	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 7</b>

21.1

<b>FECHA</b>	lunes, 14 de diciembre de 2020
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Fusagasugá

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Pasantía
--------------------------	----------

<b>FACULTAD</b>	Ingeniería
-----------------	------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Electrónica
---------------------------	------------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Pacheco Alfonso	Cristian Eduardo	1069757555

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Palacios Yepes	Edwin
Uricoechea Najas	Gabriel Alejandro

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 7</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DE VARIABLES EN EL SECTOR GANADERO EN CUNDINAMARCA Y BOYACÁ, ENFOCADO EN ÁREAS RURALES CON COBERTURA MÍNIMA DE GSM.

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Ingeniero Electrónico

### AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO

11/12/2020

### NÚMERO DE PÁGINAS

78

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Internet de las cosas (IOT)	Internet of things (IOT)
2. Puerta de enlace	Gateway
3. Sistema global para las comunicaciones móviles (GSM)	Global System for Mobile communications (GSM)
4. Diseño web adaptable	Responsive Design
5. Modulación de largo alcance (LoRa)	Long Range Modulation (LoRa)
6. Nombre del Punto de Acceso (APN)	Access Point Name (APN)



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 7</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

El presente informe pretende mostrar los resultados de la pasantía en Vistrónica S.A.S del municipio de Fusagasugá, donde se desarrollaron una serie de actividades entorno a un proyecto llevado a cabo con la finalidad de Aplicar las tecnologías IoT en el monitoreo de variables en el sector ganadero en Cundinamarca, enfocado en áreas rurales con cobertura mínima de GSM.

Se desarrollo el diseño e implementación de varios prototipos IoT los cuales fueron evaluados y sometidos a diversas pruebas con el fin de solucionar los posibles errores que estos presentaban o llegarían a presentar al ser aplicados en el sector ganadero, de igual manera se desarrolló un sistema el cual permitiría la recolección de datos, de diferentes variables, para posteriormente ser enviadas a un servidor y poder ser visualizadas por medio de una interfaz gráfica final donde el usuario podrá tener la posibilidad de llevar el monitoreo de cada una de sus piezas de ganado y sus diversos factores.

This report aims to show the results of the internship at Vistrónica SAS in the municipality of Fusagasugá, where a series of activities were developed around a project carried out in order to Apply IoT technologies in the monitoring of variables in the livestock sector in Cundinamarca, focused on rural areas with minimal GSM coverage.

The design and implementation of several IoT prototypes was developed which were evaluated and subjected to various tests in order to solve the possible errors that these presented or would present when applied in the livestock sector, in the same way a system was developed the which would allow the collection of data, of different variables, to later be sent to a server and can be viewed through a final graphical interface where the user can have the possibility of monitoring each of their livestock pieces and their various factors.

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 7</b>

la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 7</b>

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_ NO \_X\_.** En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

### LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 7</b>

pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 7 de 7</b>

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1. APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DE VARIABLES EN EL SECTOR GANADERO EN CUNDINAMARCA Y BOYACÁ, ENFOCADO EN ÁREAS RURALES CON COBERTURA MÍNIMA DE GSM.pdf	Texto

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
Pacheco Alfonso Cristian Eduardo	

21.1.-40

APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DE  
VARIABLES EN EL SECTOR GANADERO EN CUNDINAMARCA Y BOYACÁ,  
ENFOCADO EN ÁREAS RURALES CON COBERTURA MÍNIMA DE GSM.

Autor: Cristian Eduardo Pacheco Alfonso

**Universidad de Cundinamarca**

Ingeniería electrónica

Facultad de ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2020



APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DE  
VARIABLES EN EL SECTOR GANADERO EN CUNDINAMARCA Y BOYACÁ,  
ENFOCADO EN ÁREAS RURALES CON COBERTURA MÍNIMA DE GSM.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de  
ingeniero electrónico

**Autor: Cristian Eduardo Pacheco Alfonso**

Director interno Universidad de Cundinamarca:  
Ingeniero Electrónico  
Edwin Palacios Yepes

Director externo Vistronica S.A.S:  
Ingeniero Electrónico  
Gabriel Uricoechea Najas

**Universidad de Cundinamarca**  
Ingeniería electrónica  
Facultad de ingeniería  
Fusagasugá, Colombia  
2020

# Agradecimientos

Principalmente agradecer a Dios por permitirme finalizar mi carrera profesional y presentar este trabajo de grado como muestra de ello, de igual manera doy gracias a mi madre Nancy Esperanza Pacheco quien fue mi pilar fundamental durante toda mi carrera profesional, sin su esfuerzo y apoyo incondicional no hubiera podido lograr esta meta tan importante en mi vida.

A mis tíos; Alexander Pacheco y Eduardo Pacheco quienes me brindaron siempre un soporte y apoyo incondicional en los momentos más difíciles durante el transcurso de la carrera, dándome siempre los consejos y aportes necesarios para lograr mi objetivo profesional.

A mi director de pasantía el ingeniero Edwin Palacios, quien me oriento y proporciono su conocimiento y sabiduría, permitiéndome transformar los conocimientos aprendidos en realidad y así culminar de manera exitosa mi práctica académica.

Al ingeniero Gabriel Uricoechea, quien fue mi tutor en Vistrónica S.A.S, quien me guio en cada una de las etapas y actividades afrontadas en el ámbito laboral durante la pasantía.

Finalmente agradecer a aquellas personas, familiares, compañeros y amigos que de una manera u otra contribuyeron directamente en mi proceso integral tanto personal como profesional. Ofrezco este trabajo como una dedicatoria a mis abuelitos Rosalba Alfonso de Pacheco y Luis Pablo Pacheco quienes fueron mi mayor motivación durante todo este proceso, y sé que están muy orgullosos con la culminación de este logro.

# Resumen

El presente informe pretende mostrar los resultados de la pasantía en Vistrónica S.A.S del municipio de Fusagasugá, donde se desarrollaron una serie de actividades entorno a un proyecto llevado a cabo con la finalidad de Aplicar las tecnologías IoT en el monitoreo de variables en el sector ganadero en Cundinamarca, enfocado en áreas rurales con cobertura mínima de GSM.

Se desarrollo el diseño e implementación de varios prototipos IoT los cuales fueron evaluados y sometidos a diversas pruebas con el fin de solucionar los posibles errores que estos presentaban o llegarían a presentar al ser aplicados en el sector ganadero, de igual manera se desarrolló un sistema el cual permitiría la recolección de datos, de diferentes variables, para posteriormente ser enviadas a un servidor y poder ser visualizadas por medio de una interfaz gráfica final donde el usuario podrá tener la posibilidad de llevar el monitoreo de cada una de sus piezas de ganado y sus diversos factores.

# Contenido

Resumen.....	4
1. Capítulo 1. Contexto.....	11
1.1. Introducción .....	11
2. Capítulo 2. Actividades .....	12
2.1. Actividades.....	12
3. Capítulo 3. Marco de referencia .....	14
3.1. Fundamentos teóricos .....	14
4. Capítulo 4. Plan de trabajo.....	17
4.1. Actividades ampliadas .....	17
4.1.1. Evaluación de requerimientos del dispositivo .....	17
4.1.2. Construcción de prototipo versión 1 .....	20
4.1.3. Construcción de prototipo versión 2 .....	24
4.1.4. Creación del entorno grafico web y servidor .....	45
4.1.5. Creación de web aplicación por responsive desing .....	50
4.1.6. Desarrollo final del dispositivo, servidor, aplicación y marketing .....	58
4.1.7. Diseño de sensores .....	65
5. Capítulo 5. Análisis de resultados .....	72
5.1. Discusión de los resultados .....	72
5.2. Conclusiones .....	75
5.3. Recomendaciones.....	76
6. Referencias .....	77

# Índice de figuras

Figura 1. Estructura sistema IoT.....	14
Figura 2. Aplicación IoT en ganadería.....	16
Figura 3. Esquema de conexión a través de internet.....	17
Figura 4. Esquema de Red para la conexión entre un punto de muestreo y el servidor.....	19
Figura 5. Elementos que conforman el prototipo 1.....	20
Figura 6. Esquema de conexión de y envío de información de una unidad de muestreo hacia el servidor.....	22
Figura 7. Conexión del sensor DS18B20 y SIM800 con la placa Arduino Uno.....	28
Figura 8. Secuencia de trabajo para conectarse y enviar información al servidor.....	29
Figura 9. Secuencia de conexión con APN y lectura del sensor trabajando en paralelo.....	30
Figura 10. Conexión del convertor de voltaje con el Arduino y el módulo SIM.....	31
Figura 11. Conexión de los capacitores junto con el convertor BUCK y el módulo SIM.....	32
Figura 12. Circuito final.....	33
Figura 13. Esquema de conexiones del dispositivo integrado.....	35
Figura 14. Diagrama de flujo de envío y registro de datos A) prototipo 3 B) prototipo 1.....	36
Figura 15. Dispositivo final de la etapa 3 con los periféricos conectados.....	37
Figura 16. Esquema de conexión cableada prototipo 3.....	38
Figura 17. Gráfica de ancho de banda vs rango para diferentes tecnologías.....	39
Figura 18. Esquema de conexión utilizando el protocolo LoRa.....	41
Figura 19. Componentes de nodo a) Módulo Transceptor sx1276 b) Microcontrolador Atmega328 c) Batería Li-ON.....	42
Figura 20. Componentes de nodo, Módulo Transceptor sx1276, Microcontrolador Atmega328, Batería Li-ON.....	43
Figura 21. Gateway con un sx1276 y una Raspberry pi.....	44
Figura 22. Dragino.....	45
Figura 23. Interfaz Web TTN para el Status del registro exitoso de un Gateway LoRa.....	46
Figura 24. Interfaz Web servidor TTN para activación de un nodo.....	47
Figura 25. Interfaz Web servidor ChirpStack para activación de un nodo.....	48
Figura 26. Administrador con 2 usuarios y sus respectivos nodos.....	48
Figura 27. Interfaz web de TTN para un Usuario y 4 nodos registrado.....	49

Figura 28. Interfaz web de ChirpStack para un Usuario y 4 nodos.....	49
Figura 29. Torre Servidor IBM x3100.....	50
Figura 30. Página de inicio de sesión y menú de la plataforma.....	52
Figura 31. Página de lista de sensores o nodos.....	52
Figura 32. Página de limitación de cerca virtual y mapa.....	52
Figura 33. Página de limitación de cerca virtual con una alerta por animal fuera del perímetro.....	53
Figura 34. Página de filtro y descarga de información.....	53
Figura 35. Página de soporte y contacto.....	54
Figura 36. Página de tienda virtual.....	54
Figura 37. Página final de inicio de sesión.....	55
Figura 38. Página final de mapa del sitio junto con la cerca virtual.....	55
Figura 39. Página final de mapa del sitio junto con la cerca virtual y un nodo o animal.....	56
Figura 40. Página final de lista de nodos o sensores.....	56
Figura 41. Página Final de soporte y contacto.....	56
Figura 42. Esquema de funcionamiento del registro de peso controlado remotamente con la bascula.....	57
Figura 43. Placa de desarrollo TTGO ESP32 Y LoRa.....	58
Figura 44. Esquema funcionamiento administrador de energía AXP288.....	59
Figura 45. Esquema eléctrico del circuito de adecuación del nodo diseñado en software Eagle.....	60
Figura 46. Arco con tiras de led infrarrojos emisores.....	61
Figura 47. Esquema de conexión del sistema de bascula.....	61
Figura 48. Esquema de conexión del sistema de bascula junto con la comunicación del nodo.....	62
Figura 49. Esquema eléctrico del circuito de adecuación de la báscula diseñado en software Eagle.....	63
Figura 50. Diagrama de bloques del registro de la captación y registro de peso de los animales.....	64
Figura 51. Carcasa plástica con cubierta transparente totalmente hermética.....	65
Figura 52. Modelo final del nodo en la carcasa con la correa.....	65
Figura 53. Circuito receptor de luz infrarroja junto con la placa de desarrollo TTGO.....	66
Figura 54. Prototipo PCB para la conexión de la báscula, plataforma y arco.....	66
Figura 55. Dispositivo nodo del animal, junto con el panel solar.....	68
Figura 56. Dato registrado en el servidor.....	70

Figura 57. Registro de peso sobre la báscula y empaquetado de información para ser enviado .....	70
Figura 58. Mapa del radio de cobertura del gateway LoRaWan .....	71
Figura 59. GateWay y nodo en pruebas de distancia de comunicacion .....	71
Figura 60. Topología del sistema aplicado .....	72
Figura 61. Pieza de ganado con el nodo instalado.....	74

# Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro comparativo de las principales características de métodos para la conexión a internet.....	18
Tabla 2. Principales comandos AT para la conexión con un servidor.....	23
Tabla 3. Inconvenientes y limitaciones del prototipo 1.....	24
Tabla 4. Inconvenientes y limitaciones del prototipo 1 y posible solución.....	26
Tabla 5. Inconvenientes y Limitaciones del prototipo 2.....	34
Tabla 6. Comparación de características entre prototipo 3 y LoRa.....	40
Tabla 7. Características principales servidor IBM x3100 M4.....	50
Tabla 8. Voltaje de descarga de batería respecto al tiempo.....	67
Tabla 9. Voltaje de descarga de batería respecto al tiempo con panel solar.....	68
Tabla 10. Potencia de TX y RX para las diferentes antenas.....	69
Tabla 11. Comparación de los prototipos realizados.....	73



# Índice de Graficas

Grafica 1. Voltaje de descarga respecto al tiempo .....	67
Grafica 2. Voltaje de descarga respecto al tiempo con panel solar .....	68

# 1. Capítulo 1. Contexto

---

## 1.1. Introducción

No cabe duda de que nuestro país, Colombia, tiene un potencial enorme para ser una despensa agropecuaria en el mundo, ya que su ubicación geográfica y condiciones meteorológicas privilegian la producción de comida en casi todas las épocas del año, pero lastimosamente nuestros campesinos representan uno de los sectores económicos más golpeados y se evidencia como cada vez más las personas abandonan el campo para hacer otros oficios más rentables en la ciudad.

