	4	5,2 seg.
<b>FSL 030</b>	CA BD DB C3	14/01/2019	4:15:25 PM	Vaca 30	1	5,3 seg.
<b>FSL 017</b>	15 5F DB C3	14/01/2019	4:15:22PM	Vaca 17	2	6,1 seg.
<b>FSL 026</b>	25 8B 26 C3	14/01/2019	4:15:26 PM	Vaca 26	3	4,9 seg.
<b>FSL 001</b>	A4 1E DC C3	14/01/2019	4:15:31PM	Vaca 1	4	5,6 seg.
<b>FSL 022</b>	DE D3 DA C3	14/01/2019	4:35:37 PM	Vaca 22	1	5,3 seg.
<b>FSL 028</b>	31 D3 DB C3	14/01/2019	4:35:27 PM	Vaca 28	2	5,2 seg.
<b>FSL 020</b>	C9 3D D9 C3	14/01/2019	4:35:19 PM	Vaca 20	3	5,1 seg.
<b>FSL 023</b>	51 74 DB C3	14/01/2019	4:35:25 PM	Vaca 23	4	4,6 seg.
<b>FSL 031</b>	27 06 DC C3	14/01/2019	4:55:16 PM	Vaca 31	1	4,3 seg.



<b>FSL 027</b>	25 65 D8 C3	14/01/2019	4:55:23 PM	Vaca 27	2	5,2 seg.
<b>FSL 029</b>	5C 2F D9 C3	14/01/2019	4:55:22 PM	Vaca 29	3	5,7 seg.
<b>FSL 016</b>	59 89 D8 C3	14/01/2019	4:55:42 PM	Vaca 16	4	4,1 seg.
<b>FSL 006</b>	02 48 DB C3	14/01/2019	5:15:41 PM	Vaca 6	1	4,8 seg.
<b>FSL 032</b>	7A F3 DB C3	14/01/2019	5:15:37 PM	Vaca 32	2	4,3 seg.
<b>FSL 004</b>	07 7C D8 C3	13/01/2019	5:15:40 PM	Vaca 4	3	5,1 seg.
<b>FSL 011</b>	12 29 DC C3	14/01/2019	5:15:39 PM	Vaca 11	4	5,7 seg.
<b>FSL 024</b>	50 95 D8 C3	14/01/2019	5:35:48 PM	Vaca 24	1	6,2 seg.
<b>FSL 009</b>	5D A7 DB C3	14/01/2019	5:35:36 PM	Vaca 9	2	4,9 seg.
<b>FSL 012</b>	8E 4D D8 C3	14/01/2019	5:35:17PM	Vaca 12	3	5,1 seg.
<b>FSL 021</b>	EB 8B DB C3	14/01/2019	5:35:15 PM	Vaca 21	4	5,3 seg.
<b>FSL 003</b>	35 21 DC C3	14/01/2019	5:55:26 PM	Vaca 3	1	6,1 seg.
<b>FSL 007</b>	D4 D3 DA C3	14/01/2019	5:55:34 PM	Vaca 7	2	4,4 seg.
<b>FSL 014</b>	21 4C DB C3	14/01/2019	5:55:31 PM	Vaca 14	3	4,3 seg.
<b>FSL 010</b>	FE DA DA C3	14/01/2019	5:55:27 PM	Vaca 10	4	5,2 seg.
<b>FSL 002</b>	E2 0B DB C3	14/01/2019	6:15:38 PM	Vaca 2	1	5,8 seg.
<b>FSL 005</b>	1B D0 DA C3	14/01/2019	6:15:46 PM	Vaca 5	2	4,7 seg.
<b>FSL 013</b>	84 AE DB C3	14/01/2019	6:15:39 PM	Vaca 13	3	5,5 seg.
<b>FSL 018</b>	86 E4 DA C3	14/01/2019	6:15:26 PM	Vaca 18	4	5,9 seg.
<b>PROMEDIO</b>						5,14 seg.

Los resultados del comportamiento del lector RFID, con respecto al tiempo de respuesta en la lectura de las TAGS en los aretes de las vacas, oscila en un promedio de 4,65 segundos a 5,14 segundos de retardo, es decir; el prototipo tiene un comportamiento adecuado en cuanto a velocidad de respuesta para el proceso de registro del ganado vacuno; proceso necesario para el sensado de flujo de la producción de leche.

### Resultados de la producción de leche

La ecuación que se procederá a introducir en el microprocesador seleccionado para compensar la pérdida de flujo que existe debido a que el sensor YF-S201, desde su fabricación, no es un sensor de precisión, además porque existe presencia de presión en el ambiente de medición del mismo; la tabla 4 muestra los datos recopilados para el margen de error.

**Tabla 4:** Margen de Error

Litros	Medida flujómetro	Medida manual
1	0,92	1
2	1,67	2
3	2,4	3
4	3,14	4
5	3,88	5



La figura 8 muestra la ecuación lineal que refleja el comportamiento del sensor para mejorar la precisión de sus mediciones.

