

**CONTEO DE GANADO POR MEDIO DE LECTORES RFID EN UN CAMPO  
SIMULADO**

**GONZALEZ LÓPEZ STEPHANIE**

**MARTINEZ SOLANO NESTÓR**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

MONTERÍA

2022

**CONTEO DE GANADO POR MEDIO DE LECTORES RFID EN UN CAMPO  
SIMULADO**

**GONZALEZ LÓPEZ STEPHANIE**

**MARTINEZ SOLANO NESTÓR**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**DIRECTOR(A):  
CLAUDIA MILENA SERPA IMBETT**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MONTERÍA

2022

## **DEDICATORIAS:**

Dedico este proyecto de grado principalmente a mi abuela paterna Emilce Morales Toro (Q.E.P.D.) a quien le agradezco en primer lugar la oportunidad que me dio para estudiar esta carrera, hacer realidad mi sueño de convertirme en ingeniera electrónica y haberme apoyado a seguir adelante, además de motivarme a cumplir mis logros. También quiero dedicarle este proyecto a mi familia por siempre estar ahí apoyándome para cumplir mis metas y ser lo que soy hoy en día.

*Stephanie Gonzalez López*

A Dios, quien me dio este sueño de ser profesional, a mis papás que nunca escatimaron en apoyo tanto económico como personal para lograr todas las metas que me propusiera, a mis hermanos quienes, sin estar presentes físicamente, nunca dudaron en tenderme una mano cuando lo necesité y por ultimo a mis compañeros y profesores quienes con sus ejemplos de vida, enseñanzas y retroalimentaciones de trabajos y proyectos me inspiraron a superarme y buscar siempre una manera de resolver los problemas.

*Néstor Martínez Solano*

## CONTENIDO:

<b>DEDICATORIAS:</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE:</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN:</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT:</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>1. INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Marco teórico/estado del arte:</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Marco teórico:</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.1Capítulo 1: Ganadería bovina o vacuna</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.2 CENSO BOVINO EN COLOMBIA:</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.3 Diferencias entre el ganado productor de leche y de carne:</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.4 Trazabilidad del ganado bovino en Colombia:</b> .....	<b>13</b>
<b>Capítulo 2. Identificación por radiofrecuencia RFID:</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2.1. Funcionamiento:</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2. Aplicaciones:</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2.1. RFID en Logística y control de inventarios:</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2.2. RFID en Alimentación:</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2.3. RFID en Ganadería:</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.2.4. RFID para control de accesos:</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.2.5. RFID en la industria:</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3. Principales sistemas RFID según frecuencia:</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3.1. Frecuencia:</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3.1.1. Baja Frecuencia (LF) RFID:</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3.1.2. Alta Frecuencia (HF) RFID:</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3.1.3. Ultra-Alta Frecuencia (UHF) RFID:</b> .....	<b>20</b>

2.3.2. Sistemas RFID Pasivos, Activos y BAP: .....	20
2.4. Tags RFID.....	20
2.5. Lector RFID:.....	21
2.6. Antenas RFID: .....	22
Capítulo 3. Python .....	22
3.1. Características principales: .....	23
3.2. QTdesigner: .....	23
Capítulo 4. MySQL: .....	24
4.1. Lenguaje SQL:.....	24
Capítulo 5. Arduino:.....	24
2.2. Estado del arte .....	25
3. Metodología.....	26
Etapa 2: Variables que se manejan en la gestión ganadera .....	28
Etapa 3: Dimensionamiento .....	29
Etapa 4: Base de datos e interfaz grafica .....	29
Interfaz Gráfica:.....	31
Arduino: .....	34
Etapa 5: Parámetros de radiación y detección de las antenas .....	35
Etapa 6: Montaje de ambiente simulado con la tecnología RFID.....	42
Etapa 7: Limitaciones del proyecto. ....	43
4. Resultados y discusión .....	44
Campo Simulado .....	44
Python .....	45
Arduino y antenas: .....	45
5. Conclusiones y recomendaciones: .....	48
6. Bibliografía .....	49

<b>7. Anexos .....</b>	<b>53</b>
<b>7.1. Artículo.....</b>	<b>53</b>

## TABLA DE FIGURAS:

Figura 1. Ganado bovino o vacuno. (Concepto Definición, 2022).....	12
Figura 2. Diferencia física entre ganado lechero y de carne. (BARRUECO, 2022) .....	13
Figura 3. Código de barras y etiqueta RFID. (Tecniensa, 2022) .....	15
Figura 4. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo. (ResearchGate, 2022) ....	16
Figura 5. RIFD en control de inventarios. (Mecalux Esmena, 2022).....	16
Figura 6. RFID en el sector alimenticio. (Trace ID, 2022).....	17
Figura 7. RFID en la ganadería. (SIMA, 2022).....	17
Figura 8. RFID para control de acceso. (Amazon, 2022).....	18
Figura 9. RFID en la industria (Autycom, 2022) .....	18
Figura 10. Frecuencias RFID. (Dipole RFID, 2022).....	19
Figura 11. Tipos de tag RFID (Traza Identificacion, 2022).....	21
Figura 12. Lector RFID Rc522 .....	22
Figura 13. Antena AN440 (Zebra, 2022) .....	22
Figura 14. Logotipo de Python (Technocio, 2022) .....	23
Figura 15. GUI QTDesigner Python.....	24
Figura 16. Placa Arduino UNO .....	25
Figura 17. Antena EL125HDK. (ElectroDragon, 2022).....	27
Figura 18. Tarjeta de proximidad 125KHz. ....	28
Figura 19. Panel de control XAMPP .....	29
Figura 20. Localhost de XAMP accedido desde el navegador. ....	30
Figura 21. Base de datos con variables solicitadas .....	30
Figura 22. Interfaz gráfica hecha en QtDesigner .....	31
Figura 24. Ventana de registrar nuevo ganado .....	32
Figura 25. Mensaje de error .....	33
Figura 26. Datos registrados en la interfaz .....	33
Figura 27. Estado del ganado .....	34
Figura 28. Foto de lectura cuando no hay tags cerca.....	35
Figura 29. Foto de lectura cuando hay tags en rango .....	35
Figura 30. Patrón de radiación para una antena cuadrada simple. ....	36
Figura 31. Vaca al frente de la antena.....	37
Figura 32. Vaca a un lado de la antena .....	38
Figura 33. Múltiples vacas en rango del lector.....	39
Figura 34. Lectura en el Arduino cuando hay múltiples vacas.....	39
Figura 36. Dimensionamiento de maqueta.....	41
Figura 37. Vista general de maqueta con canaletas y conexión a Arduino .....	42
Figura 38. Avance 1 de montaje – campo simulado.....	42
Figura 39. Avance 2 – ubicación de antenas y Arduino. ....	43
Figura 40. Resultado 1 – Montaje de campo simulado .....	44
Figura 41. Resultado 2 – Montaje de campo simulado .....	45
Figura 42. Diagrama de flujo para etapa Python.....	45

<b>Figura 43. Prueba y lectura del modulo .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 44.. Interfaz gráfica con datos .....</b>	<b>47</b>



## **RESUMEN:**

En este trabajo de grado se emplearon diferentes conceptos de RFID y Python como fundamento para crear una alternativa de bajo costo para el sector ganadero, para mejorar la gestión en el control de conteo bovino. Esta propuesta surgió de la necesidad de los ganaderos para llevar su gestión de una mejor forma y a su vez reducir los gastos de producción mediante la implementación de novedosas y herramientas tecnológicas tales como lo es la tecnología RFID.

Lo anterior se ejecutó en diferentes etapas: dimensionamiento a pequeña escala, diseño del prototipo, programación del software SQLite para almacenar los datos registrados de cada animal, visualización de datos por medio de la interfaz gráfica hecha con el módulo QT designer programado en Python, prueba del prototipo en el campo simulado y, por último, la transmisión y el almacenamiento de datos recolectados por las antenas 125Khz RFID *Long Distance Reader Module* hacia un Arduino uno.

**Palabras Clave:** Control, Conteo, Ganadería, RFID, Software, Datos, Python.

## 1. INTRODUCCIÓN:

La ganadería ha sido desde tiempos muy atrás, una de las actividades principales para la economía y el desarrollo de la especie humana, ya que nos dota de recursos tan importantes como la carne, la leche y otros productos derivados. Esta industria es incluso en la actualidad mayor a la agricultura, ya que se puede desarrollar en ambientes donde cultivar podría ser inviable, como montañas, valles muy secos, etc.

Durante los siglos XIX y XX, la ganadería empezó a intensificarse en gran manera por todo el mundo, obligando a los ganaderos de ese entonces a buscar maneras de llevar un registro de las actividades que se hacían en las fincas ganaderas.

Las diferentes zonas de las fincas, el conteo del ganado, las zonas donde se ubica cada lote, el volumen de animales por zonas y sus horarios de alimentación y descansos, son variables que los ganaderos empezaron a tener en cuenta para un buen desarrollo de sus fincas ganaderas.

Entre los problemas más comunes de una finca ganadera se tiene:

- 1) organización por lotes al ganado de un área específica para una tarea específica.
- 2) El ganado suele ser muy torpe, metiéndose en problemas muy fácilmente, y esto puede resultar en la muerte prematura del bovino traducándose en pérdidas económicas, por lo tanto, saber cuánto hay en un área delimitada, es fundamental.
- 3) Mal manejo de la información, no tener la información digitalizada de manera ordenada para sacar cálculos apropiados de cuantos recursos se invierten en una finca.
- 4) Observaciones y chequeos no confiables al no saber de manera ordenada cuanto ganado entró a un establo a hacer labores diarias.
- 5) Para la ganadería intensiva, manejar datos de manera manual se hace imposible, por lo que tener los datos organizados en una base central es la mejor opción.

En Colombia, la actividad ganadera se ha incrementado a lo largo de los años, un ejemplo de esto nos lo muestra la revista semana en su artículo “Exportaciones de carne colombiana superan los 82 millones de dólares” donde nos indica que en el año 2021 se exportaron cerca de 20.762 toneladas de carne, 2.995 toneladas de productos lácteos y otros miles de animales bovinos vivos, lo cual convierte a ese año en uno de los mejores para el sector pecuario. Para el caso de Córdoba, el artículo “La economía ganadera en el departamento de Córdoba” publicado por el banco de la república, nos dice que Córdoba posee cerca del 10% de todo el ganado del país, y cerca de un 30% de la región caribe, además de ser también un exportador a otras regiones de la misma Colombia.

En un mundo enfocado cada vez más a la masificación de las cosas y a la digitalización de los procesos, el sector ganadero no puede quedarse atrás. Gracias al crecimiento que ha tenido la ganadería en el sector, las nuevas tecnologías de control, conteo y gestión han sido una opción viable para los ganaderos, gracias a su fácil gestión, bajo costo y alta eficiencia, dando una solución para todas estas problemáticas, si todo esto simplemente se ignora, podría traer consecuencias fatales, no solo para el ganadero en cuestión, sino para su personal también, y a grandes rasgos podría afectar la economía de una región específica o de todo un país.