Es de destacar que el sector ganadero representa un porcentaje bastante importante de la producción agropecuaria del país según FEDEGAN afirma con un porcentaje del 21.8% y que representa también el 1.4% del PIB , dando empleo a más de 810 mil personas (el 6% del empleo nacional), y que dicha área se ha visto golpeada fuertemente por el robo de ganado, se estima que en Colombia hacia el año 2018, 700.000 animales fueron sacrificados ilegalmente, esto representa pérdidas por \$1,2 billones, sin embargo del ganado se obtienen varios subproductos como carne, cueros y vísceras, por lo que el valor asciende a \$1,9 billones, los departamentos que más han sufrido el hurto de ganado durante este año son: Cundinamarca, con 476 casos <sup>1</sup>.

En la actualidad una de las tecnologías emergentes es la tecnología de internet de las cosas (IoT) la cual busca la interconexión de diversos dispositivos a través de una red de bajo consumo, donde cada uno de estos dispositivos podrán ser visibles e interactivables por el usuario, dicha tecnología permite la recolección. Análisis y envío de datos a la red, lo cual permite acceder a ella desde cualquier lugar con conexión.

El uso de la tecnología ha evolucionado los sistemas productivos en todo el mundo, un claro ejemplo de estas mejoras son las aplicaciones del internet de las cosas, a partir de esto, Vistrónica construye un sistema que detecte el posicionamiento del animal, con el cual podrá saber si el animal está saliendo de la finca. Dicho sistema notificara al ganadero inmediatamente y/o a las autoridades locales; gracias a la identificación de cada animal por medio del sistema, se pueden monitorear variables de este como: temperatura y peso, además de asociar registros de enfermedades, vacunas he información relevante sobre el animal.

---

<sup>1</sup> FEDEGAN, *Balance del sector ganadero colombiano (sitio web)*, Federación Colombiana de Ganaderos, 2017,

[https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Balance\\_Sectorial\\_2017.pdf&IdFiles=667](https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Balance_Sectorial_2017.pdf&IdFiles=667)

## 2. Capítulo 2. Actividades

---

### 2.1. Actividades

#### 2.1.1. Evaluación de requerimientos del dispositivo

- Se realiza un estudio del arte sobre algunas tecnologías, luego planeación del prototipo generando un esquemático general de este y un listado tentativo de los materiales que dicho prototipo va a usar.

#### 2.1.2. Construcción de prototipo versión 1

- Compilación y supervisión de todos los posibles circuitos para la construcción del prototipo 1.
- Diseño de programas básicos para establecer comunicación con la red GSM u otra tecnología de comunicación futura y lectura de puertos.
- Prueba de prototipo versión 1 (salidas al campo).

#### 2.1.3. Construcción de prototipo versión 2

- Diseño y algunas modificaciones en los circuitos.
- Evaluar uso de una placa de comunicación para transmitir datos.
- Rediseño de programas básicos para establecer comunicación con la red GSM y servidor para la recepción de datos para nuevas pacas de procesamiento.
- Prueba de prototipo versión 2 (salidas al campo).

#### 2.1.4. Creación del entorno grafico web y servidor

- Describir parámetros de la funcionalidad Web y del servidor.
- Diseño del servidor; El servidor (nuevo) requiere manejar una mayor cantidad de datos.
- Pruebas del entorno web y el prototipo.
- Control de actuadores remotamente (salidas al campo).

#### 2.1.5. Creación de web aplicación por responsive desing

- Estudio y análisis de las características para el alquiler de servidor.
- Diseño de aplicación web Responsive Desing.
- Pruebas de aplicación con el prototipo 2.
- Control de actuadores remotamente desde la web Responsive Desing.

#### 2.1.6. Desarrollo final del dispositivo, servidor y aplicación

- Estrategia publicitaria para la comercialización de dispositivo.
- Depuración de los resultados arrojados en los circuitos.
- Implementación Carcasa resistente a entorno extremo.

#### 2.1.7. Diseño de sensores

- Estudio y análisis de las características para el alquiler de servidor.
- Implementación de los circuitos. Desarrollar el diseño en formato físico de los circuitos electrónicos
- Pruebas de sensores con el dispositivo.

#### 2.1.8. Sustentación pasantía

- Redacción del documento final de pasantía.
- Entrega y sustentación ante jurados de la pasantía.

### 3. Capítulo 3. Marco de referencia

Es fundamental conocer acerca de la tecnología que se quiere implementar en el presente proyecto, por ende, se da una breve explicación acerca de los avances que se han logrado anteriormente, aplicando el internet de las cosas principalmente en el sector ganadero.

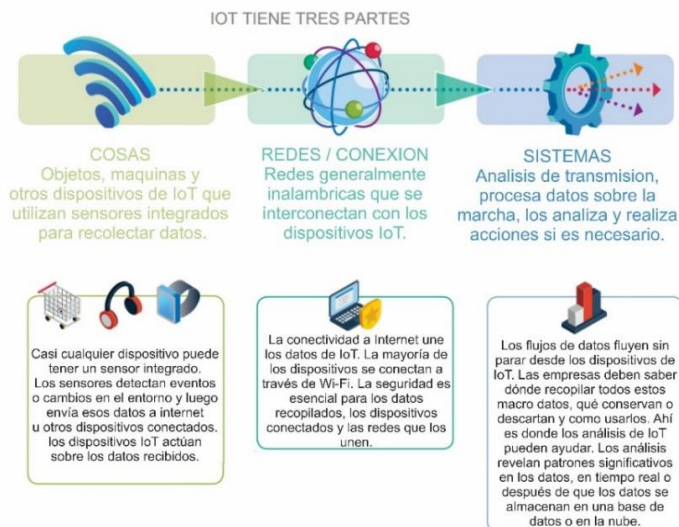
#### 3.1. Fundamentos teóricos

En esta sección se pretende dar a conocer un poco acerca de las principales características de la tecnología de internet de las cosas (IoT), para hacer más comprensible al lector el presente trabajo.

##### 3.1.1. Internet de las cosas (IoT)

En términos generales, el internet de las cosas en inglés (internet of things (IoT)) hace referencia a la interconexión digital de diversos tipos de objetos al internet, El concepto de internet de las cosas fue propuesto en 1999, por Kevin Ashton, en el Auto-ID Center del MIT, en donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia en red (RFID) y tecnologías de sensores <sup>2</sup>.

Figura 1. Estructura sistema IoT



Fuente: [https://www.sas.com/es\\_co/home.html](https://www.sas.com/es_co/home.html)

<sup>2</sup> SAS, *Internet de las Cosas (IoT)* (sitio web), Software y Soluciones de Analítica, 2018, [https://www.sas.com/es\\_co/insights/big-data/internet-of-things.html](https://www.sas.com/es_co/insights/big-data/internet-of-things.html)

En un término más específico, IoT hace referencia a los sistemas de dispositivos que reciben y transfieren datos a través de redes inalámbricas sin la intervención humana, lo que crea la posibilidad de integrar dispositivos informáticos sencillos con sensores en todo tipo de objetos <sup>3</sup>.

Un sistema de IoT, funciona enviando, recibiendo y analizando datos de forma permanente en un ciclo de retroalimentación <sup>3</sup>. Dependiendo del sistema de IoT, las personas o la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden llevar a cabo el análisis casi de inmediato o en cierto tiempo.

### **3.1.2. Internet de las cosas en el sector de la ganadería**

Debido a la alta aplicabilidad que ofrece el internet de las cosas en diversos sectores de la industria, se ve el acogimiento de este tipo de tecnologías en áreas productivas primarias, como son la agricultura y la ganadería.

Según afirma el portal contexto ganadero “A partir de la vinculación de la tecnología en un sector como el de la ganadería, un sector el cual se laboraba a la manera tradicional y se veía muy alejado a los avances tecnológicos, ha logrado de la mano de IoT ser más eficiente, sostenible y optimo en los procesos productivos”<sup>4</sup>.

En la industria ganadera influyen muchos factores, los cuales afectan directamente la salud y el bienestar de cada una de las piezas de ganado, por lo cual la vida de los ganaderos suele ser muy dura, con rutinas de trabajo muy largas, ya que deben estar monitoreando y controlando las condiciones en las que se encuentra su ganado, su estado de salud, comprobar que tenga la alimentación adecuada, los suministros veterinarios y que sus ciclos de vida sean cada vez más eficientes y productivos <sup>5</sup>.

---

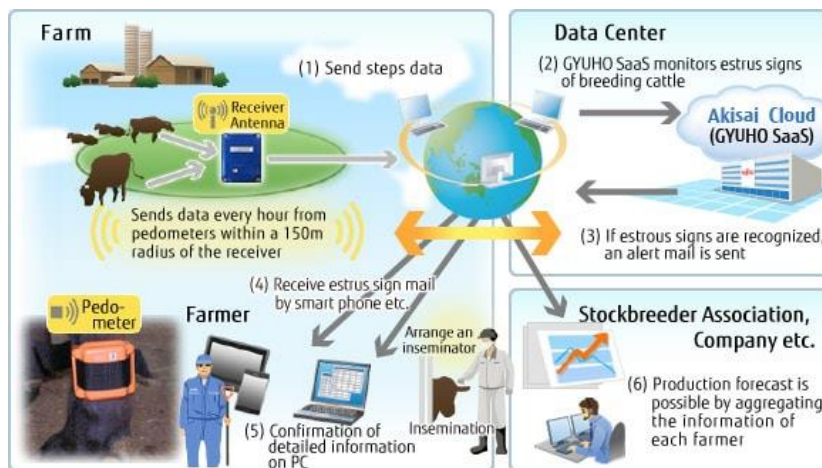
<sup>3</sup> Gracia, M., *IoT - Internet Of Things (sitio web)*, Deloitte, 2018, <https://www2.deloitte.com/es/es.html>

<sup>4</sup> ganadero, C., *El internet de las cosas aplicado al mundo ganadero (sitio web)*, CONtextoganadero, 2018, <https://www.contextoganadero.com/internacional/el-internet-de-las-cosas-aplicado-al-mundo-ganadero>

<sup>5</sup> Edwin, O. D., *análisis de la implementación del internet de las cosas en la agroindustria colombiana para optimizar y aumentar los procesos de producción, Universidad cooperativa de Colombia, 2019*, [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12915/1/2019\\_an%C3%A1lisis\\_sistem%C3%A1tico\\_internet.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12915/1/2019_an%C3%A1lisis_sistem%C3%A1tico_internet.pdf)

Debido a esto surge la idea de implementar un sistema que monitoree constantemente, por medio de sensores, variables como el peso, la ubicación, y demás variables, que deben tenerse en cuenta en el cuidado de este tipo de animales, estos datos son enviados por internet donde podrán ser visualizados en tiempo real, además poder contar una base de datos donde el usuario va a poder llevar un control más preciso y eficaz de cada una de sus piezas de ganado. En la Figura 2 se puede observar cómo es la recolección, análisis, tratamiento y visualización de los datos que se obtienen en un sistema IoT en el sector ganadero.