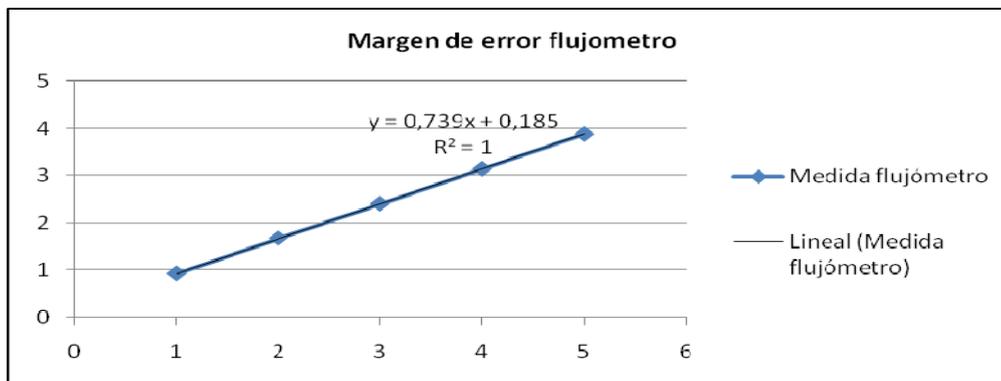


Figura 8: Margen de error

## Conclusiones

El desarrollo de la propuesta tecnológica presentó aspectos relevantes en lo concerniente al sistema de registro de control y monitoreo automatizado para la producción de leche, se pudo realizar el diseño e implementación del sistema de registro de la producción de leche en la Finca “San Luis”, aplicando la tecnología de asistencia por Radiofrecuencia compatible con NFC, comunicación serial y registro a un programa ofimático, en este sentido el tiempo de identificación del sensor RFID, oscila entre 4,65 segundos a 5,4 segundos de respuesta.

Se pudo realizar el programa necesario para la lectura de información proporcionada por las TAG's RFID y el sistema NFC, entre la información preponderante está el número de identificación TAG, nombre de la vaca, número, hora, fecha. La distancia de respuesta en la lectura del llavero ubicado en el arete del ganado vacuno oscila entre una lectura promedio de 8,5 a 12,6 cm de distancia, el algoritmo fue creado dentro de una función para evitar interrupciones y tiempos muertos de 0,20 segundos muy necesario para la gestión de registro de la producción de leche en cada vaca de la Finca “San Luis”.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Miguel Alejandro Escobar Ruiz, Edwin Homero Moreano Martínez.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

2. Curación de datos: Miguel Alejandro Escobar Ruiz.
3. Análisis formal: Edwin Homero Moreano Martínez.
4. Investigación: Edison Patricio Salazar Cueva.
5. Metodología: Miguel Alejandro Escobar Ruiz, José Williams Morales Cevallos.
6. Administración del proyecto: Miguel Alejandro Escobar Ruiz.
7. Recursos: Miguel Alejandro Escobar Ruiz.
8. Software: José Williams Morales Cevallos.
9. Supervisión: José Williams Morales Cevallos.
10. Validación: José Williams Morales Cevallos.
11. Visualización: Miguel Alejandro Escobar Ruiz,
12. Redacción – borrador original: Miguel Alejandro Escobar Ruiz, Edwin Homero Moreano Martínez, Edison Patricio Salazar Cueva, José Williams Morales Cevallos.
13. Redacción – revisión y edición: Miguel Alejandro Escobar Ruiz, Edwin Homero Moreano Martínez, Edison Patricio Salazar Cueva, José Williams Morales Cevallos.

## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

## Referencias

- Ali, A., & Haseeb, M. (2019). Radio frequency identification (RFID) technology as a strategic tool towards higher performance of supply chain operations in textile and apparel industry of Malaysia. *Uncertain Supply Chain Management*, 7(2), 215-226. [http://m.growingscience.com/uscm/Vol7/uscm\\_2018\\_22.pdf](http://m.growingscience.com/uscm/Vol7/uscm_2018_22.pdf)
- de Carvalho, L. S. P., de Lima Nascimento, J. F., & Nascimento-e-Silva, D. (2020). Tracking in product delivery using portable RFID with arduino. *Research, Society and Development*, 9(10), e7529109298-e7529109298. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/9298/8164>
- De la Rosa Flores, R., Morales, D. E. M., Mendoza, E. P., Flores, J. L. M., & Zacatelco, H. C. (2018). AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE ACCESO UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES Y RFID. *Pistas Educativas*, 39(127). <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/1056/886>



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

- Liang, W., Xie, S., Zhang, D., Li, X., & Li, K.-c. (2021). A mutual security authentication method for RFID-PUF circuit based on deep learning. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 22(2), 1-20. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3426968>
- Mongan, W., Ross, R., Rasheed, I., Liu, Y., Ved, K., Anday, E., Dandekar, K., Dion, G., Kurzweg, T., & Fontecchio, A. (2017). Data fusion of single-tag rfid measurements for respiratory rate monitoring. 2017 IEEE Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB),
- Muñoz, Y. Y., Castrillón, O. D., Castillo, L. F., & López, C. (2019). Análisis de la escena en la cocina por medio de sensores IoT Diseñados basados en el microcontrolador node MCu ESP8266 y conectados al servidor ThingSpeak. *Información tecnológica*, 30(5), 173-190. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500173&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500173&script=sci_arttext&tlng=en)
- NIÑO, J. A., MARTINEZ, L. Y., FERNANDEZ, F. H., DUARTE, J. E., REYES, F., & GUTIERREZ, G. J. (2017). Entorno de aprendizaje para la enseñanza de programación en Arduino mediado por una mano robótica didáctica. *Revista ESPACIOS*, 38(60). <https://www.revistaespacios.com/a17v38n60/17386023.html>
- Tao, L., Han, C., Song, K., & Sun, W. (2020). A tree species with an extremely small population: recategorizing the Critically Endangered Acer yangbiense. *Oryx*, 54(4), 474-477. [https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/2EE31148B02B3D742756C82FA83A614E/S0030605319000073a\\_hi.pdf/a-tree-species-with-an-extremely-small-population-recategorizing-the-critically-endangered-acer-yangbiense.pdf](https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/2EE31148B02B3D742756C82FA83A614E/S0030605319000073a_hi.pdf/a-tree-species-with-an-extremely-small-population-recategorizing-the-critically-endangered-acer-yangbiense.pdf)