En el artículo de opinión, “La digitalización del sector ganadero: Una rentabilidad asegurada” tomada de la revista alimentaria, Miguel Ángel Velasco, director de Ganadería Cumbres de Guadarrama, nos dice que “esta digitalización ayuda a los pequeños ganaderos a ser más competitivos y les permite dar a conocer a los consumidores la gran calidad que ofrecen sus productos.” Refiriéndose a la digitalización de todos los procesos dentro del sector ganadero, dándonos importantes ventajas al hacer este gran paso. En el sector agroganadero, no sumarse a la revolución de la digitalización, significa, ni más ni menos, la lenta agonía de nuestras zonas rurales, la emigración de jóvenes formados y el abandono de las explotaciones, afirma Francisco Javier Peinado Rodríguez, en su artículo “el reto de la digitalización en la agricultura y la ganadería- 2018”. Así que se podría afirmar que es una necesidad de cada ganadero dar este gran salto y sumarse a que su negocio no fracase.

Es por esto, que nació la iniciativa de la creación de este prototipo donde la Universidad Pontificia Bolivariana podrá estar en la vanguardia de la innovación de nuevas tecnologías en el área de la ganadería y prueba de esto es el presente trabajo de grado. Centrado en la transmisión y adquisición de datos a través de antenas 125Khz RFID, de una manera cómoda y de bajo costo para el ganadero.

## 2. Marco teórico/estado del arte:

### 2.1 Marco teórico:

#### 2.1.1 Capítulo 1: Ganadería bovina o vacuna

El ganado vacuno o bovino es aquel tipo de ganado que está representado por un conjunto de vacas, bueyes y toros que son domesticados por el ser humano para su aprovechamiento y producción; es decir esta clase abarca una serie de mamíferos herbívoros domesticados por el hombre para satisfacer ciertas necesidades bien sea alimenticias o económicas. El ser humano puede generar grandes ganancias en la crianza de estos animales debido a que puede obtener diversos elementos de ellos como su carne, piel o leche, por ende, se puede decir que el ganado vacuno es una de las mejores inversiones económicas en cuanto a la crianza de animales se refiere; además generalmente sus derivados son utilizados para la realización de otros productos de uso humano. (Concepto Definición, 2022)



*Figura 1. Ganado bovino o vacuno. (Concepto Definición, 2022)*

#### 2.1.2 CENSO BOVINO EN COLOMBIA:

La población bovina en el país está distribuida en 633.841 predios y totaliza 29.301.392 animales, lo cual representa un incremento de un 4,7%, respecto a 2021. De manera similar, que el año anterior, el 68,6% del total de ganado bovino se concentra en los mismos diez departamentos, Antioquia (11,2%), Córdoba (7,8%), Meta (7,8%), Caquetá (7,5%), Casanare (7,5%), Santander (5,7%), Magdalena (5,5%), Cesar (5,5%), Bolívar (4,9%) y Cundinamarca (5,0%).

El número de predios a nivel nacional aumento en 0,07%, respecto al total de predios del año anterior, y es consistente con el incremento en el número total de cabezas de ganado bovino. De los 633.841 predios en el país, el 69,8% se concentra en diez departamentos del país de Boyacá

(13,8%), Cundinamarca (12,9%), Antioquia (10,3%), Nariño (7,4%), Santander (6,8%), Córdoba (5,0%), Tolima (3,8%), Cauca (3,3%), Caquetá (3,3%) y Meta (3,2%). (ICA, 2022)

### 2.1.3 Diferencias entre el ganado productor de leche y de carne:

La forma del cuerpo del ganado de carne es rectangular y el área del cuerpo es mayor, por lo que tiene mayor espacio para la acumulación de carne, sin embargo; el ganado de leche tiene la característica de tener el cuerpo triangular, con poca musculatura y grandes ubres.

El ganado lechero, utiliza para la producción de leche casi todos los nutrientes que ha consumido, a diferencia del ganado de carne, que los puede almacenar en su cuerpo en forma de carne y grasa.

Si comparamos la conformación ósea del ganado de carne y el lechero, podemos decir que el bovino de leche posee huesos delgados y un cuero fino, viéndose flacos y angulosos, a diferencia del bovino de carne que posee huesos y cuero más gruesos, con acumulación de grasa, por lo que se ven más robustos y curvilíneos. (ContextoGanadero, 2022)

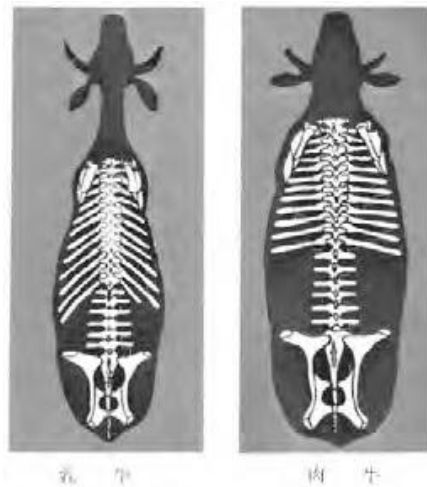


Figura 2. Diferencia física entre ganado lechero y de carne. (BARRUECO, 2022)

### 2.1.4 Trazabilidad del ganado bovino en Colombia:

En Colombia, gracias a la Ley 914 de 2004 se crea el Sistema Nacional de Identificación e Información de Ganado Bovino, un programa a través del cual, se dispondrá de la información de un bovino y sus productos, desde el nacimiento de éste, como inicio de la cadena alimenticia, hasta llegar al consumidor final; Este sistema está a cargo del Gobierno Nacional

a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán) como entidad administradora. Dentro de los objetivos más significativos de este programa, podemos encontrar los siguientes:

- Lograr la identificación plena del ganado bovino, por medio de la creación de una base de datos nacional.
- Servir de herramienta para el desarrollo de las políticas de salud pública, que permitan garantizarle al consumidor el origen y calidad de los productos ofrecidos.
- Servir de punto de apoyo para el desarrollo de la producción, distribución y comercialización interna y externa de la ganadería bovina.
- Servir como soporte para el desarrollo de programas en materia de salud animal en el subsector bovino.
- Servir como base de información para el mejoramiento genético de la ganadería bovina colombiana.
- Dar valor agregado al producto de origen bovino nacional, haciéndolo más competitivo frente a otros productos alternativos. (Fedegran, 2022)

## **Capítulo 2. Identificación por radiofrecuencia RFID:**

La RFID es un sistema de identificación de productos que puede parecer similar al código de barras tradicional, pero cuenta con grandes ventajas. A diferencia del código de barras, que utiliza la imagen para identificar una etiqueta colocada en un producto, la RFID utiliza las ondas de radio para comunicarse con un microchip, que puede estar montado sobre gran cantidad de soportes, como por ejemplo un tag o etiqueta RFID, una tarjeta o un transpondedor. Es posible que no se tenga consciencia de ello, pero en el día a día, probablemente se use algún sistema con tecnología RFID. Al realizar el pago automático de parkings y autopistas, cuando se utiliza una tarjeta de acceso o al comprar una camisa, probablemente se estará usando la tecnología de identificación por radiofrecuencia o RFID. (Tecniapiensa, 2022)



Figura 3. Código de barras y etiqueta RFID. (Tecnipensa, 2022)

Estos microchips, cuentan con una gran capacidad de almacenamiento de datos, por lo que permitirán guardar mucha más información que las etiquetas de código de barras tradicional. Su tecnología hace que sean muy difíciles de duplicar lo que aumenta su seguridad y, además, permiten realizar la lectura de forma prácticamente instantánea, a distancia y sin necesidad de línea de visión.

Gracias a estas características, los operarios contarán con mayor libertad y trabajarán con mayor eficiencia al reducirse los movimientos que deben realizar. Al mismo tiempo, alarga la vida de las etiquetas al evitar que se dañen gracias a la lectura sin contacto. Así mismo, algunas de las etiquetas RFID pueden ser reescritas, alargando todavía más su vida útil. (Tecnipensa, 2022)

### 2.2.1. Funcionamiento:

Las soluciones RFID se componen de una antena RFID, un lector RFID (Transceiver) y una etiqueta RFID (RF-tag). Dependiendo del tamaño del almacén y de su configuración. También pueden ser necesario instalar arcos de lectura o portales RFID.

Al pasar la mercancía, la antena detecta el Tag o la etiqueta inteligente y emite una señal al lector, que es quien valida la información contenida en la etiqueta. El lector, a su vez, envía la información al sistema central del cliente (ERP), donde se actualizan los datos al momento. Datos que se transmiten de manera segura, reduciendo así los posibles errores que se darían de otro modo.

¿En qué se traduce esa seguridad? En que son muchos los almacenes de logística que utilizan este tipo de tecnología, ya que mejora la trazabilidad de los productos que se tratan en estos lugares. Pero también es muy recomendable en sectores como el de la sanidad, donde una confusión de datos podría tener graves consecuencias para el paciente; o en ámbitos como el de la seguridad, entre otros. (Tecnipensa, 2022)

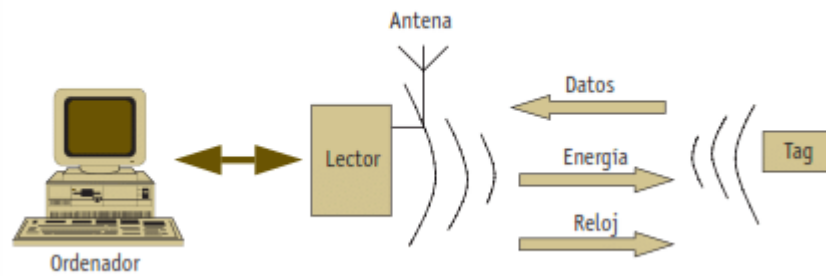


Figura 4. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo. (ResearchGate, 2022)

## 2.2.2. Aplicaciones:

Son diversas, pero entre otras cabe mencionar las siguientes:

### 2.2.2.1. RFID en Logística y control de inventarios:

Donde el seguimiento de cada uno de los productos que entra y sale del almacén, unido a los que se devuelven, debe estar perfectamente documentado. Un sistema de RFID aplicado a este ámbito reduce, casi al 100% los errores que se cometen con otro tipo de sistemas, sin olvidar que los datos se obtienen al momento, con lo que eso agiliza las cosas. (Tecnipiensia, 2022)



Figura 5. RFID en control de inventarios. (Mecalux Esmena, 2022)