Figura 2. Aplicación IoT en ganadería



Fuente: <https://baturamobile.com/blog/iot-sector-agrario-ganadero/>

Teniendo en cuenta lo antes descrito se pueden analizar las mayores ventajas que presenta el IoT en el sector ganadero

- Desde el punto de vista de la producción, conocer de forma más precisa los pesos corporales individuales en tiempo real y el consumo de alimento y agua.
- Desde el punto de vista de la cría y el bienestar del animal, disponer de información sobre los niveles de estrés en el ave y su grado de confort a través de la evaluación de la temperatura corporal y los factores de calidad del aire, tales como el dióxido de carbono y el amoníaco.
- Desde el punto de vista del manejo de la enfermedad, la capacidad de detectar la enfermedad.
- Desde el punto de vista de la inocuidad de los alimentos, mejorar la detección de Salmonella y coli.
- Desde el punto de vista de la elaboración de alimentos, aumentar el rendimiento <sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Robinson, P. & Pozzi, F., *Tecnología IoT en la ganadería (sitio web)*, EnviraIoT ,2019, <https://enviraIoT.es/tecnologia-en-la-ganaderia/>

## 4. Capítulo 4. Plan de trabajo

---

### 4.1. Actividades ampliadas

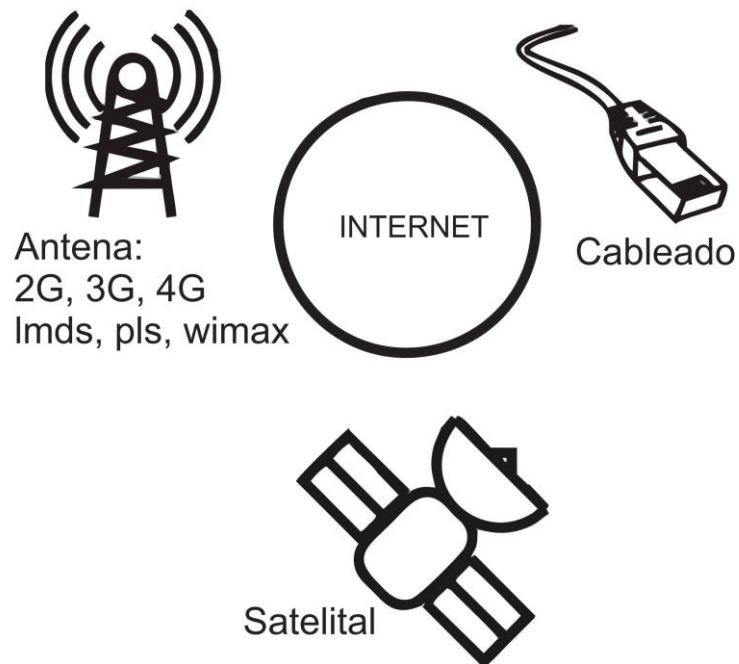
#### 4.1.1. Evaluación de requerimientos del dispositivo

Se expone la investigación realizada acerca de tecnologías y métodos existentes para enviar información a un servidor remoto.

Dentro del mundo de las redes de información existen tres principales formas de conseguir un punto de conexión con la red (Figura 3) por medio de:

- Conexión con un satélite.
- Conexión por cable (conexión física).
- Conectarse a una estación base tal cual se encuentra en la telefonía celular.

Figura 3. Esquema de conexión a través de internet



*Fuente: Desarrollo Vistronica*



Tabla 1. Cuadro comparativo de las principales características de métodos para la conexión a internet.

MÉTODO	VELOCIDAD	COBERTURA EN COLOMBIA	INFRAESTRUCTURA	PRECIO MENSUAL PROMEDIO DE SUSCRIPCIÓN
Fibra cableada	superior a 1G	67%	cable de red	90.000
Red móvil 4G	37 Mbps	72%	antena GSM, módulo sim	75.000
Satelital	20 Mbps	toda Colombia	antena, router	199.000

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

En la Tabla 1 se analiza las características principales de los tipos de conexión a internet que tendría un usuario para establecer este tipo de conexión, de igual manera se observa que la tecnología más rápida de conexión es el cableado por fibra, sin embargo, posee una cobertura limitada y no cubre las zonas rurales, además, los proveedores de internet venden el servicio con un paquete de agregados como televisión y teléfono, que para el proyecto no son útiles y generarían un gasto extra.

En cuanto a la tecnología Satelital, su cobertura es completa en el territorio Nacional, pero es necesario la implementación de antenas estáticas de alto costo lo que la coloca en desventaja. Por otra parte, la red de telefonía 4G aporta una cobertura aproximada del 75% del territorio Nacional, aunque el porcentaje restante está relacionado a las zonas rurales.

A pesar de que la cobertura 4G no es completa, la telefonía celular cuenta con redes GSM que es un protocolo de generación anterior a la 4G, su cobertura es más amplia llegando cerca a el 99.1% de todos los municipios del territorio nacional, como proyección en el 2012 <sup>7</sup>. además, su costo de implementación es más bajo y requiere de elementos pequeños y económicos para conectar dispositivos, esto permite crear dispositivos de fácil transporte, como los teléfonos móviles, otra

<sup>7</sup> CRC, *condiciones para el despliegue de infraestructura para el acceso a internet a través de redes inalámbricas*, Comisión de regulación de comunicaciones, 2012, [https://www.crcom.gov.co/recursos\\_user/Documentos\\_CRC\\_2012/Actividades\\_Regulatorias/Redes\\_Wifi/Doc\\_RedesInalambricas\\_Publicar.pdf](https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Documentos_CRC_2012/Actividades_Regulatorias/Redes_Wifi/Doc_RedesInalambricas_Publicar.pdf)

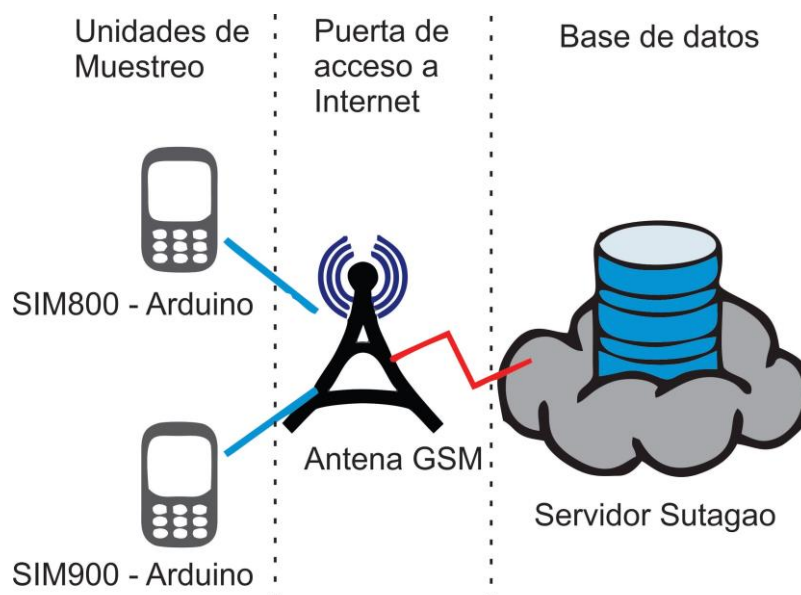
ventaja es la posibilidad de consumir datos móviles de forma prepagada o por suscripción de paquetes. Todo esto en efecto nos hace garantizar una conexión económica para el propósito del proyecto.

Aprovechando la infraestructura de la telefonía celular, en la Figura 4. observamos un esquemático que representa los actores de la conexión para cumplir el objetivo del proyecto:

- Unidades de muestreo
- Puerta de acceso a internet
- base de datos

Las unidades de muestreo serán los nodos que enviarán la información obtenida en campo, por medio de la puerta de acceso a internet utilizando el sistema global para las comunicaciones móviles (GSM), tal cual lo realizan los teléfonos celulares, estos nodos se conectan con las antenas GSM y esta permite la conexión con internet y en efecto alojar la información en la base de datos del servidor.

Figura 4. Esquema de Red para la conexión entre un punto de muestreo y el servidor.

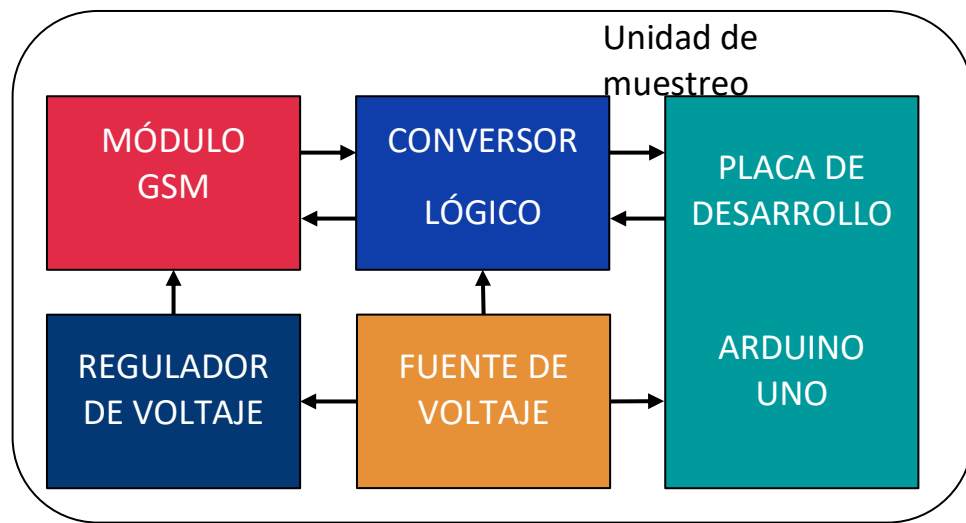


*Fuente: Desarrollo Vistronica*

### Primer prototipo

Para la realización del primer prototipo de unidad de muestreo, se implementa los elementos que se observa en la Figura 5.

Figura 5. Elementos que conforman el prototipo 1.



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

**Módulos SIM-800 y SIM-900:** Estos permite conectarse con internet a través de GSM utilizando SIM CARD, existe dos versiones y aunque se realizaron pruebas con las dos, el SIM800 fue el más cómodo y reciente entre las dos.

**Placa de desarrollo Arduino Uno:** Esta placa permite programar la secuencia que controla los módulos SIM para que realicen la conexión con el servidor secuencialmente sin intervención del usuario.

**Reguladores de tensión:** Asegura el nivel óptimo de voltaje para la operación de los módulos SIM.

**Convertor lógico de voltaje TTL:** Para asegurar la transmisión y recepción de datos entre la placa de desarrollo y los módulos SIM, obteniendo una comunicación de buena calidad y protegiendo los módulos de voltaje frente a sobretensiones.

Al realizar el estudio correspondiente de los elementos y el tipo de conexión que se va a utilizar se procede a continuar con la realización del primer prototipo.

#### 4.1.2. Construcción de prototipo versión 1

Para la realización del primer prototipo de unidad de muestreo, se implementó los módulos SIM-800 y SIM-900. estos se pueden conectar con un PC a través del protocolo de comunicación USB. En la [Figura 6](#) se observa la secuencia que debemos seguir para la conexión del módulo SIM800-900 con el servidor. Cabe

aclarar que este tipo de módulos se controlan con comandos AT los cuales serán ingresados a través de un monitor serial desde el PC. Estos comandos los encontramos en la documentación que provee el fabricante de los dispositivos. (SIMCom, 2015)

- Primero se establece la velocidad de trabajo, esta unidad de medida debe ser igual entre la conexión de dos dispositivos para que puedan comunicarse entre sí, de lo contrario es como si hablaran en diferente idioma. Entre el módulo y el PC la velocidad escogida es de 9600 baudios.
- Luego se fuerza al módulo a operar en red GSM mediante el siguiente comandos AT encontrado en la documentación del módulo.

```
AT+SAPBR=3,1," CONTYPE"," GPRS"
```

- Después, se requiere conectar a una APN, esta dará acceso a la red de datos de comunicación inalámbrica externa, cada empresa de comunicaciones móviles tiene una APN diferente, para este caso poseemos la SIMCARD del operador Tigo y utilizamos la APN **web.colombiamovil.com.co**.

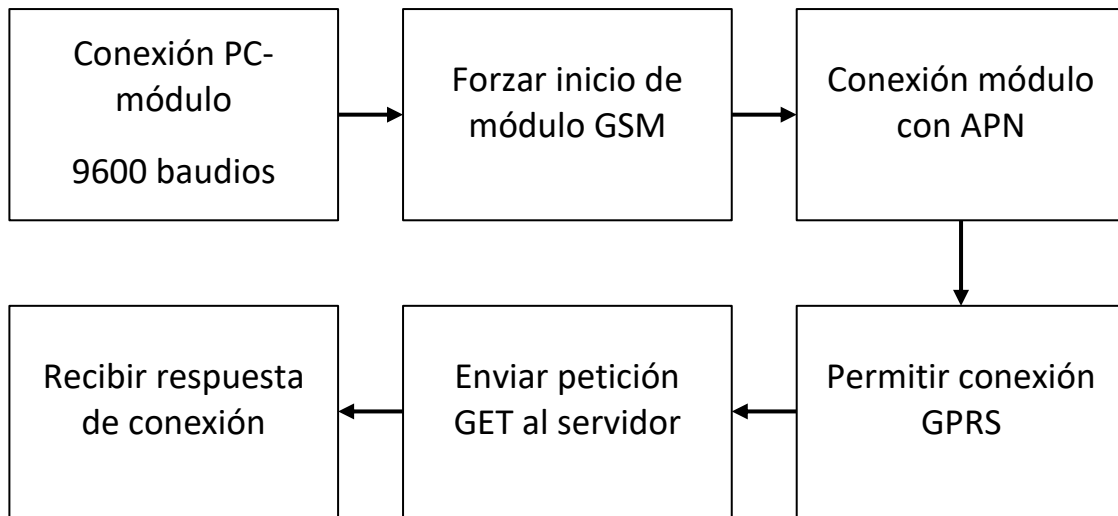
```
AT+CSTT=" web.colombiamovil.com.co"
```

```
AT+CIICR
```

- Ahora, se ingresa el dominio del servidor y la puerta de acceso (generalmente es el puerto 80 para peticiones de este tipo).

```
AT+CIPSTART=" TCP"," sutagao-iot.com",80
```

Figura 6. Esquema de conexión de y envío de información de una unidad de muestreo hacia el servidor.



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

- Una vez se conecta con el servidor, es posible enviarle una petición o URL

```
GET  
/4.0/id/ClasificacionDeDatos/parametrosMedidosBBDDfinca.php?"  
peso=50&altura20 HTTP/1.1
```

- Y, por último, el servidor retorna un 200 ok, que significa que recibió con éxito nuestra petición.

### **Envío de información a servidor privado (Sutagao)**

Tanto el sim800 como el sim900 necesita de otro dispositivo para ser controlados de forma secuencial para realizar la conexión con el servidor, estos dispositivos controladores pueden ser microcontroladores, placas de desarrollo, sistemas embebidos y conversores TTL si se desea manejar como interfaz de usuario mediante internet.

Para este el primer prototipo se implementó la placa de desarrollo Arduino Uno, la facilidad de uso, documentación extensa y su cualidad de hardware libre nos permite desarrollar el prototipo de manera rápida.

### Envío De Comandos AT

Como se mencionó anteriormente, los comando AT son instrucciones que operan o controlan las funciones de los módulos SIM, estas instrucciones son enviadas por el protocolo de comunicación USB y son ingresadas mediante teclado a través de un monitor Serial de un PC. Aunque, es posible enviar dichas instrucciones directamente mediante la comunicación de un microcontrolador. En la Tabla 2 se observar algunas de las instrucciones que se emplearon para el objetivo del proyecto controlando los módulos SIM800 y SIM900.

Tabla 2. Principales comandos AT para la conexión con un servidor.

COMANDO AT	FUNCIÓN
AT	test de conexión módulo-Dispositivo
AT+IPR	Selección de baudios para comunicación
AT+CGATT	Conectar o desconectar servicio GPRS
AT+CSTT	Seleccionar el APN a conectar Ejm <a href="http://www.colombiamovil.com.co">www.colombiamovil.com.co</a> para telefonía Tigo
AT+CIPSTART	Seleccionar la conexión con el servidor ejm <a href="http://www.google.com">www.google.com</a>
AT+CIPSEND	Envío de la petición o URL

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Al realizar el primer prototipo se presentan algunos fallos, los cuales se van a tener en cuenta para la construcción del segundo prototipo.

#### 4.1.3. Construcción de prototipo versión 2

#### limitaciones e inconvenientes del primer prototipo

En la Tabla 3 se observa los inconvenientes presentados en la funcionalidad y realización del prototipo 1.

Tabla 3. Inconvenientes y limitaciones del prototipo 1

Ítem	Inconveniente o Limitación	Descripción
1	Tiempo de peticiones al servidor	Se tarda 8 segundos en comunicarse con el APN y con el servidor, durante este periodo no existe toma de datos.
2	Límite de caracteres por petición (URL)	Máximo de 2000
3	Corriente del regulador para el módulo SIM	Soportar mínimo picos de 3 Amperios
4	Pérdida de datos de 30%	Los datos que no se pudieron almacenar en el servidor al momento de hacer comunicación con él.
5	No existe multitarea en dispositivo	La comunicación al ser directa PC-módulo, el usuario debe realizar las conexiones del módulo de manera sistemática y no es posible recolectar información de los sensores al mismo tiempo.
6	No es posible reiniciar el dispositivo	Cuando se presenta fallas en la comunicación, es necesario reiniciar el dispositivo, pero solo es posible manualmente desconectando el dispositivo de su fuente de alimentación

		eléctrica.
<b>7</b>	No existe portabilidad	Como es necesario estar conectado al PC no existe portabilidad.
<b>8</b>	Requiere un PC	Es necesario la conexión con un PC para que el usuario pueda ingresar los comandos y hacer funcionar el dispositivo.
<b>9</b>	No existen indicadores luminosos	No existen indicadores que nos permita saber que se está ejecutando en el dispositivo en determinado tiempo.
<b>10</b>	Falta de memoria	No existe forma de guardar datos que no llegaron con éxito a ser almacenados en el servidor.
<b>11</b>	Emparejamiento módulo SIM con placas de desarrollo	Los módulos SIM poseen niveles de voltaje de 3.3 en sus pines de comunicación (TX y RX) que deben emparejarse con las placas de desarrollo a través de algún tipo de circuito.
<b>12</b>	Corriente del módulo en la conexión con el APN	La corriente pico en el módulo en este proceso, es de 3 Amperios.
<b>13</b>	No existe interfaz gráfica	Solo es posible observar un monitor donde se ingresa los comandos y se observa una respuesta.
<b>14</b>	No se tiene pruebas de campo	Es necesario colocar a prueba el dispositivo en el entorno donde llevará a cabo su funcionamiento.

*Fuente: Desarrollo Vistronica*



## Planteamiento de posibles soluciones

En la Tabla 4 se expone las posibles soluciones que se ajustan a los inconvenientes y limitaciones de los ítems presentados anteriormente.

Tabla 4. Inconvenientes y limitaciones del prototipo 1 y posible solución

Ítem	Inconveniente o Limitación	Posible solución
1	Tiempo de peticiones al servidor	Tomar datos durante el tiempo muerto de 8 segundos que dura establecer conexión con el servidor, y luego enviarlos en una sola trama
2	Límite de caracteres por petición (URL)	Implementar métodos de compresión de datos
3	Corriente del regulador para el módulo SIM	Implementar circuito adecuado que soporte los picos de 3 amperios y entregue el voltaje adecuado
4	Pérdida de datos de 30%	Es difícil mitigar la pérdida puesto que depende de la tecnología y su infraestructura, pero puede guardarse los datos en una memoria durante los fallos de conexión, luego, cuando se establezca conexión, enviar los datos represados.
5	Multitarea en dispositivo	Implementación de placas de desarrollo que operen en multi código, a fin de poder realizar múltiples tareas a la vez (tomar datos, controlar actuadores, conectarse al servidor)
6	No es posible reiniciar el dispositivo	Como los chips y Microcontroladores poseen en su mayoría un pin de reset, es posible implementar un reset por hardware con dispositivos electrónicos.
7	No existe portabilidad	Con la implementación de una placa de desarrollo para controlar la conexión a GSM, se

		tiene un prototipo portable y cómodo de instalar.
<b>8</b>	Requiere un PC	Empleando la placa de desarrollo y programando para realizar la secuencia de actividades de conexión, el prototipo no depende de un PC y de ser controlado manualmente por usuario mediante comandos.
<b>9</b>	No existen indicadores Luminosos	La programación de la placa de desarrollo brinda La posibilidad de observar mediante luces LED, el momento en que la secuencia de comandos está realizando la conexión a GSM, así mismo. sí existe conexión con el servidor. Esto ayuda a entender los tiempos y la forma en que opera el dispositivo.
<b>10</b>	Falta de memoria	Como se mencionó en el ítem 4, la memoria es indispensable para el funcionamiento ideal del dispositivo y mitigar la pérdida de datos por efectos producidos en el ambiente.
<b>11</b>	Emparejamiento módulo SIM con placas de desarrollo	Implementación de circuito electrónico de conversión de niveles lógicos de voltaje, en nuestro caso, empareja el voltaje de 3.3 voltios para el módulo SIM y los 5 voltios de la placa de desarrollo.
<b>12</b>	Corriente del módulo en la conexión con el APN	En el momento de la conexión del módulo con el APN, esta demanda picos hacen que la fuente de voltaje se exija más de lo normal y decaiga en el suministro de energía. Sin embargo, es posible implementar capacitores para almacenar energía y mantener el módulo SIM encendido.
<b>13</b>	No existe interfaz gráfica	Enviar y almacenar datos a un servidor es la tarea principal del dispositivo, sin embargo, observar los datos de manera organizada, o quizás en una gráfica en el tiempo, es importante, es por eso por lo que debe existir una interfaz gráfica que indique de manera

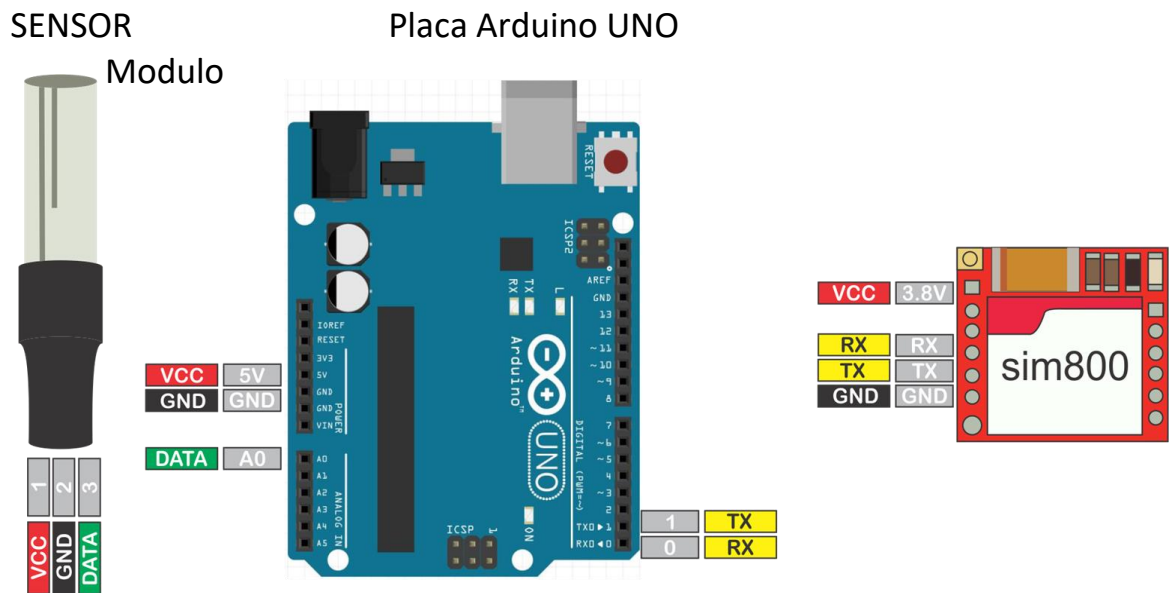
		ilustrativa al usuario, los datos que se leen y almacenan.
14	No se tiene pruebas de campo	El dispositivo al ser portable se instala en ambientes rurales que cumplen con el objetivo del proyecto.

Fuente: Desarrollo Vistronica

## Implementación de las posibles soluciones

### Tiempo de petición al servidor

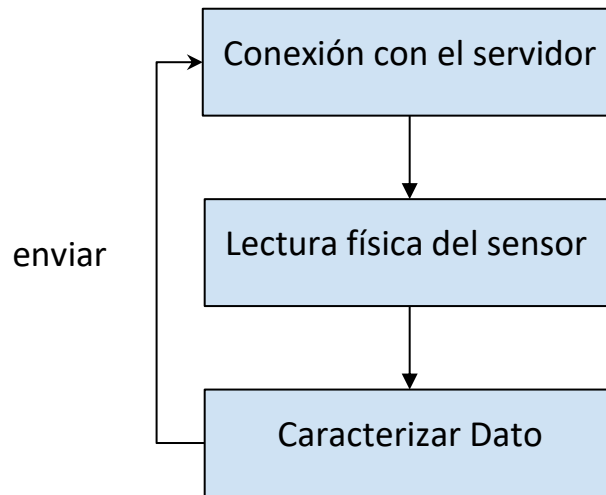
Figura 7. Conexión del sensor DS18B20 y SIM800 con la placa Arduino Uno.



Fuente: Desarrollo Vistronica

Se conoce que el tiempo muerto en que el dispositivo está intentando conectarse con el APN del operador, es cercano a los 8 segundos, sin embargo, el dispositivo debe ser capaz de recolectar información durante este periodo si el usuario lo demanda. Para realizar esta prueba, se conecta un sensor de temperatura a prueba de agua DS18B20 al pin A0 de la placa Arduino y el módulo SIM a los pines (RX y TX) como observamos en la [Figura 7](#). de igual manera, se ajusta el código apropiado que cumpla con la lectura del sensor y sea enviada al servidor siguiendo la secuencia que se observa en la [Figura 8](#).