### 2.2.2.2. RFID en Alimentación:

Éste es un sector donde, por un lado, tener controladas las fechas de envasado y caducidad son esenciales para garantizar la seguridad de las personas que lo consumen, pero también los números de lote de los productos, de manera que se sepa, en todo momento, dónde se ha fabricado, dónde se ha distribuido y vendido para que, en caso de tener que retirarlo, esté completamente localizable. (Tecnipiensia, 2022)





Figura 6. RFID en el sector alimenticio. (Trace ID, 2022)

### 2.2.2.3. RFID en Ganadería:

Al igual que en el sector de la alimentación, en el de la ganadería se utiliza este tipo de tecnología para identificar tanto el estado de salud del animal cuando está en vida (número de vacunas, peso, tipo de alimentación, etc.), como para cuando ya ha sido sacrificado. En caso de que hubiera problemas con los animales, ese número de identificación ayudaría a resolver lo antes posible el problema. (Tecnipiensa, 2022)



Figura 7. RFID en la ganadería. (SIMA, 2022)

### 2.2.2.4. RFID para control de accesos:

Tanto para controlar el número de personas que entran, como para saber si la entrada que tienen es falsa o no. (Tecnipiensa, 2022)



Figura 8. RFID para control de acceso. (Amazon, 2022)

#### **2.2.2.5. RFID en la industria:**

Con el objetivo especial de automatizar procesos, reducir errores, tiempos de ejecución y mejorar así las condiciones laborales de los trabajadores, consiguiendo una empresa más eficaz. (Tecnipiensia, 2022)



Figura 9. RFID en la industria (Autycom, 2022)

#### **2.3. Principales sistemas RFID según frecuencia:**

Los sistemas RFID existentes en el mercado actualmente se clasifican dependiendo del uso que se les vaya a dar. Dependiendo de la banda de frecuencia que operan encontramos diferentes sistemas: low frequency (LF), high frequency (HF / NFC)) y ultra-high frequency (UHF). También hay dos grandes categorías de sistemas, RFID pasivo y RFID activo. En las siguientes secciones se ampliará esta información. (Dipole RFID, 2022)

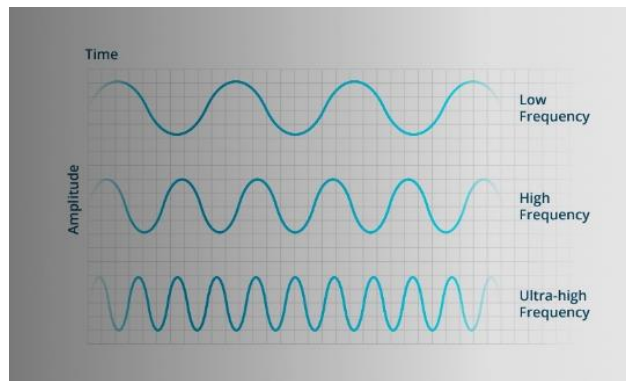


Figura 10. Frecuencias RFID. (Dipole RFID, 2022)

### 2.3.1. Frecuencia:

La frecuencia hace referencia al tamaño de onda usado para comunicarse entre los componentes. Los sistemas RFID que existen en el mundo operan en baja frecuencia, alta frecuencia o hiper alta frecuencia. Las ondas de radio son diferentes en estas frecuencias y hay ventajas o desventajas al utilizar estos anchos de banda. Por ejemplo, un Sistema RFID de baja frecuencia, tiene menos capacidad de transmisión de datos, pero aumenta la capacidad de ser leído cerca del metal o líquidos. Si un sistema opera en una frecuencia más alta, generalmente transmiten datos de manera más rápida y a más distancia de detección, pero las ondas de radio son más sensibles a interferencias causadas por líquidos y metales en el ambiente. Sin embargo, las últimas innovaciones tecnológicas en los últimos años permiten que los sistemas RFID UHF (ultra-high frequency) sea posible utilizarlos en entornos con líquidos y con metales. (Dipole RFID, 2022)

#### 2.3.1.1. Baja Frecuencia (LF) RFID:

La banda LF cubre frecuencias entre 30KHz a 300Khz. Los sistemas típicos de LF RFID funcionan con 125 KHz o 134 KHz. Esta frecuencia proporciona un rango de lectura corto, unos 10 cm, y la velocidad de lectura es lenta. Resiste mucho a las interferencias externas.

Las aplicaciones RFID típicas de LF son el control de accesos y el control animales.

Las normas estándar para sistemas de trazabilidad para animales están definidas en la ISO 14223, y ISO/IEC 18000-2. El espectro LF no es considerado una frecuencia para aplicaciones globales debido a las diferentes frecuencias y potencias de lectura en las que se trabaja alrededor del mundo. (Dipole RFID, 2022).

#### 2.3.1.2. Alta Frecuencia (HF) RFID:

Los rangos de las frecuencias HF van de 3 a 30 MHz. La mayoría de los sistemas RFID HF funcionan con 13,56 MHz con rangos de lectura entre

10cm y 1m. Las interferencias afectan de manera moderada a los sistemas HF.

Los sistemas HF son comúnmente usados para ticketing, pagos y aplicaciones de transferencia de datos.

Hay unos cuantos estándares para HF RFID, la ISO 15693 es el estándar para la trazabilidad de objetos, el ECMA-340 y ISO/IEC 18092 son para el NFC (Near Field communication), una tecnología con ratio de lectura corto usado para el cambio de datos entre aparatos. Los estándares MIFARE son la ISO/IEC 14443 A y ISO/IEC 14443, que se utiliza en los smart cards, y los JIS X 6319-4 para FeliCa que se utiliza normalmente en las tarjetas con sistemas de pago. (Dipole RFID, 2022)

### **2.3.1.3. Ultra-Alta Frecuencia (UHF) RFID:**

Los sistemas UHF cubren rangos de frecuencia desde 300Mhz a 3Ghz. Los sistemas RAIN RFID cumplen con la norma UHF Gen2 estándar que usa las frecuencias 860 a 960 MHz. Hay diferencias de variación entre regiones, la mayoría de ellas operan entre 900 y 915 MHz.

Los sistemas de lectura RFID UHF pueden llegar a más de 12 metros, tienen una transmisión de datos muy rápida y son muy sensibles a interferencias. Pero hoy en día, la mayoría de los fabricantes de productos RFID, han encontrado la manera de diseñar tags, antenas y lectores que dan un alto rendimiento en entornos complejos. Los tags UHF son más fáciles y económicos de fabricar comparados con los LF y HF.

Los sistemas RAIN RFID UHF son utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Desde inventarios en tiendas hasta la identificación de medicamentos para su protección. La mayoría de los proyectos RFID actualmente utilizan la tecnología UHF (RAIN RFID), convirtiéndose en el segmento de mercado que más crece.

La frecuencia UHF es regulada por un estándar global llamado EPC global Gen2 (ISO 1800-63) estándar UHF. (Dipole RFID, 2022)

### **2.3.2. Sistemas RFID Pasivos, Activos y BAP:**

Los sistemas RFID activos los tags transmiten su propia señal con la información que tienen almacenada en el chip porque tienen potencia propia. Normalmente esta fuente de potencia son baterías. Usualmente los sistemas RFID activos operan en frecuencias UHF y ofrecen un rango de lectura de más de 100 metros. Suelen usarse en objetos muy grandes como vagones, contenedores o productos que tienen que estar controlados en grandes espacios. (Dipole RFID, 2022)

## **2.4. Tags RFID**

Las etiquetas RFID son un componente fundamental de cualquier sistema de trazabilidad interna. Utilizan la radiofrecuencia para transmitir la información contenida en ellas a un lector y poder así identificar un activo.

utilizan tecnología de radiofrecuencia para su seguimiento y localización. Mediante la radiofrecuencia, los tags transmiten datos desde la etiqueta al lector, el cual recibe

la información y es usada en conveniencia. Los tags RFID tienen multitud de usos, como rastrear o identificar vehículos, artículos, mascotas e incluso pacientes.

Están compuestos por una antena, un transductor de radio y un material encapsulado o chip. El propósito de la antena es permitirle al chip transmitir la información de identificación contenida en el chip.

Los tags o etiquetas RFID se colocan en objetos y, a menos que sean tags RFID activos, esperan a que el lector las lea o las interroge. Normalmente tienen uno o más bancos de memoria para almacenar información diversa e identificadores únicos. (NextPoints, 2022)



Figura 11. Tipos de tag RFID (Traza Identificación, 2022)

## 2.5. Lector RFID:

Un lector de RFID es también conocido como interrogador.

El principal objetivo de un lector de RFID es transmitir y recibir señales, convirtiendo las ondas de radio de los tags en un formato legible para las computadoras.

Los lectores RFID pueden suministrar energía a los tags RFID pasivos. Los lectores pueden ser unidades autónomas conectadas a antenas, unidades portátiles con antenas integradas, en placas miniatura montadas dentro de impresoras, o integrados en grandes dispositivos.

El lector es necesario para transmitir energía al tag, para recibir desde el tag los datos correspondientes a las comunicaciones, y para separar estos dos tipos de señales.

La mayoría de lectores son capaces de leer y escribir a un tag. La función lectora lee datos almacenados en el chip del tag. Del mismo modo, la función escritora escribe los datos pertinentes sobre el chip del tag. (Telectronica, 2022)



Figura 12. Lector RFID Rc522

## 2.6. Antenas RFID:

Las antenas RFID son utilizadas para identificar con facilidad los productos, materiales, medicamentos y otras mercancías en almacenes, distribuidores o líneas de producción. Las antenas RFID son el intermediario necesario para que los lectores RFID puedan transmitir la señal de radiofrecuencia y recibir la información devuelta por las etiquetas RFID o TAG de forma efectiva. Posteriormente, esta información será transmitida a su Sistema de Gestión de Almacenes o ERP. (Tecnipesa, 2022)



Figura 13. Antena AN440 (Zebra, 2022)

## Capítulo 3. Python

Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en las aplicaciones web, el desarrollo de software, la ciencia de datos y el machine learning (ML). Los desarrolladores utilizan Python porque es eficiente y fácil

de aprender, además de que se puede ejecutar en muchas plataformas diferentes. El software Python se puede descargar gratis, se integra bien a todos los tipos de sistemas y aumenta la velocidad del desarrollo. (Aws Amazon, 2022)



Figura 14. Logotipo de Python (Technocio, 2022)

### 3.1. Características principales:

- **Un lenguaje interpretado:** Python es un lenguaje interpretado, lo que significa que ejecuta directamente el código línea por línea. Si existen errores en el código del programa, su ejecución se detiene. Así, los programadores pueden encontrar errores en el código con rapidez.
- **Un lenguaje fácil de utilizar:** Python utiliza palabras similares a las del inglés. A diferencia de otros lenguajes de programación, Python no utiliza llaves. En su lugar, utiliza sangría.
- **Un lenguaje tipeado dinámicamente:** Los programadores no tienen que anunciar tipos de variables cuando escriben código porque Python los determina en el tiempo de ejecución. Debido a esto, es posible escribir programas de Python con mayor rapidez.
- **Un lenguaje de alto nivel:** Python es más cercano a los idiomas humanos que otros lenguajes de programación. Por lo tanto, los programadores no deben preocuparse de sus funcionalidades subyacentes, como la arquitectura y la administración de la memoria.
- **Un lenguaje orientado a los objetos:** Python considera todo como un objeto, pero también admite otros tipos de programación, como la programación estructurada y la funcional. (Aws Amazon, 2022)