Figura 8. Secuencia de trabajo para conectarse y enviar información al servidor



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

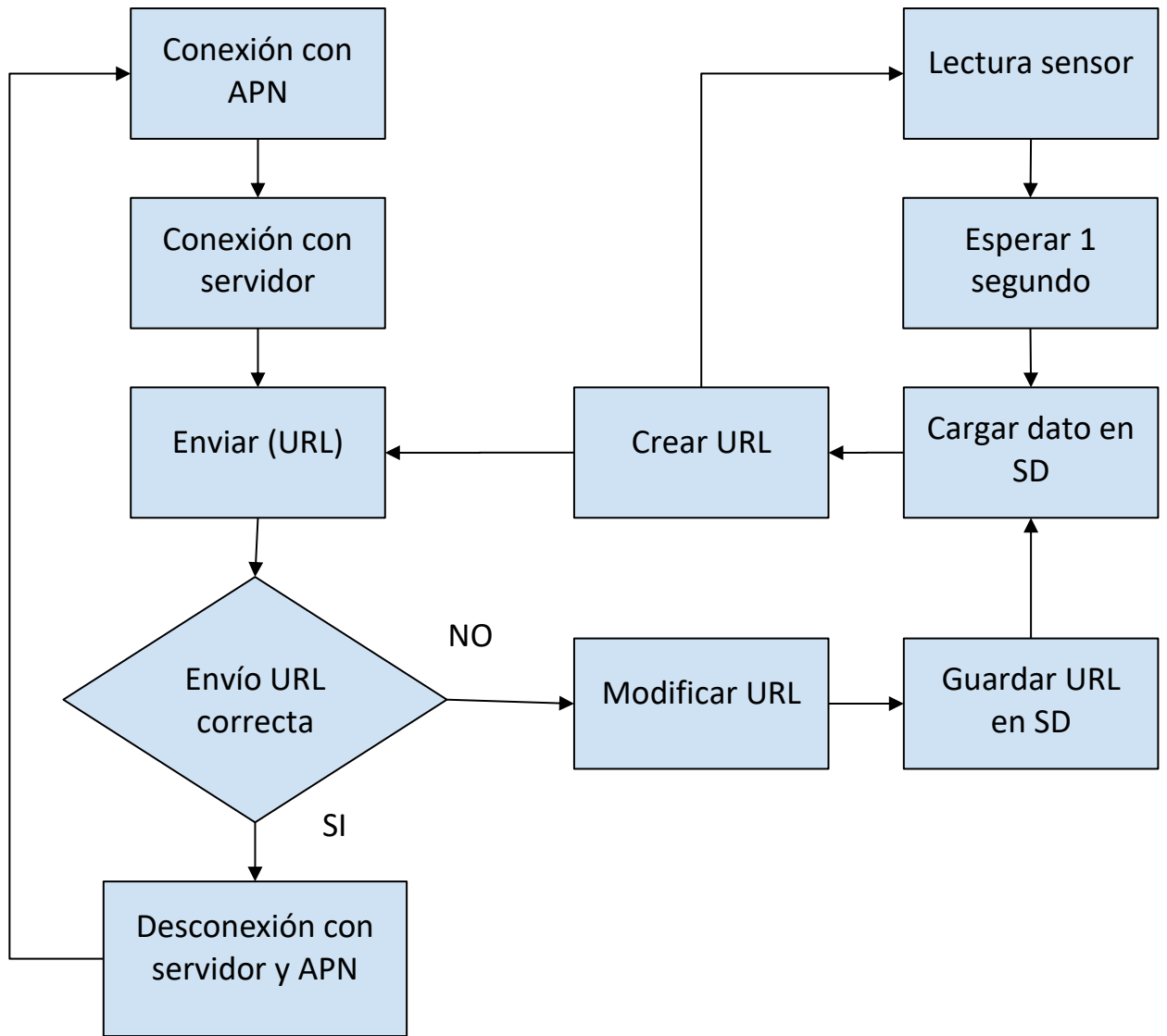
### **Multitarea en dispositivo**

Arduino UNO al igual que otras tarjetas de desarrollo, poseen un único procesador que por más rápido que resulte ser, solo ejecuta una tarea o secuencia a la vez.

ProtoThreads.h

ProtoThreads.h es una librería de Arduino, que permite ejecutar el código, por pequeños tramos, o secuencias, en pocas palabras, realiza pequeña parte de varias tareas secuencialmente, esto nos genera la sensación de multitarea. Y para el dispositivo resulta útil poder conectarse al APN y llevar el registro de los sensores a la vez (Figura 9)

Figura 9. Secuencia de conexión con APN y lectura del sensor trabajando en paralelo



Fuente: Desarrollo Vistronica

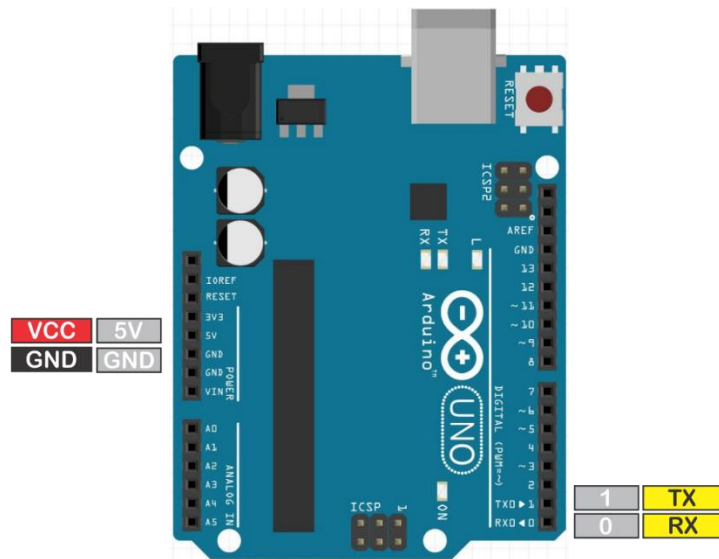
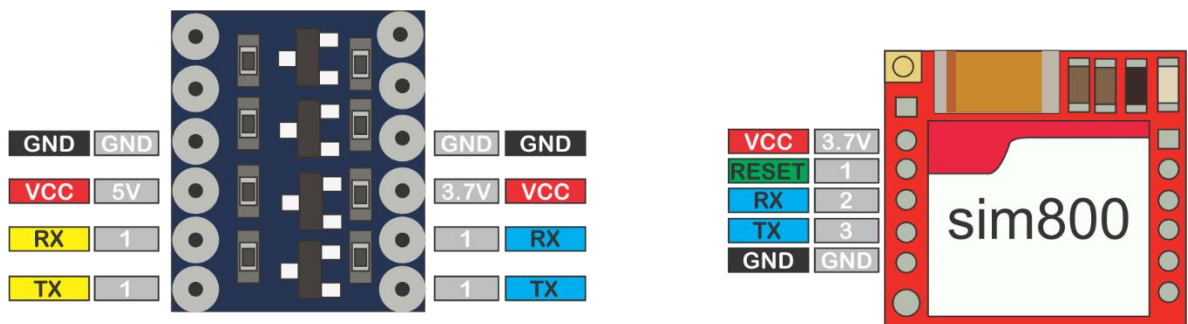
## Memoria

Como se mencionó, en el sistema implementado se presentan pérdidas de 30% de la información enviada al servidor, debido a que la memoria es indispensable para el funcionamiento ideal del dispositivo y mitigar la pérdida de datos por efectos producidos en el ambiente.

## Emparejamiento módulo SIM con placas de desarrollo

La comunicación entre la placa de desarrollo Arduino UNO y el módulo SIM, se realiza mediante los pines de transmisión (TX) y recepción (RX) o denominado protocolo serial. Sin embargo, en las dos tarjetas electrónicas los niveles de voltaje son diferentes y recibir o entregar a diferentes niveles de voltaje puede ocasionar una lectura errónea o incluso deterioro de las partes electrónicas. De esta manera, el convertor de niveles lógicos de voltaje es el puente entre la comunicación del Arduino y el módulo SIM, haciendo las veces de un traductor. Esta conexión se representa en la Figura 10.

Figura 10. Conexión del convertor de voltaje con el Arduino y el módulo SIM.



Fuente: Desarrollo Vistronica

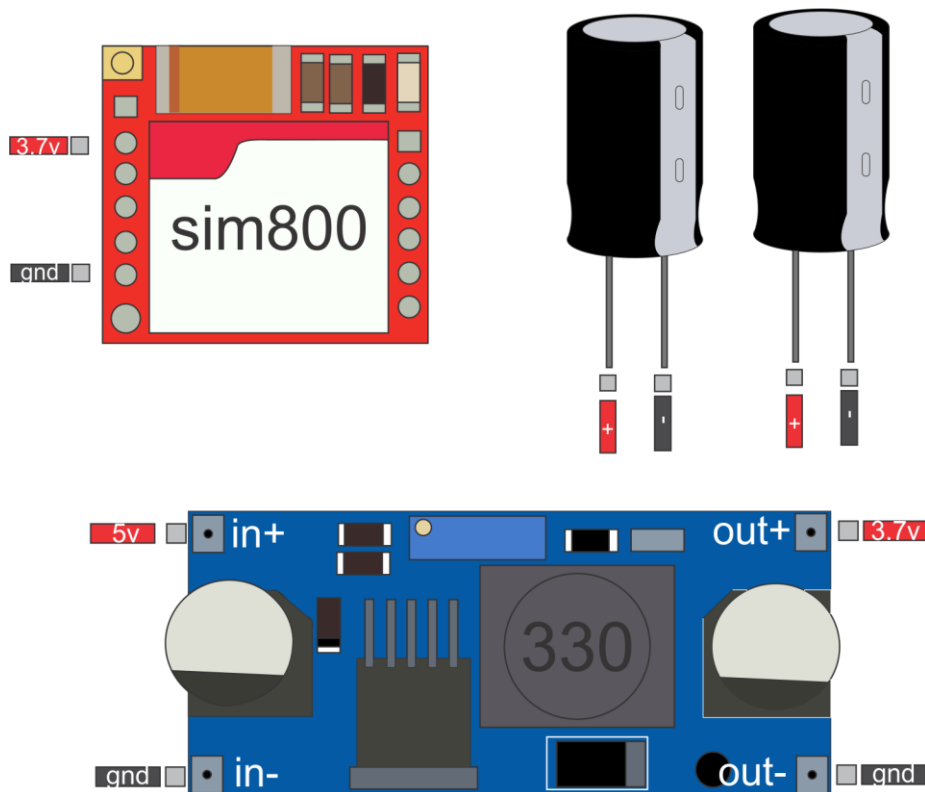
Técnicamente, este módulo nos permite enviar datos desde el Arduino con un valor de tensión de 5 voltios y recibirlos con el módulo SIM a un valor de tensión de 3.3 voltios y viceversa.

## Corriente del módulo en la conexión con el APN

Como se ha explicado, en algún momento de la conexión, el módulo SIM demanda picos de corriente altos cercanos a los 3 Amperios, estos picos hacen que la fuente de voltaje se exija más de lo normal y decaiga en el suministro de energía. Estos picos son, sin embargo, en instantes de milésimas de segundos, por tal razón, es posible implementar capacitores para almacenar energía y mantener el módulo SIM encendido.

El valor de la capacitancia que mejor se desempeño es de 940uF, logrando este valor con la implementación en paralelo de dos capacitores de 470uF y dispuestos entre el positivo y negativo de la fuente como se observa en la [Figura 11](#).

Figura 11. Conexión de los capacitores junto con el convertor BUCK y el módulo SIM.