### 3.2. QTdesigner:

Es una herramienta para crear interfaces de usuario de manera fácil y rápida, usando widgets, que solo se arrastran y acomodan. Es una manera de crear la interfaz gráfica de manera visual, sin usar código. (App Game Tutoriales, 2022)

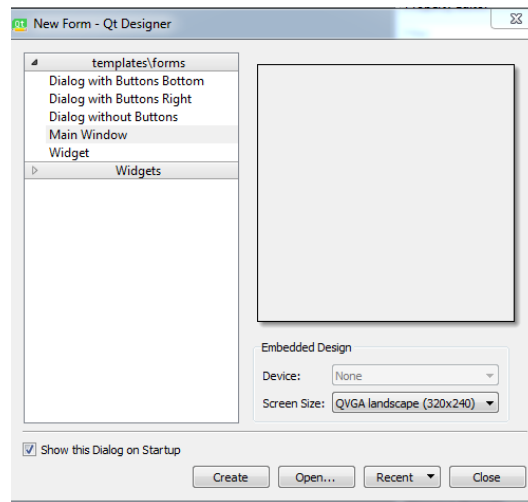


Figura 15. GUI QTDesigner Python

## Capítulo 4. MySQL:

MySQL es un gestor de base de datos relacionales, de fácil manejo e interfaz rápida, tiene la ventaja de ser gratuita y la más conocida en internet para aplicaciones que no se requieran inversión monetaria para su implementación.

Puede ser manejada con pocas capacidades de hardware como una PDA o un pc de poca potencia, y para gestionarla se hace necesario el uso del lenguaje de programación estándar SQL o un gestor o administrador de base de datos, como por ejemplo XAMPP, que además incorpora otras herramientas. Es una herramienta de software libre y usa una licencia GPL (general public license), para aplicaciones no comerciales.

Funciona muy bien para uso entre diferentes dispositivos, ya sean celulares o computadores.

### 4.1. Lenguaje SQL:

El lenguaje SQL o lenguaje de consultas, es el más utilizado hoy en día para trabajar con base de datos relacionales, entre sus características se encuentra que podemos modificar, agregar, acceder y eliminar objetos de las bases de datos, además de permitir interactuar con información que estén relacionadas entre sí. También tiene la ventaja de ser un lenguaje de alto nivel, por lo que su uso se facilita

## Capítulo 5. Arduino:

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los



diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables DuPont). (Arduino, 2022)



*Figura 16. Placa Arduino UNO*

Una placa electrónica es una PCB (“Printed Circuit Board”, “Placa de Circuito Impreso” en español). Las PCBs superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual consta de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico. Por lo tanto, la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna. De esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite. (Arduino, 2022).

## **2.2. Estado del arte**

En la UNIVERSIDAD DE LOUISIANA se realizó el trabajo de investigación en el 2005 por Michael A. Jones, David C. Wylde, Jeff W. Totten titulado “La adopción de la tecnología RFID en la cadena de suministro minorista”. Este artículo examina la evolución actual de la adopción de la tecnología RFID en la cadena de suministro del comercio minorista. Se explica qué es la tecnología de radiofrecuencia (RFID) y su funcionamiento. Se describen las ventajas de esta tecnología para los minoristas en contraste con el código de barras. Aunque la tecnología es prometedora para los minoristas, presenta una serie de problemas, que se describen a grandes rasgos. Por último, el artículo identifica las necesidades de investigación en relación con la nueva tecnología. (Michael A. Jones, 2005)

A nivel nacional los modelos de alusión disponibles fueron hallados en la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA (UPB) SELECCIONAL BUCARAMANGA, donde fue publicada el trabajo de pregrado por Carlos Alberto Velasco Gil, Oscar Andres Lopez Anaya en el año 2009, el cual se realizó “Implementación de sistema RFID para registro de componentes del laboratorio de la UPB”. En este proyecto se realiza la implementación del sistema RFID en el laboratorio de la facultad de ingeniería electrónica, así

permitiendo una agilidad y calidad del servicio en el laboratorio al momento de la solicitud del prestamos de los equipos. (López, 2013)

De esta misma manera, en Bogotá se realizó en la UNIVERSIDAD SANTO TOMAS en la facultad de ingeniería electrónica, en modalidad de proyecto de investigación en pregrado por los estudiantes Erika Valentina Moya Porras Carol Tatiana Botia Barragán el cual presentaron “Diseño e implementación de una tarjeta electrónica para el registro y supervisión de ganado bovino”. Este documento muestra el diseño e implementación de una tarjeta electrónica con tecnologías inalámbricas para registrar y supervisar ganado bovino, visualizando datos específicos del animal en una aplicación móvil. (Moya Porras, 2021)

Como proyectos en Montería, encontramos que la UNIVERSIDAD DE CORDOBA, realizó el proyecto de investigación “Implementación de un sistema de identificación orientado a la web para el control y seguimiento pecuario de una finca con el uso de tecnología RFID” por el estudiante Remberto Ballestas Ávila en el 2019. El presente proyecto de investigación se inicia con el fin de desarrollar un producto “software” de sistema para la automatización de una finca del sector pecuario; en el cual se realice por medio de un sistema automático la identificación de ganado en todo el ámbito productivo, el cual haga que se ejerza y realice la gestión sistemática de fortalecer los procesos de control, inventario, horarios e identificación, entre otros. (ÁVILA, 2019).

Por último, se incluyó el proyecto SIMULACIÓN EN MATLAB DE UN SISTEMA DE GESTIÓN GANADERO UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID realizado en la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, Seccional Montería, por los estudiantes José Carlos Sánchez Niño y Daniel Alejandro Vivero Vieira en el año 2013, Este proyecto consiste en simular un sistema ganadero real, con el fin de determinar la viabilidad de este sistema para ser utilizado en un campo ganadero, se inició primeramente buscando las variables necesarias para obtener estos datos, y determinando que tipo de antenas y lectores podrían utilizarse dependiendo del rango de lectura, el ambiente donde se iban a montar, etc. Se siguió después con decidir los escenarios aptos para simularlos teniendo en cuenta la viabilidad en ciertos terrenos y la facilidad con que serian acogidos este tipo de sistemas. Por ultimo se realizó la base de datos en MySQL teniendo como datos en tabla la trazabilidad y datos importantes de los ganados en general.

### **3. Metodología**

En este proyecto se realizó un prototipo a pequeña escala para un sistema de gestión ganadero, utilizando la tecnología RFID para la identificación de los bovinos.

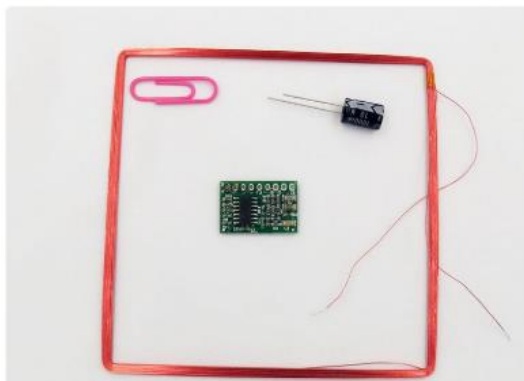
Este prototipo permite determinar la viabilidad de implementación del sistema anteriormente dicho, a una escala más grande.

Este proyecto se llevó a cabo en 7 etapas: la primera etapa se planteó una investigación en base a la tecnología RFID; además, se analizaron las características de las antenas y las tarjetas que serían de utilidad para este campo simulado. En la segunda etapa se determinaron las variables que se manejan en la gestión ganadera para así registrarlas en una base de datos cuya información se encuentre almacenada en cada tarjeta; para la siguiente etapa se evaluó y se determinó el dimensionamiento a trabajar para el proyecto, teniendo en cuenta las características tecnológicas de los sistemas RFID utilizados. En la siguiente etapa se empezó a realizar y guardar en la base de datos y, además, se inició con la realización de la interfaz gráfica en Python con el módulo PyQT5 para realizar la conexión entre las 2 mencionadas; en la quinta etapa se obtuvo un análisis los parámetros de radiación y detección de cada una de las antenas para una mejor ubicación en el campo simulado. En la siguiente etapa, se procede armar el ambiente simulado con las antenas y las tarjetas; por último, se hacen las pruebas de área requeridas, rango de antenas y tarjetas, eficiencia de lectura y se corrigen los errores que se puedan presentar hasta obtener los resultados satisfactorios.

### **Etapa 1: Estudio e investigación de la tecnología RFID**

Durante esta fase se investigó sobre las tecnologías RFID, tarjetas y antenas, y se consultó sus manuales para diferenciar el alcance, frecuencia que se necesita, además del número de antenas y tarjetas inteligentes.

- Antenas: Después de investigar sobre los diferentes tipos de antenas, estudiar sus frecuencias y los rangos de detección, se decidió que para este campo simulado utilizar la antena 125Khz RFID *Long Distance Reader Module* por sus características de alcance y rango de lectura.



○  
• *Figura 17. Antena ELI25HDK. (ElectroDragon, 2022)*

Las especificaciones de esta antena (kit) son las siguientes:

- Decodificación de CPU integrada, número de tarjeta de salida de nivel TTL de 9600 baudios de puerto serie directo, también puede elegir el número de tarjeta de salida Wiegand 26.
- Viene con una salida para buzzer, e caso de necesitarlo.
- Tamaño del módulo 16 \* 24 MM, ideal para aplicaciones donde no se limite el espacio.
- El módulo utiliza un pasador de paso común de 2,54 mm, se puede integrar fácilmente en varios sistemas.
- Suministro de voltaje amplio de 3,5 V a 6 V, corriente de aproximadamente 25 mA.
- La antena de bobina de 45 mm de diámetro puede alcanzar una distancia de lectura de 25 cm.
- Recomendación: Utilizar la antena de bobina de 97 mm (rectangular) para alcanzar los 40 CM. (ElectroDragon, 2022)
- Tarjetas: Después de investigar sobre los diferentes tipos de tarjetas lectoras y estudiar sus características, se determinó que las tarjetas a utilizar para este campo simulado serían las tarjetas de proximidad de 125Khz Thick card ya que son las más compatibles y las más aptas para estos estándares que se han determinado, además de alcanzar el mayor rango permitido por la antena y el lector.



*Figura 18. Tarjeta de proximidad 125KHz.*

## **Etapas 2: Variables que se manejan en la gestión ganadera**

Para esta etapa se investigaron las distintas variables que se pueden manejar en la gestión ganadera. Se encontraron las siguientes variables: ID, ID designado, Nombre (en caso de requerirlo), sexo, edad, tipo de ganado, fecha de entrada, y fecha de nacimiento. Para las variables raza y peso; se investigaron en promedio que razas se encontraban en el territorio cordobés y también, cual es el promedio estimado de cada animal, dependiendo de la edad que se tenía registrada. Todo

esto con el propósito de proporcionar una tabla que cumpla estos requerimientos en MySQL.

### Etapa 3: Dimensionamiento

Para este prototipo se desea llegar a pruebas en campos simulados. Por temas presupuestales y de rango se llegó a la decisión de hacer dicho campo simulado a una escala pequeña. También, se decidió que las antenas tendrán una ubicación fija, en cada esquina del área a evaluar. Esto se determinó por los parámetros de detección y radiación que poseen las antenas. Por último, se estimó un área en este campo para ubicar el Arduino UNO y hacer uso de canaletas para la conexión Arduino – antena.

### Etapa 4: Base de datos e interfaz grafica

- **Base de datos MySQL:**

En esta etapa se hará necesario el uso del paquete de software libre XAMPP, el cual contiene las herramientas necesarias para gestionar una base de datos, la imagen relacionada se muestra a continuación.

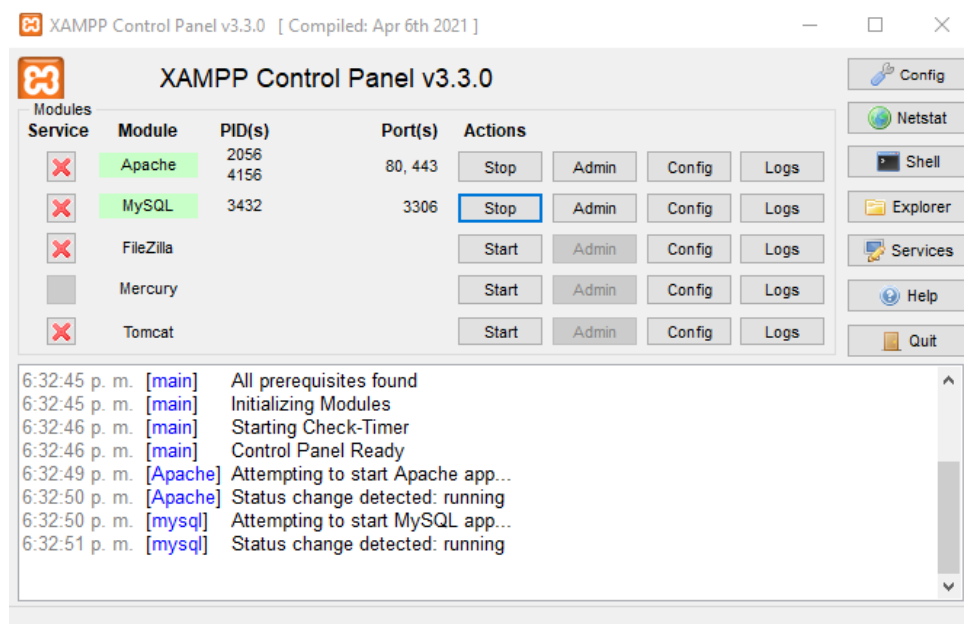


Figura 19. Panel de control XAMPP

Con esta herramienta se habilita la base de datos, la cual se nombró “gestión de ganado” con una única tabla llamada “tabla\_ganado”

Dentro del localhost de XAMPP se encuentran muchas herramientas que pueden ser bastante útiles en otros proyectos donde se requiera base de datos, pero para esta aplicación solo usaremos su gestor (phpMyAdmin)



## Welcome to XAMPP for Windows 8.1.12

You have successfully installed XAMPP on this system! Now you can start using Apache, MariaDB, PHP and other components. You can find more info in the FAQs section or check the HOW-TO Guides for getting started with PHP applications.

XAMPP is meant only for development purposes. It has certain configuration settings that make it easy to develop locally but that are insecure if you want to have your installation accessible to others.

Figura 20. Localhost de XAMP accedido desde el navegador.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'gestion de ganado'. The table 'tabla\_ganado' is selected, and the following SQL query is displayed: `SELECT * FROM `tabla_ganado``. The table contains 5 rows, with the first 4 rows visible. The columns are: ID, ID\_designado, Nombre, Sexo, Edad, Tipo\_de\_ganado, Fecha\_de\_entrada, and Fecha\_de\_nacimiento.

ID	ID_designado	Nombre	Sexo	Edad	Tipo_de_ganado	Fecha_de_entrada	Fecha_de_nacimiento
484949515356495456572133	001	NULL	Hembra	3	Bovino	2022-11-20	2019-09-26
484949515356555165671493	003	NULL	Macho	4	Bovino	2022-11-30	2018-11-25
48494951535656516851263	002	NULL	Macho	7	Bovino	2021-10-07	2014-11-03

Figura 21. Base de datos con variables solicitadas

Para esta aplicación, se hace la lectura del ID de cada tarjeta para asignarlos a una primary key en la base de datos que en este caso es el ID único de cada animal y se le designó otro asociado para poder realizar consultas.

## Interfaz Gráfica:

Para esta tarea, se decidió usar la biblioteca grafica PyQt5, integrada en Python, junto con su herramienta QtDesigner para armar una interfaz gráfica, esto debido a que es una librería completa que ofrece herramientas mucho más factibles y adecuadas para lo que se necesita.



Figura 22. Interfaz gráfica hecha en QtDesigner

Esta interfaz presenta tres ventanas, desde los cuales se pueden monitorear el estado del ganado y añadir nuevos a la base de datos.



Figura 23. Primera ventana de la interfaz

Permite registrar nuevos animales y verificar el estado del ganado.

The screenshot shows a software window titled 'MainWindow' with a sub-header 'Registro de nuevos animales'. On the left is a form with the following fields: ID, PESO, TIPO DE GANADO, FECHA DE ENTRADA, FECHA DE NACIMIENTO, RAZA, SEXO, and a large DETALLE text area. At the bottom of the form are 'Aceptar' and 'Eliminar animal' buttons. On the right is a search bar labeled 'Buscar' and a table with columns 'ID', 'Sexo', and 'Edad'. The table contains two rows of data.

ID	Sexo	Edad
23031313335383733...	Masculino	5
23031313335383136...	Femenino	2

Figura 24. Ventana de registrar nuevo ganado

Esta parte se conecta a la base de datos y toma los datos de los campos en blanco y los relaciona a la Según el índice de cada columna.

This screenshot is identical to the previous one, but with an error dialog box overlaid in the center. The dialog box has a red 'X' icon and the text 'Error' and 'Ingrese todos los datos solicitados'. There is an 'OK' button at the bottom right of the dialog.



Figura 25. Mensaje de error

Si hay algún campo en blanco salta este mensaje de error, de lo contrario observamos un mensaje de datos ingresados exitosamente:

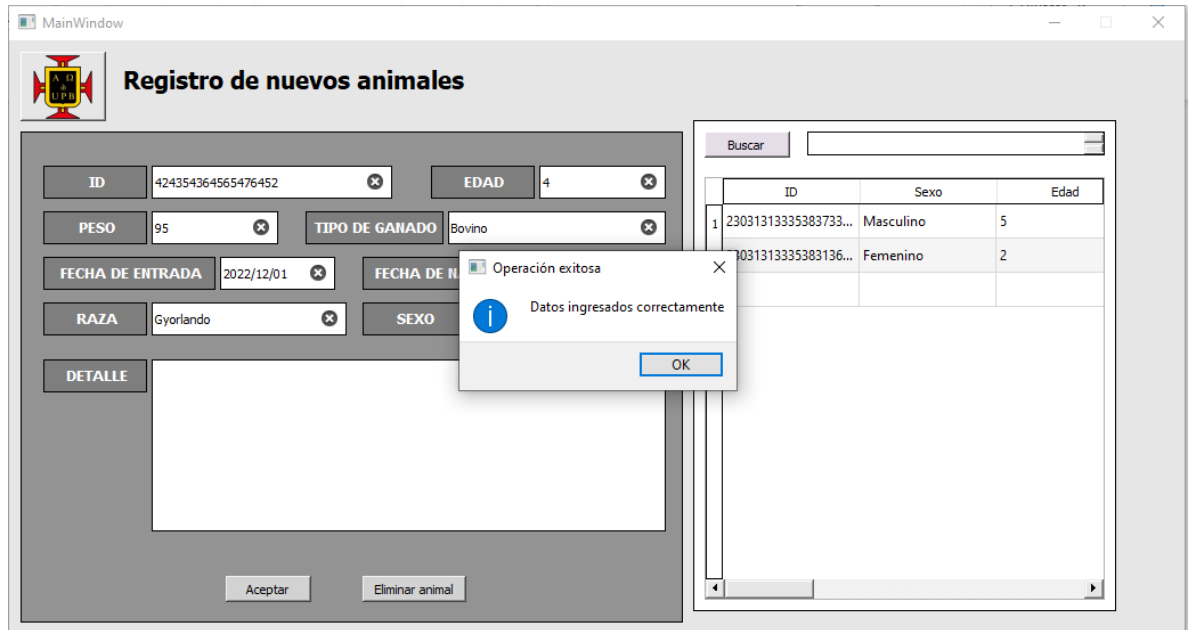


Figura 26. Datos registrados en la interfaz

Para la otra parte, observamos el mensaje que da cuando detecta y no detecta a un animal.

```
Vaca 003 - Hector se ha salido de la granja
Vaca 001 - Lucy se ha salido de la granja
Vaca 002 - Gregorio se ha salido de la granja
```