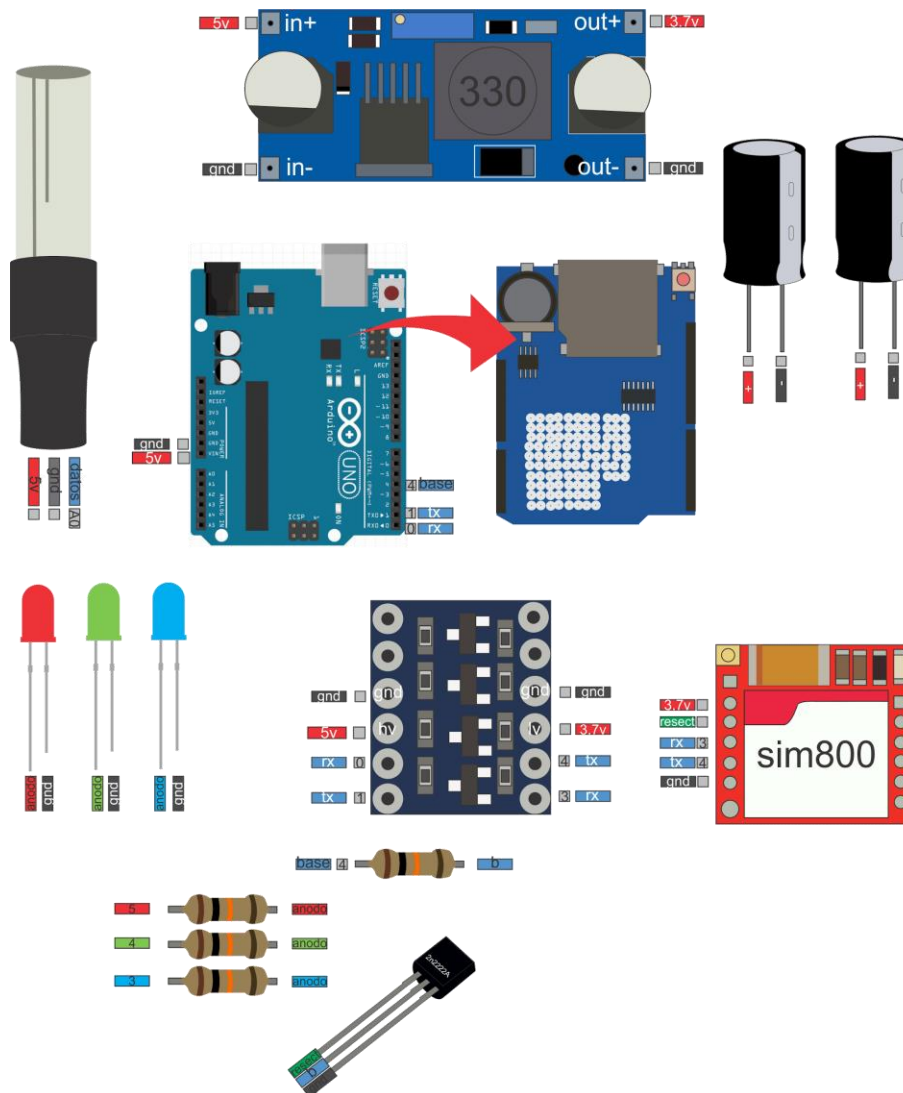
*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Técnicamente, cuando la tensión eléctrica disminuye, los capacitores pueden soportar esta caída de tensión, pero solo por un lapso, lo suficiente durante la secuencia de conexión del módulo SIM con el APN el cual es cercano a los 10 milisegundos.

## Pruebas de campo

El dispositivo se instaló en una fábrica de productos lácteos ubicada en el municipio de Cabrera Cundinamarca (Colombia) donde se tomaba la temperatura durante 24 horas de un tanque de mezcla para queso. Sin embargo, durante las 24 horas el dispositivo no logró conectarse al APN. En efecto, no se logró alojar ningún dato en el servidor. Hipótesis de lo sucedido se plantea observar más detalladamente la conexión del módulo SIM en diferentes coberturas, al igual que la utilización de diferentes operadores, del mismo modo, analizar la secuencia de comandos que se utiliza para la conexión de manera que sea lo más robusta posible.

Figura 12. Circuito final



Fuente: Desarrollo Vistronica



## Limitaciones e inconvenientes del segundo prototipo

En la Tabla 5 se observa los inconvenientes presentados en la funcionalidad y realización del prototipo 2.

Tabla 5. Inconvenientes y Limitaciones del prototipo 2

Item	Inconveniente o Limitación	Descripción
1	Puerto Seriales limitados	Para la finalidad del proyecto, es necesario contar con al menos 4 puertos seriales.
2	No existe detección de fallos de conectividad	Durante la conexión y envío de datos puede ocurrir fallos que deben ser detectados rápidamente
3	Pérdida de datos de 1%	Los datos que no se pudieron almacenar en el servidor al momento de hacer comunicación con el.
4	No existe multitarea en dispositivo	La comunicación al ser directa PC-módulo, el usuario debe realizar las conexiones del módulo de manera sistemática y no es posible recolectar información de los sensores al mismo tiempo.
5	Interfaz web con mayor información y funciones	Es indispensable contar con una interfaz web que proyecte gráficas y brinde botones para actuar a distancia

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

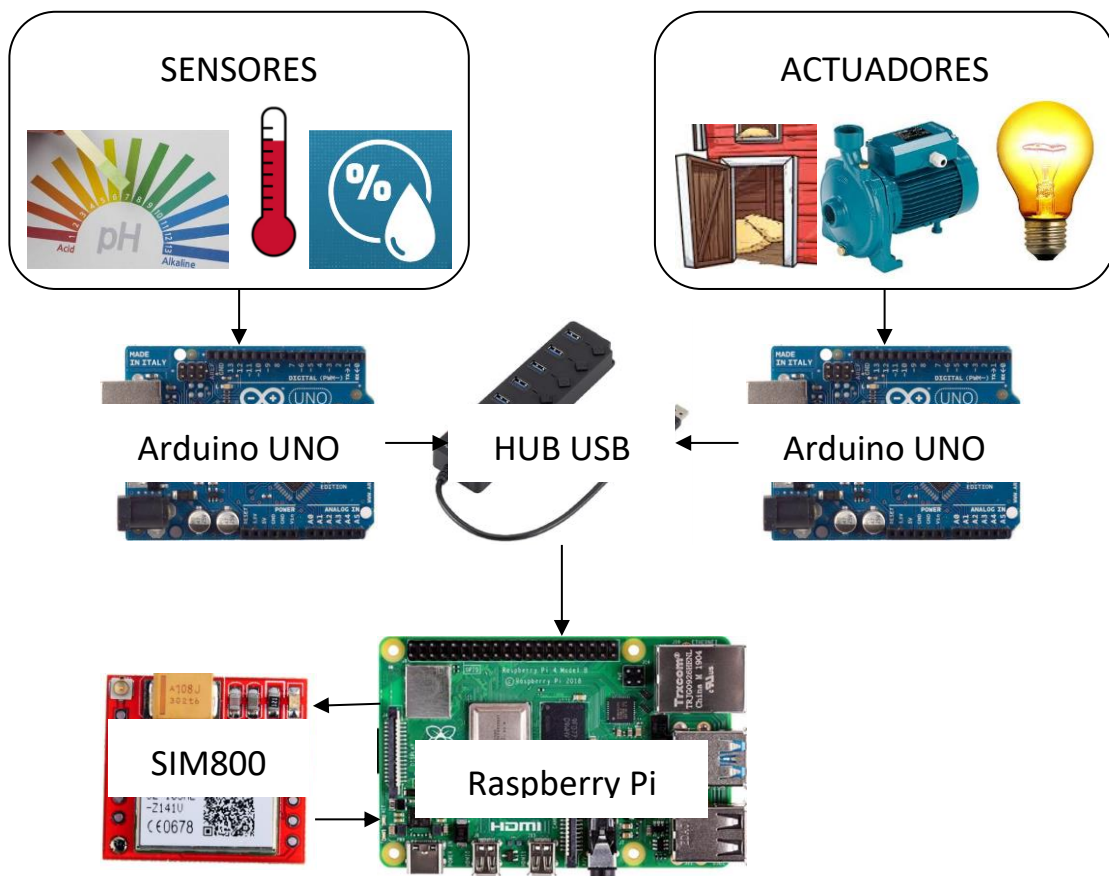
## Planteamiento de posible solución

Observando las exigencias al dispositivo cada vez que se requiere funciones puntuales y de mayor calidad, el arduino UNO se encuentra limitado. Por tal razón, se migra a la placa de desarrollo de mayor potencia, como lo es la Raspberry PI.

El entorno de desarrollo basado en linux de la placa Raspberry Pi, se asemeja a utilizar computadores con sistemas operativos linux y windows, esta cualidad nos permite programar con lenguajes con bastante información en internet y de alto nivel como Python, realizar códigos que logren ejecutarse en paralelo, realizar un número mayor de pruebas y ejecutarlas más rápido, sin mencionar la capacidad de memoria.

De esta manera, la conexión nueva quedara como se expone en la Figura 13, tenemos nuestra Raspberry Pi, donde conectaremos los sensores y actuadores por medio de un módulo Arduino Uno, del mismo modo, para la pesa y lector RFID, otro modulo Arduino UNO.

Figura 13. Esquema de conexiones del dispositivo integrado



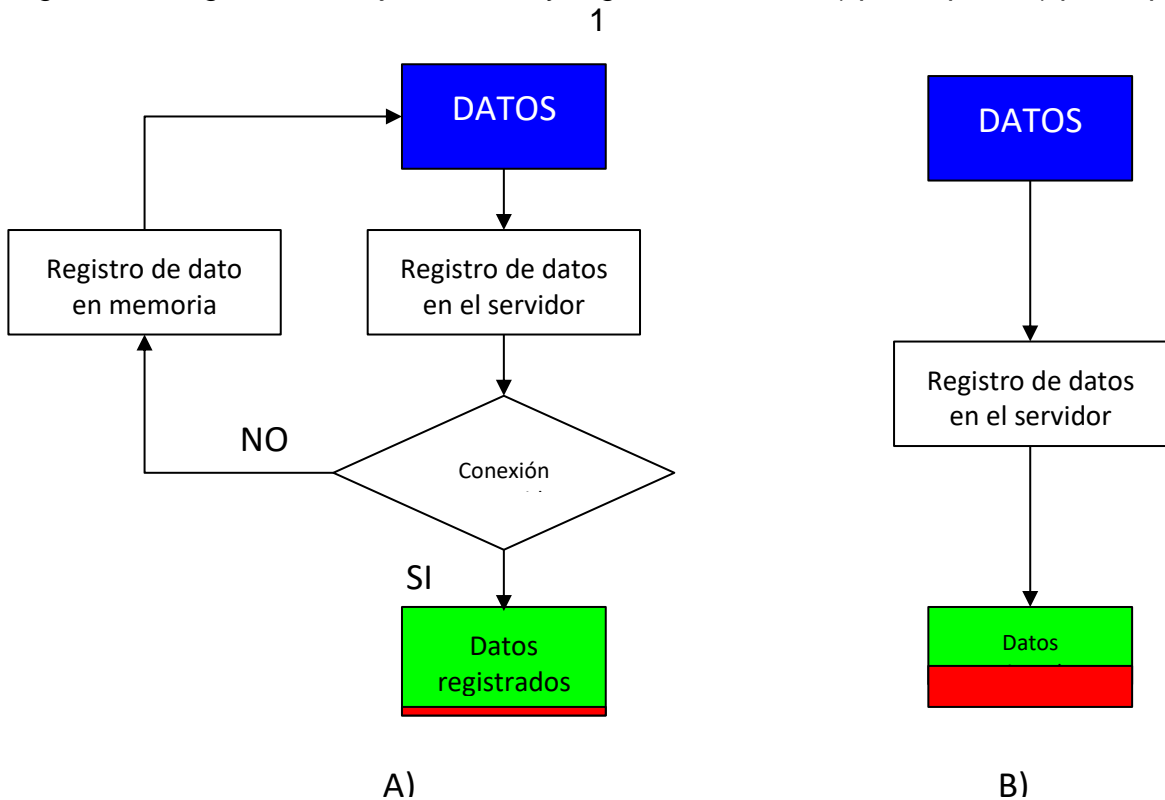
*Fuente: Desarrollo Vistronica*

## Rediseño software

### Perdida de datos

Como se ha mencionado, la implementación de placas con la cualidad de multi código y junto con su capacidad de memoria, ha dado como resultado la disminución de la tasa de pérdida de información, que equivale a la cantidad de datos que no pudieron ser registrados en el servidor y en la memoria [Figura 14](#), donde el recuadro en rojo es la cantidad de datos que se perdieron durante la actividad del dispositivo.