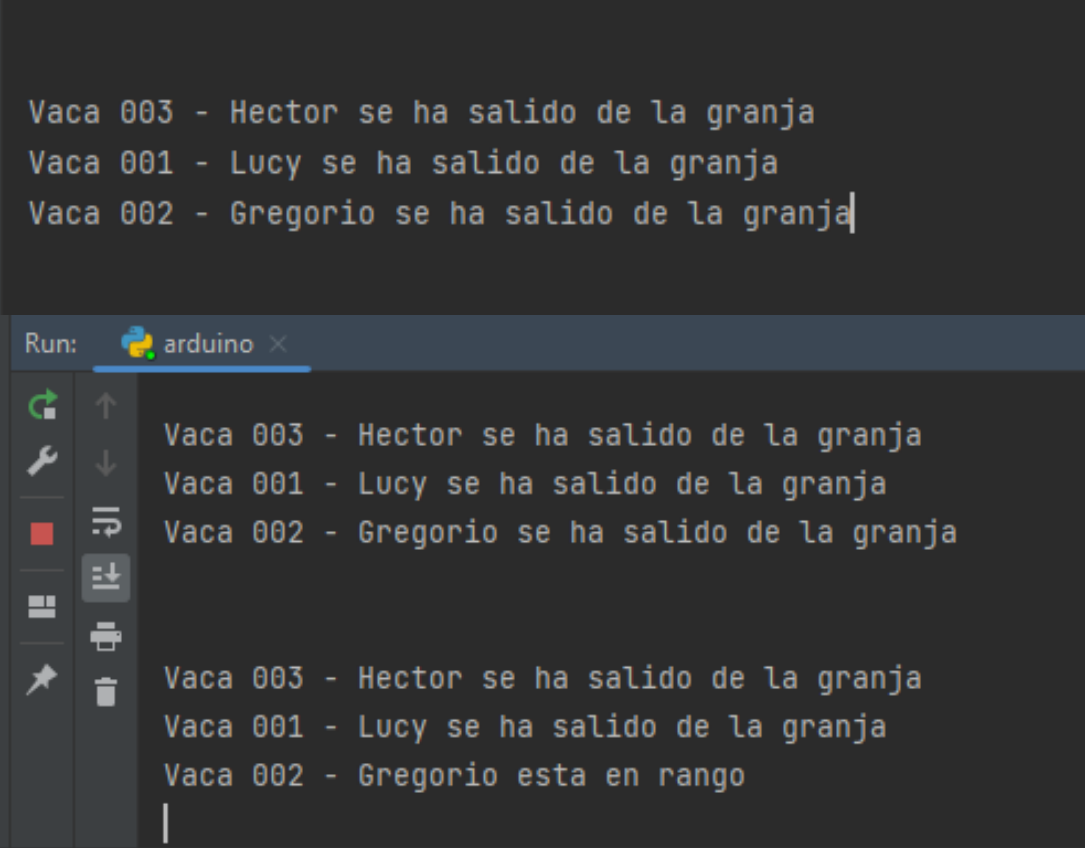


Figura 27. Estado del ganado

Estos datos son tomados directamente desde Arduino, a través de Python con la librería pyserial, que permite escoger un puerto serial y una velocidad de transmisión, para leer un sketch cargado directamente a la placa de Arduino. Ya leyendo el puerto serial se hace la lógica respectiva en Python para mostrar lo obtenido. El código y sketch lo encontrarán en los documentos adjuntos.

### **Arduino:**

Para esta fase se llegó a programar la placa Arduino UNO solo para la lectura de los módulos a las antenas, con el fin de proporcionar los ID únicos de cada tag. Gracias a la naturaleza de la tecnología del RFID cada tag cuenta con un identificador único, lo que hace que nuestra tarea solo sea leerlos adecuadamente. Para esto, primero se estableció la velocidad de transmisión a 9600 baudios, ya que una velocidad de transmisión más rápida podría provocar que se pierdan datos en el proceso, ya que 125 KHz es una interfaz bastante lenta; y una velocidad de transmisión más baja provocaría que se retrase la comunicación provocando lecturas incorrectas.

Para la lógica se usaron ciclos **while** para leer mientras el tag este en rango de lectura y mostrar un 0 cuando no lo esté. Para posteriormente ser leído por Python y tomar las decisiones respectivas de acuerdo con lo leído.

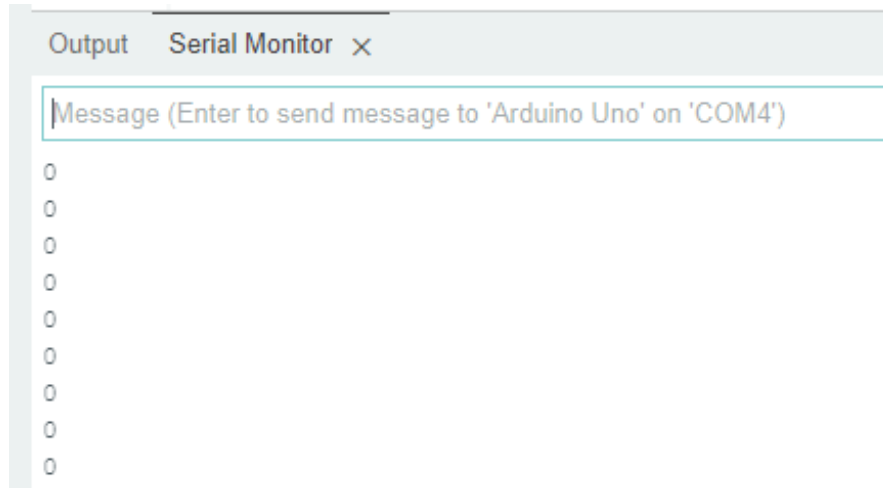


Figura 28. Foto de lectura cuando no hay tags cerca

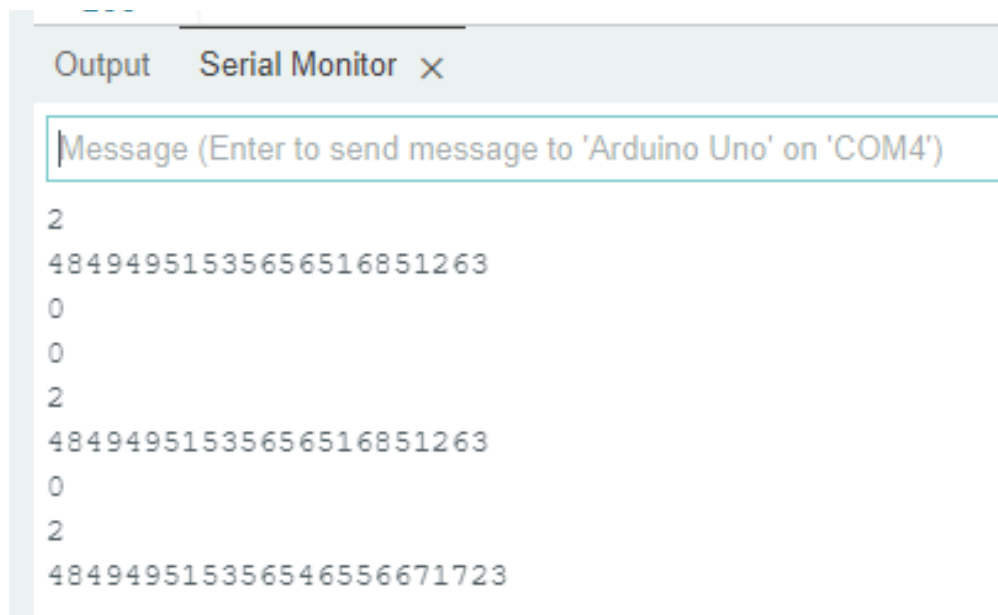


Figura 29. Foto de lectura cuando hay tags en rango

## **Etapas 5: Parámetros de radiación y detección de las antenas**

La antena utilizada tiene 97x97mm de medidas, es tipo cuadrado simple con embobinado. Su patrón de radiación se muestra a continuación:

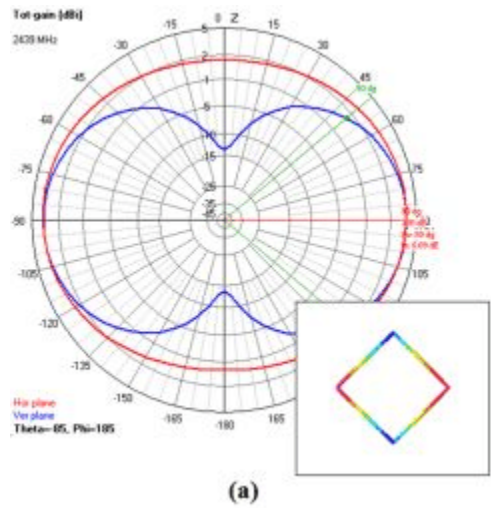


Figura 30. Patrón de radiación para una antena cuadrada simple.

El rango de lectura para esta antena es alrededor de 50cm con las condiciones indicadas, como su propia fuente de alimentación (se sugieren baterías) y con el chip Thickcard diseñada para esta antena, pero con otras condiciones se puede incluso ajustar para un rango menor por si se requiere en otra aplicación.

Para este caso se requirió hacer pruebas de rango y ángulo de lectura por lo cual se procedió a montar las antenas en un campo de prueba antes de montarlas en el ambiente simulado.



*Figura 31. Vaca al frente de la antena*

Observamos que la antena tiene un rango de lectura de frente de *15 cm*



*Figura 32. Vaca a un lado de la antena*

Aquí se observa pérdida de la señal a los 5 cm y un ángulo de hasta  $100^\circ$  estando del lado lateral de la antena para una lectura confiable, y de  $180^\circ$  a la cercanía de 5 cm por lo tanto se confirma el patrón de radiación de una antena de cuadrado simple.