Figura 14. Diagrama de flujo de envío y registro de datos A) prototipo 3 B) prototipo



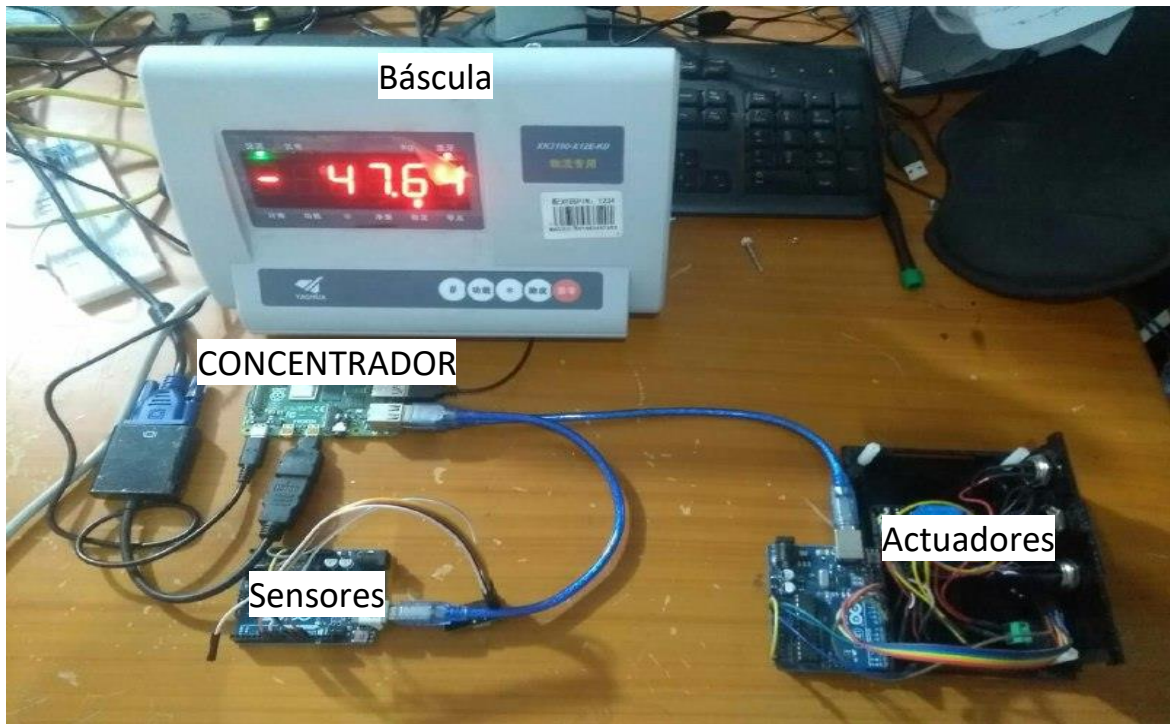
*Fuente: Desarrollo Vistronica*

### Pruebas

El prototipo como se ha mencionado posee una característica que es relevante en el desarrollo, en la implementación del proyecto y en el ambiente que se va a ejecutar, esta característica es la conexión alámbrica de todos sus periféricos (Módulo GSM, sensores y actuadores) al concentrador (Raspberry pi 4). Esto quiere decir que las pruebas pueden ser implementadas en un principio en el mismo sitio de desarrollo, la cual se desarrolló durante la etapa presente y que demostró ser

funcional en todos los aspectos mencionados en el informe. En la Figura 15 se aprecia la conexión del concentrador con los diferentes periféricos (módulo GSM, sensores, pesa y actuadores) conformando el dispositivo final de la etapa 3 y el cual se llevó a cabo para las pruebas.

Figura 15. Dispositivo final de la etapa 3 con los periféricos conectados



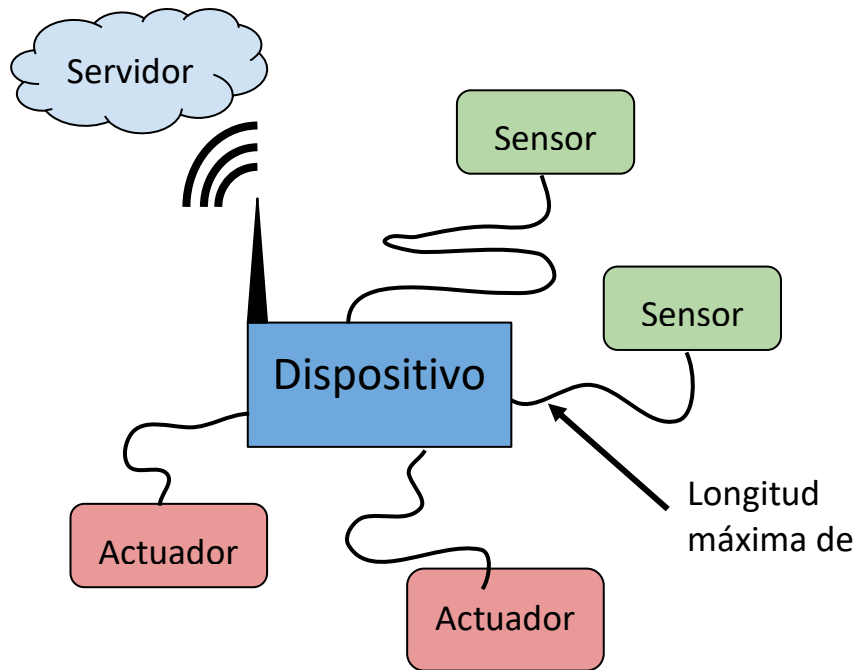
*Fuente: Desarrollo Vistronica*

La implementación de una placa de desarrollo como la Raspberry Pi no habilita trabajar de manera rápida y organizada, además de utilizar múltiples códigos ejecutados en paralelo. El prototipo 3 posibilita el envío de señales a los actuadores, aumenta el número de sensores conectados físicamente al dispositivo y disminuye la pérdida de datos gracias a la comunicación constante con GSM.

### **Inconvenientes del tercer prototipo**

El prototipo 3 ha realizado las funciones importantes del dispositivo en buena forma, sin embargo, hasta el prototipo 3, se ha evidenciado un tipo de conexión de forma totalmente cableada, esto quiere decir, que la cobertura de conexión que existe entre los sensores y actuadores con el dispositivo se encuentra limitada a la máxima distancia posible de conexión física cableada.

Figura 16. Esquema de conexión cableada prototipo 3



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Para el prototipo 3, la conexión cableada se encuentra limitada a una longitud de 15 metros aproximadamente, debido a que se encuentra transmitiendo datos y una longitud mayor generaría pérdida de estos y por supuesto lecturas erróneas.

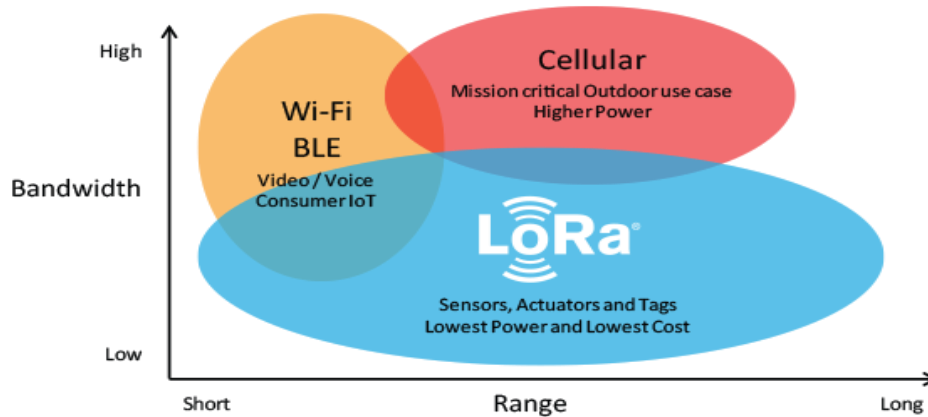
Por lo anterior, el dispositivo solo podrá actuar en un rango no mayor a 15 metros, es decir, los actuadores y sensores no podrán estar a mayor distancia, quizás esta distancia sea suficiente en determinadas actividades de la industria, pero en el sector agrícola, por ejemplo, los cultivos promedios abarcan grandes áreas y el dispositivo no sería capaz de adaptarse, lo anterior sin mencionar la complejidad en la instalación en campo.

### **Planteamiento de posibles soluciones**

Como se ha mencionado, la conexión entre los sensores y actuadores con el dispositivo deberá cumplir con distancias mayores a 15 metros, por consiguiente, se examina el uso de una tecnología inalámbrica que cumpla con este criterio y a su vez mantenga las cualidades de funcionamiento que hasta el prototipo 3 se tienen.

Existen varias tecnologías de conexión inalámbrica, tales como, Wi-fi, bluetooth, Xbee, LoRa. En la Figura 17 se observa la ubicación en rango/ancho de banda de 3 diferentes tecnologías para establecer una conexión inalámbrica

Figura 17. Gráfica de ancho de banda vs rango para diferentes tecnologías



Fuente: <https://www.semtech.com/lora/why-lora>

El Wi-Fi es una tecnología que se encuentra ubicada entre las más altas de ancho de banda o lo que quiere decir, gran capacidad de transmisión de datos, sin embargo, su rango es corto, ejemplo claro es la cobertura de la red Wi-Fi de un hogar promedio.

Por otra parte, la tecnología celular abarca gran distancia y a la vez una gran capacidad de transmisión de datos, pero sus dispositivos demandan mayor energía o potencia.

Finalmente, existe una tecnología que ha revolucionado las conexiones de internet de las cosas (IoT), LoRa es una tecnología de conexión inalámbrica de bajo costo, bajo consumo y gran rango o distancia de transmisión, varios kilómetros dependiendo las condiciones del ambiente y dispositivos utilizados, pero estas cualidades tienen un precio y es su baja capacidad de transmisión de datos, sin embargo, la ciencia de las conexiones IoT no demandan transmisiones de datos gigantes, más bien, se transmiten datos de sensores y actuadores donde la tecnología LoRa encaja perfectamente.

Con lo anterior se tiene claro que la tecnología adecuada para emplear la conexión entre sensores y actuadores a un dispositivo concentrador a una gran distancia es

la tecnología LoRa. En la Tabla 6 se observa la comparación entre el prototipo 3 y las ventajas de emplear la conexión inalámbrica LoRa.

Tabla 6. Comparación de características entre prototipo 3 y LoRa

<b>Característica</b>	<b>Prototipo 3</b>	<b>Conexión LoRa</b>
Conexión dispositivo-nodo	Cableada	Inalámbrica
Número de nodos	entre 10 - 20	entre 50 - 300
Distancia máxima de nodo	15 metros	entre 3km y 10 km
Protocolo	No aplica	LoRa
Instalación	Complejo	Fácil
Tiempo de descarga batería	No aplica	entre 8 y 15 meses
Comunidad	No aplica	TTN (The Things Networks) y otras organizaciones
Versatilidad	Limitado a sectores de poco rango de distancia	Cualquier sector poca y amplia distancia
Troubleshooting	Fácil	Complejo

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

La Tabla 6 deja en evidencia que emplear el protocolo de comunicación LoRa al prototipo 3 lo proporciona de grandes ventajas como la extensión de nodos (sensores y actuadores) a una distancia mayor a 1000 metros, además, poder implementar un gran número de nodos, hasta 300 algo que en una finca por ejemplo sería una cantidad razonable y cómoda.

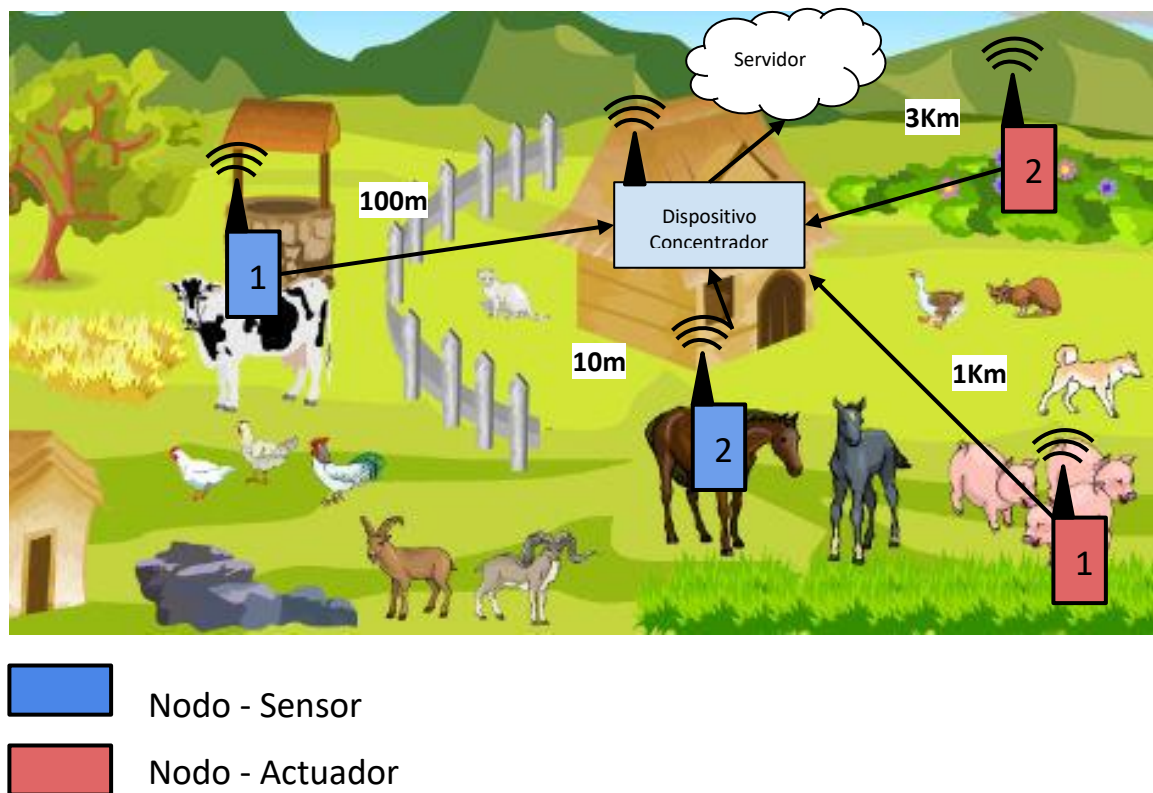


Por otra parte, la comunidad (The Things Network) es la unión de varios actores mundiales con la finalidad de avanzar en la conexión LoRa aplicada a una visión del mundo con la implementación de IoT, por tal razón, su desarrollo se ve afectado de manera positiva al tratarse de un tema que a nivel mundial se está retroalimentando.