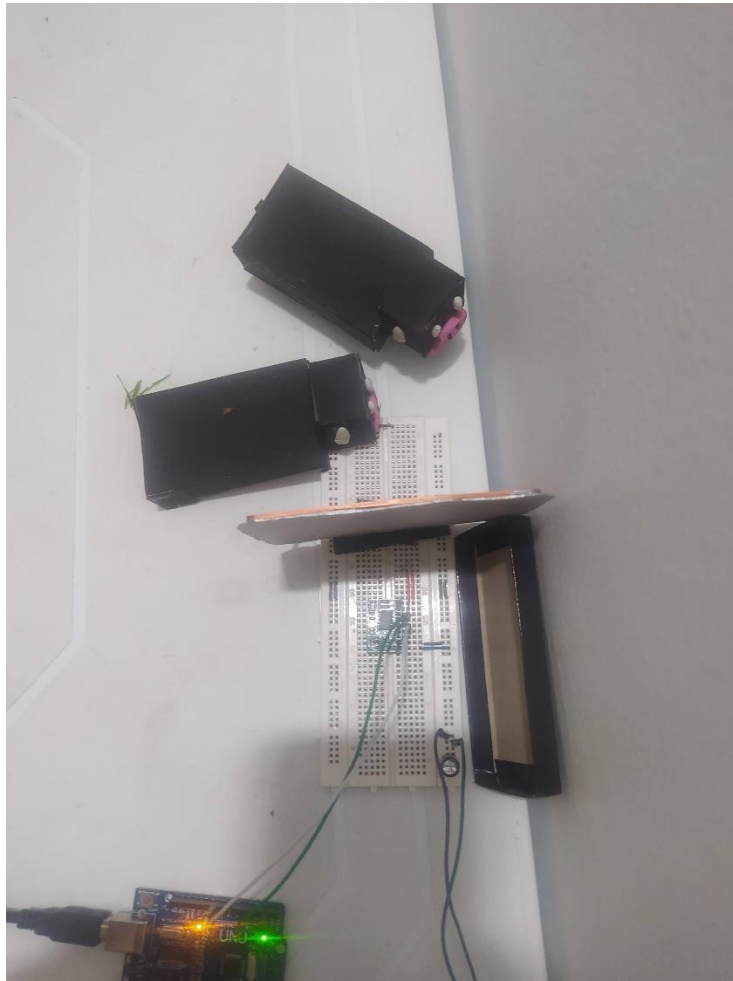


Figura 33. Múltiples vacas en rango del lector

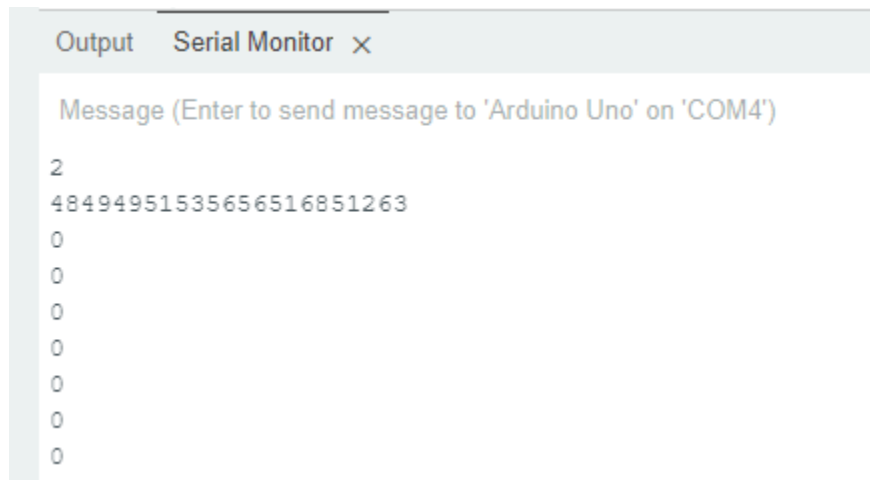
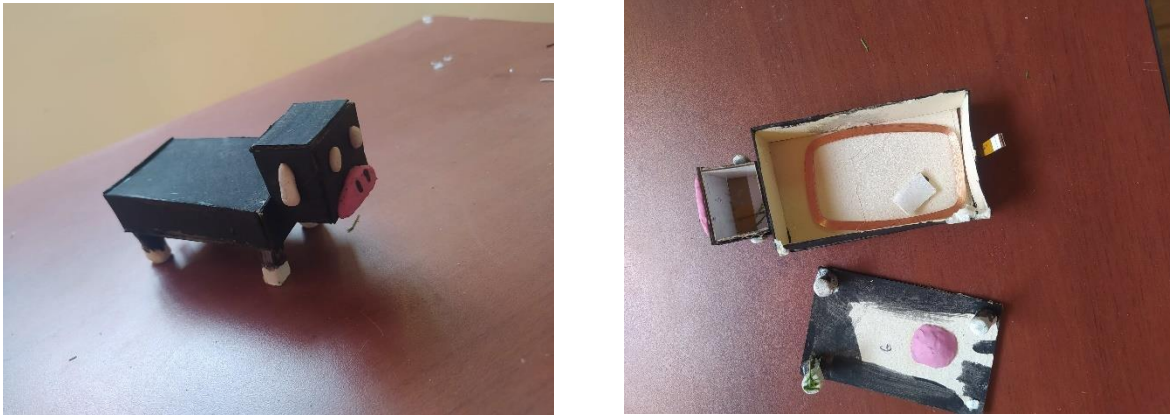


Figura 34. Lectura en el Arduino cuando hay múltiples vacas

Se observa, como en el primer caso, que la lectura simplemente se arruina (existe colisión entre tags).

Se observa que cuando intentamos leer varias vacas con una sola antena el sistema colisiona, típico de los sistemas RFID de 125Khz y 13.56Mhz, con lo cual se decidió colocar una vaca por cada antena que tengamos. Al intentar montar 3 antenas simultaneas el programa también falla, haciendo aumentar el tiempo necesario de la transmisión para que todos los datos sean leídos correctamente, por lo que la adquisición de datos se hace mucho más lenta cuando se aumentan el número de antenas.

Para los tags se hizo necesario modificar la Thickcard, para darle forma a la maqueta, se introdujo dentro del modelo de la vaca, el circuito necesario del chip RFID



*Figura 35. Vaca modelada con circuito adentro ajustada para correcta detección*

Se decidió entonces por una maqueta de 85x70 cm para espacio para detección de antenas y conexión de Arduino, se hizo el cableado con los módulos y al Arduino a través de canaletas.





*Figura 36. Dimensionamiento de maqueta*



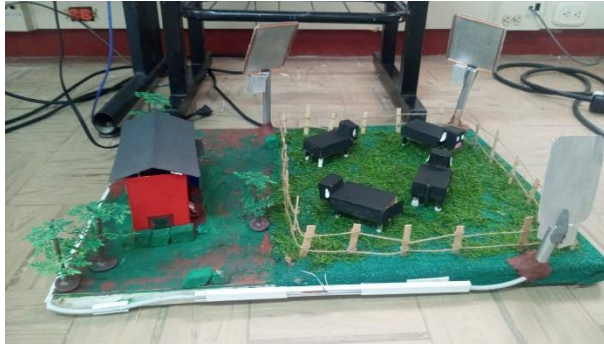
*Figura 37. Vista general de maqueta con canaletas y conexión a Arduino*

### **Etapa 6: Montaje de ambiente simulado con la tecnología RFID**

Después de tener el dimensionamiento del área a simular, se empieza hacer el montaje planeado, es decir, ubicación de las antenas teniendo en cuenta los parámetros y características estudiados y mencionados anteriormente. Se ubican las antenas sobre unos soportes. Adicional, se ubica el Arduino UNO designado para cada antena en el área determinada por el dimensionamiento antes mencionado.



*Figura 38. Avance 1 de montaje – campo simulado.*



*Figura 39. Avance 2 – ubicación de antenas y Arduino.*

### **Etapas 7: Limitaciones del proyecto.**

Se hacen pruebas de la interfaz gráfica, con la conexión a la base de datos. Se hacen pruebas de la detección de las tarjetas con las antenas y las lecturas evidenciadas en el programa Arduino. Además, se hacen correcciones de algunas medidas mal tomadas para el diseño a pequeña escala del campo simulado para una mejor detección por parte de las antenas y, por último, se comprueba la conexión por parte de los Arduino a la interfaz gráfica.

Se llega a las siguientes conclusiones de las limitaciones del proyecto:

- Debido a la naturaleza del protocolo de comunicación UART, se hace imposible una lectura de varios tags al mismo tiempo, además la comunicación se hace mas lenta porque es bit a bit.
- La tecnología RFID de 125 KHz es bastante robusta, capaz de traspasar obstáculos como lluvia, madera, roca, entre otros; pero tiene la desventaja de sufrir colisiones en sus tags que imposibilitan la lectura de muchos al mismo tiempo.
- Arduino es una placa de desarrollo con solo un núcleo, lo cual hace que solo ejecute una sola instrucción a la vez, lo cual también complica la lectura de múltiples tags; debido a esto una solución sería usar condicionales o ciclos, pero afectaría a la velocidad del sistema.
- Python, aunque es una poderosa herramienta y muy versátil, solo permite la ejecución de un solo proceso a la vez, por lo cual se nos dificulta ejecutar la interfaz y la lectura al mismo tiempo. Esto hace que recurramos a herramientas adicionales como multihilos o multiprocesos, pudiendo generar errores.
- La cantidad de puertos seriales del Arduino uno es insuficientes para aplicaciones donde se requiera realizar varias lecturas o tareas simultáneamente.

#### 4. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el proyecto de investigación. En primer lugar, se obtiene un campo simulado a pequeña escala con el prototipo funcional de la lectura con las antenas EL125HDK y la placa Arduino Uno y su conexión directa a la interfaz gráfica en Python. Además, dicha interfaz gráfica, realizada con el módulo QT designer, tiene conexión directa a la base de datos local MySQL donde se encuentran registradas los animales bovinos con las variables a gestionar.

##### **Campo Simulado**

Para el campo simulado se utiliza un triplex de madera con medidas 85cm x 70cm, dimensionado para tener armado dicho ambiente simulado con las antenas ubicadas y listas para la lectura de las tarjetas implantadas a los bovinos. Se usaron diminutos soportes de aluminio para cada antena con pequeñas cajas que tendrán dentro cada una de sus placas. Se usa grama sintética, que cubre una parte del área del triplex, y vacas de 5 cm de altura y 8cm de largo para darle realismo al ambiente simulado.

Luego, se ubican canaletas de 15cm aproximadamente en la parte inferior de la madera para así insertar cables de cobre de 20cm de largo, aproximadamente, para hacer la conexión entre las antenas y la placa Arduino uno.

Por último, se ubica la placa de Arduino Uno en el área determinada para este y se hace la conexión con el PC donde estará reflejado la interfaz gráfica y sus funciones establecidas.



*Figura 40. Resultado 1 – Montaje de campo simulado*



Figura 41. Resultado 2 – Montaje de campo simulado

## Python

En este espacio, se realizó una interfaz gráfica con el fin de reflejar la lista de animales registrados en la base de datos y el estado de cada una de ellas, dependiendo de las lecturas de las antenas y la transmisión del Arduino a la interfaz. En el siguiente diagrama de flujo se explica las interacciones que tendrá cada ventana y sus conexiones:

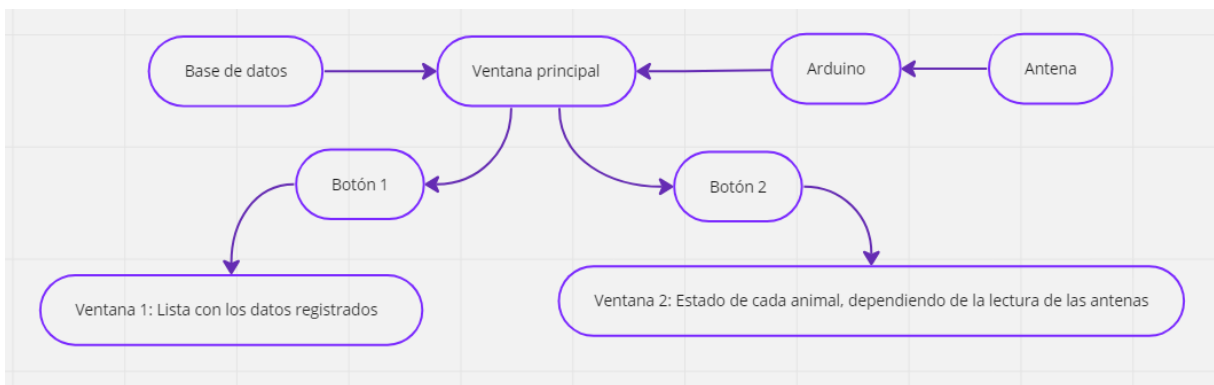
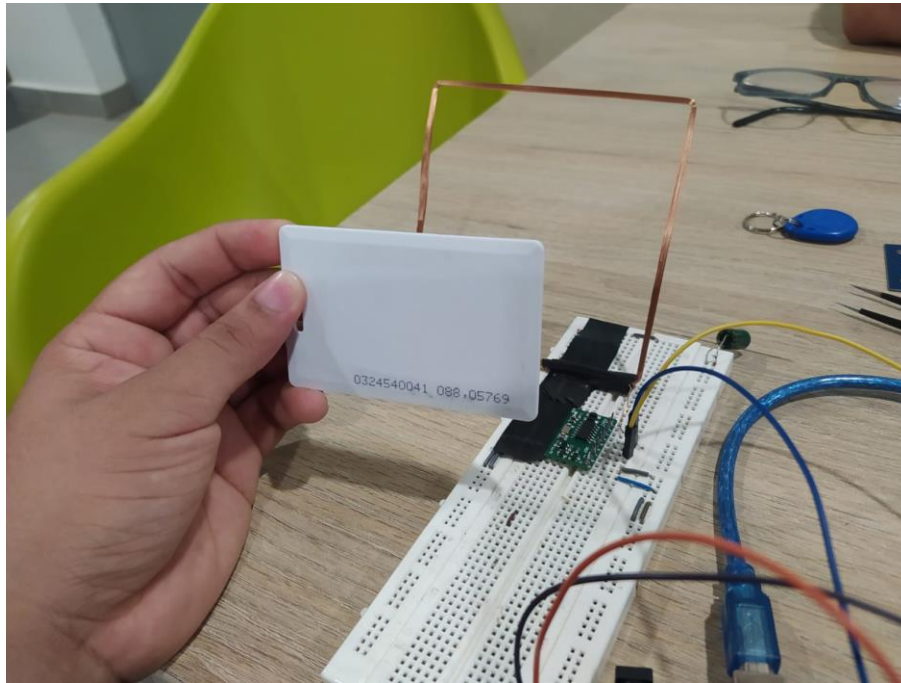


Figura 42. Diagrama de flujo para etapa Python

## Arduino y antenas:

Se hizo la prueba de lectura repetida para el módulo y la antena, como se muestra a continuación:



```
software input pin D10  
make sure the output selection pin is set to HIGH for serial output  
Setup Complete!  
00software input pin D10  
make sure the output selection pin is set to HIGH for serial output  
Setup Complete!  
00230313133353831363839D53  
230313133353831363839D53  
230313133353831363839D53
```

*Figura 43. Prueba y lectura del modulo*

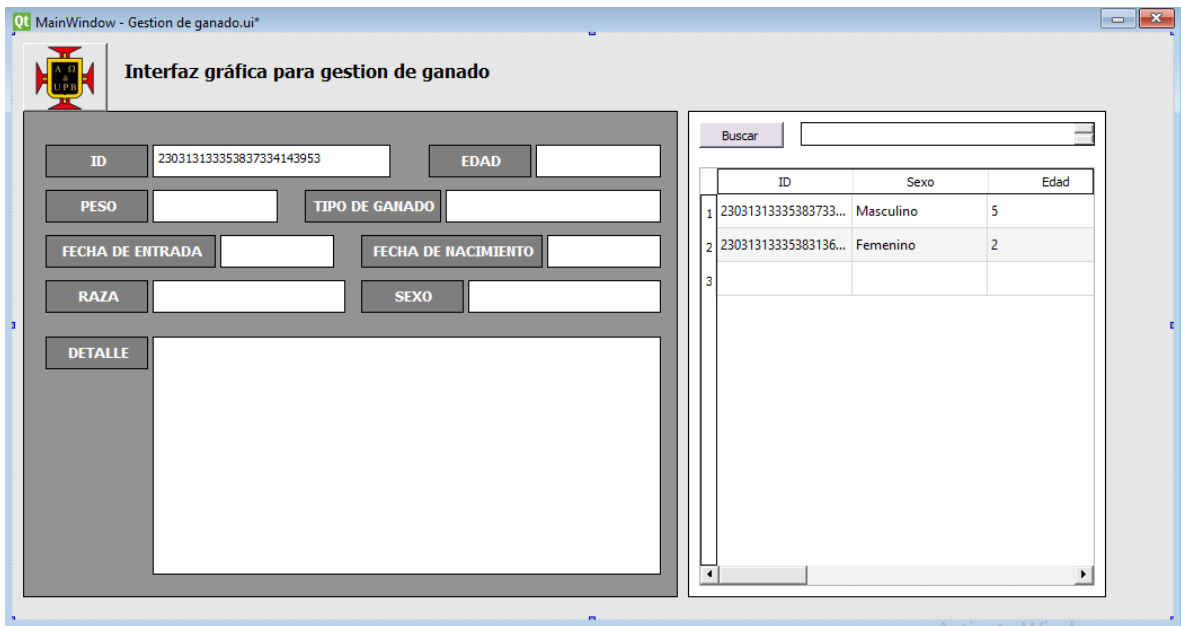


Figura 44. Interfaz gráfica con datos

Observamos entonces como los datos se registran en nuestra interfaz.

## 5. Conclusiones y recomendaciones:

- La tecnología RFID a 125 KHz, es viable para este tipo de aplicaciones, sin embargo, tiene sus limitantes con respecto a la cantidad de tags a utilizar al tiempo y a la frecuencia a la que se haga
- Para aplicaciones a un campo extenso y escala más real, se recomienda el uso de tags, lectores y antenas con una frecuencia UHF (alrededor de 800 a 900Mhz) debido a que la polarización de estas antenas es circular y su tipo omnidireccional, además también es anticollisiones (Se pueden leer varios tags a la vez). Lo cual lo hace ideal para proyectos a escala real
- La base de datos utilizada contiene los parámetros mínimos de identificación para esta aplicación.
- Se recomienda el uso de tags de una sola vez para escala real, que al momento de extraerse no pueda volver a colocarse como indican los estándares internacionales.
- Python es una excelente herramienta de conexión, fácil de usar y robusta para el manejo de estos datos, sin embargo, se recomiendan otras herramientas capaces de manejar multitareas para aplicaciones reales.
- Se recomienda el uso de Arduino Mega o Arduino Due en caso de querer usar esta misma interfaz de lectura, o bien sea otra tarjeta de desarrollo con varios núcleos de procesamiento como por ejemplo la placa de desarrollo Rapsberry pi.
- Se recomiendan base de datos No relacionales (NoSQL) para aplicaciones en varias hectáreas en caso de querer implementarlo en un proyecto a escala real.



## 6. Bibliografía

*Amazon.* (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Wiegand-resistente-gestión-puertas-control/dp/B07RKP77ZF>

*App Game Tutoriales.* (17 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://appgametutoriales.com/qt-designer-python/#:~:text=Qt%20Designer%20es%20una%20herramienta,manera%20visual%2C%20sin%20usar%20código.>

*Arduino.* (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

*Autycom.* (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.autycom.com/lector-rfid-y-relevancia-en-el-sector-industrial/>

ÁVILA, R. B. (2019). *Implementación de un sistema de identificación orientado a la WEB PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO PECUARIO DE UNA FINCA CON.* Montería.

*Aws Amazon.* (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>

BARRUECO, R. F. (8 de Noviembre de 2022). *La Empresa.* Obtenido de <http://grupoportuguesa.blogspot.com/p/la-empresa.html>

*Concepto Definición.* (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://conceptodefinition.de/ganado-vacuno-o-bovino/>

*ContextoGanadero*. (8 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/blog/diferencias-entre-ganado-de-leche-y-carne#:~:text=La%20forma%20del%20cuerpo%20del,poca%20musculatura%20y%20grandes%20ubres.&text=forma%20de%20carne%20y%20grasa>.

*Dipole RFID*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.dipolerfid.es/blog-rfid/Tipos-Sistemas-RFID>

*ElectroDragon*. (Octubre de 2022). Obtenido de [https://www.electrodragon.com/product/125khz-rfid-long-distance-module-40cm-serial/?attribute\\_pa\\_attributes-2=main-el125-reader-kit](https://www.electrodragon.com/product/125khz-rfid-long-distance-module-40cm-serial/?attribute_pa_attributes-2=main-el125-reader-kit)

Fedegran. (8 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.fedegan.org.co/programas/sinigan>

ICA. (8 de Noviembre de 2022). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>

López, O. A. (2013). *Implementación de sistema RFID para registro de componentes del laboratorio de electrónica de la UPB*. Bucaramanga: UPB.

*Mecalux Esmena*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/rfid>

Michael A. Jones, D. C. (2005). *The Adoption of RFID Technology in the Retail Supply Chain*. Louisiana.

Moya Porras, E. V. (2021). *Diseño e implementación de una tarjeta electrónica para el registro y supervisión de ganado bovino*. Bogotá.

*NextPoints*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://nextpoints.com/que-son-etiquetas-rfid/>

*Python* . (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://docs.python.org/es/3/library/tkinter.html>

*ResearchGate*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-13-Esquema-de-funcionamiento-de-un-sistema-RFID-pasivo-Fuente-Tecnologia-de\\_fig3\\_333652997](https://www.researchgate.net/figure/Figura-13-Esquema-de-funcionamiento-de-un-sistema-RFID-pasivo-Fuente-Tecnologia-de_fig3_333652997)

*SG*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://sg.com.mx/revista/17/sqlite-la-base-datos-embebida>

*SIMA*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.simaonline.com/Visiter/Visitar-SIMA/COMO-AGTECH-AUMENTA-LA-RENTABILIDAD-DE-LA-GANADERIA>

*Technocio*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://technocio.com/python-el-lenguaje-de-codigo-abierto-que-marca-el-futuro/>

*Tecnipesa*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.tecnipesa.com/productos/antenas-rfid>

*Tecnipensa*. (8 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.tecnipesa.com/blog/69-tecnologia-rfid-que-ventajas-tiene>

*Tecnipensa*. (8 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.tecnipesa.com/blog/167-como-conviviran-el-codigo-de-barras-y-la-rfid-en-su-industria>

*Telectronica*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://telectronica.com/que-es-un-lector-rfid/>

*Trace ID*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.trace-id.com/etiquetas-rfid-para-alimentacion/>

*Traza Identificacion*. (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.traza.com/productos/rfid>

*Zebra.* (8 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.zebra.com/la/es/products/rfid/rfid-reader-antennas/an440.html>

## **7. Anexos**

### **7.1. Artículo**

Adjuntar a este informe el artículo de su trabajo según el formato presentación de artículos y según la normatividad de presentación de trabajos de grado los archivos en CD o DVD para Biblioteca.