### Comunicación LoRa

En la [Figura 18](#) se observa el tipo de conexión y rango de distancia que se tiene al emplear el protocolo LoRa.

Figura 18. Esquema de conexión utilizando el protocolo LoRa



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Se emplean 3 diferentes actores en la funcionalidad del dispositivo:

**Nodos:** Los nodos son estaciones que poseen una antena y un circuito de comunicación LoRa, estos son capaces de leer sensores o enviar señales a los actuadores, realizando la comunicación con el dispositivo concentrador (Gateway).



**Gateway:** La función de este componente es una analogía de un router o modem de internet, enrutando la información de los nodos LoRa y llevándola a un servidor mediante tecnología GSM, Wi-Fi o Ethernet.

**Servidor:** El servidor recibe los datos, los almacena, los procesa y los proyecta a comodidad del usuario.

### Diseño de un Nodo LoRa

Las características requeridas de un nodo son las siguientes:

- Costo de fabricación y producción bajo, puesto que un sector de la industria puede demandar más de 100 nodos.
- Distancia de radio de conexión mínimo 1Km
- Bajo consumo de energía, estos nodos pueden encontrarse situados en áreas remotas sin acceso a energía eléctrica
- Fácil adaptación a sensores
- Duración de batería mínimo de 6 meses
- Frecuencia de trabajo ondas de Radio 915Mhz

Basado en las características deseadas, se emplea el módulo transceptor sx1276 (Figura 19a) esta placa electrónica modula bajo el protocolo LoRaWAN, es de ultra bajo consumo y la distancia de comunicación máxima es de 3Km.

Figura 19. Componentes de nodo a) Módulo Transceptor sx1276 b) Microcontrolador Atmega328 c) Batería Li-ON



a)



b)



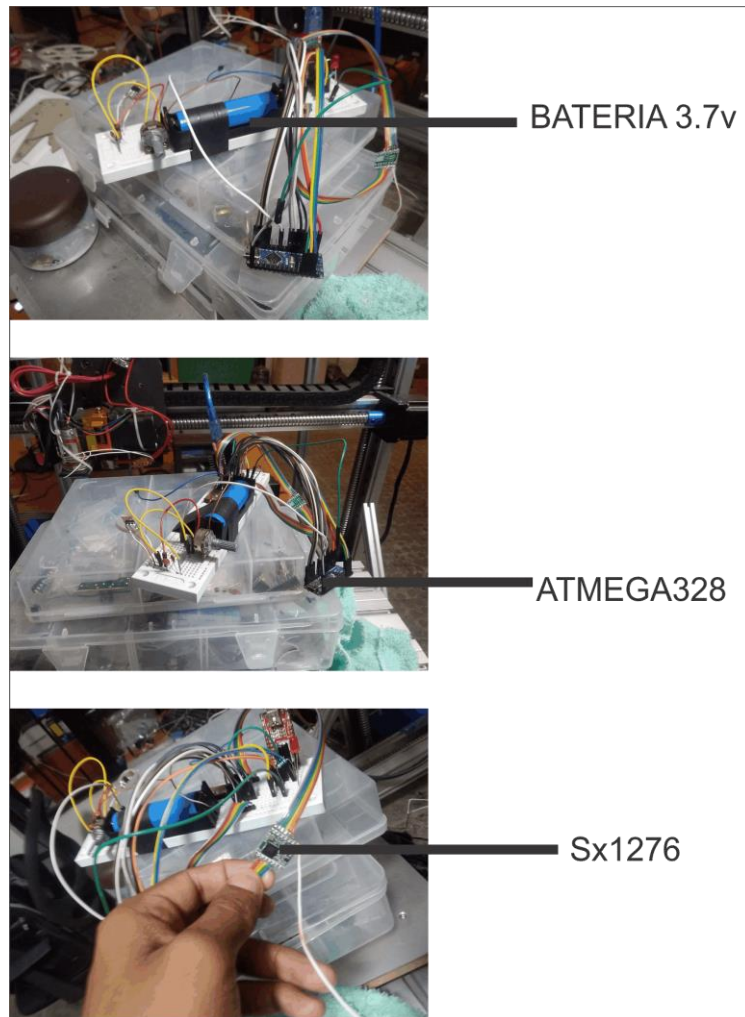
c)

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

El módulo transceptor se conecta a un microcontrolador Atmega328 (Figura 19b) por medio de comunicación SPI y el cual se encuentra configurado para operar en 3.3 voltios.

Finalmente, para la alimentación se tiene una batería LI-ION 18650 3.7V 2200MAH 1.5C, esta batería proporciona energía aproximadamente de 6 meses, de esta manera se conforma un nodo (Figura 20) que puede ser de tipo sensor o tipo actuador.

Figura 20. Componentes de nodo, Módulo Transceptor sx1276, Microcontrolador Atmega328, Batería Li-ON



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Se desarrollan dos nodos y se conectan de forma inalámbrica estableciendo una comunicación P2P o punto a punto, logrando enviar información de un nodo a otro de forma bidireccional.

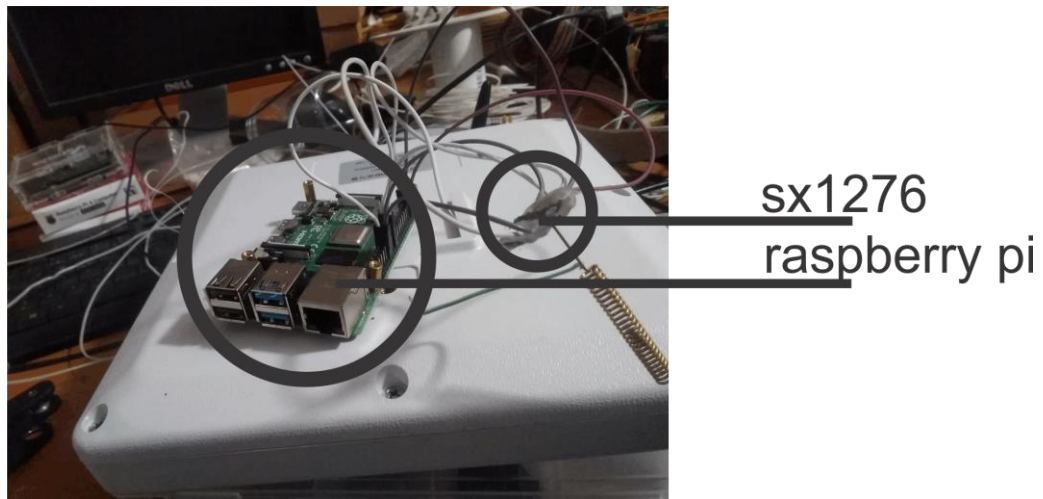
## Diseño de un Gateway o dispositivo concentrador

Las características requeridas de un nodo son las siguientes:

- Costo de fabricación y producción bajo, puesto que un sector de la industria puede demandar más de 100 nodos.
- Distancia de radio de conexión mínimo 1Km
- Compatible con Raspberry Pi
- Comunicación con más de un solo nodo
- Frecuencia de trabajo ondas de Radio 915Mhz

haciendo uso de un mismo transceptor sx1276 de los implementados en los módulos, pero esta vez conectado a una raspberry pi, se construye un dispositivo concentrador Gateway LoRa (Figura 21).

Figura 21. Gateway con un sx1276 y una Raspberry pi



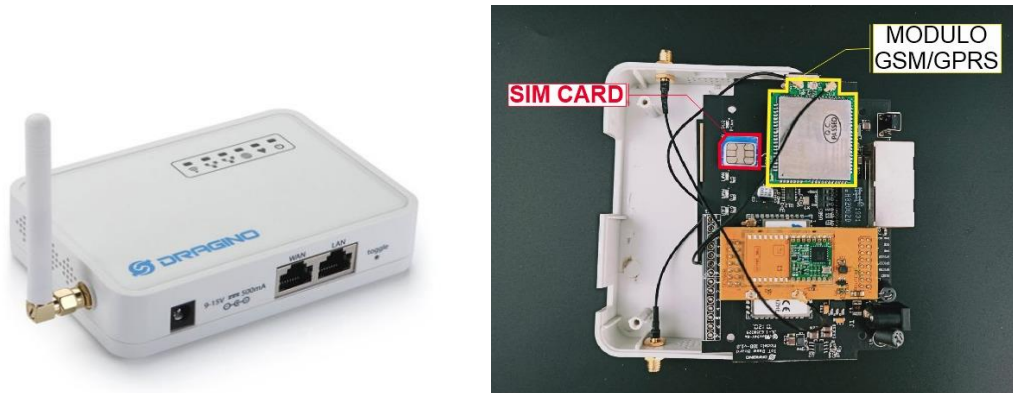
*Fuente: Desarrollo Vistronica*

En internet se encuentran múltiples proyectos de la implementación de un LoRa Gateway de bajo costo, varios de estos implementan placas de desarrollo como Raspberry Pi. Estos proyectos permiten emplear sus repositorios para montar un propio Gateway apoyados de tutoriales, el siguiente repositorio se descargó en el Gateway de la Figura 21, para dar funcionalidad y conexión al dispositivo concentrador.

```
git clone https://github.com/tftelkamp/single_chan_pkt_fwd
```

Sin embargo, después de varias pruebas se toma la decisión de adquirir un dispositivo dragino que hace el mismo trabajo que la raspberry, pero con algo extra; esto es una placa de comunicación a la red celular para conexión a internet además ofrece una interfaz lista para hacer más fácil las configuraciones y sale más económico.

Figura 22. Dragino



Fuente: [http://wiki.dragino.com/index.php?title=Main\\_Page](http://wiki.dragino.com/index.php?title=Main_Page)

#### 4.1.4. Creación del entorno grafico web y servidor

##### Diseño servidor

Se realizan pruebas con un servidor público para la tecnología LoRa, puede ser útil para realizar pruebas rápidas de conexión y entender la funcionalidad que debe tener un servidor propio que se desee implementar.

Un servidor LoRa es una herramienta para aplicaciones de internet de las cosas, integrado con una interfaz web que permite crear usuarios, organizar información, administrar dispositivos entre otras funciones más.

Por otra parte, se encaja la posibilidad de comprar una torre servidor la cual se implementará en las instalaciones de la empresa, a fin de realizar pruebas de su rendimiento y dejarla posicionada como el servidor principal del proyecto.

## Servidor público para LoRa

Como se ha mencionado, la comunidad que ayuda con el desarrollo del protocolo de comunicación LoRa también aporta en la implementación de servidores de uso gratuito y libre a fin de crear una red de comunicación mundial y expandir el uso de esta tecnología en todo el planeta.

La red de comunidades popular en este ámbito es TTN (The Things Network) una red pública con la iniciativa de que las personas accedan a una red abierta, libre y descentralizada para conectar todo, con un bajo consumo, gran cobertura y transmisión de datos suficiente para el propósito.

## Implementación usando servidor publico

Cuando se implementa un Gateway o dispositivo concentrador, su configuración genera un código o ID único en el mundo, por medio de este ID se identificará ante la extensa red de LoRaWAN en todo el planeta, además, este código es indispensable para poder registrarlo haciendo uso del servidor TTN y lograr utilizar sus herramientas. Aunque el registro es sencillo hay que tener claro la frecuencia en que se opera el gateway y que depende de su ubicación geográfica, para América latina no se tiene una frecuencia definida aún, por tal razón, se emplea la de Estados Unidos (915Mhz). Una vez registrado el gateway y si es exitoso aparecerá un Status conectado (Figura 23)

Figura 23. Interfaz Web TTN para el Status del registro exitoso de un Gateway LoRa

**Status** ● connected

**Frequency Plan** United States 915MHz

**Router** ttn-router-us-west

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

## Pruebas web, servidor y prototipo

### Enviar datos de un nodo al servidor

Cuando un nodo envía datos a un servidor ocurre una serie de procesos de seguridad. Los servidores LoRa admiten dos maneras de activación de nodos para iniciar la comunicación con el nodo:

OTAA (activación por aire) - de esta forma, cada vez que el nodo se comunica con el servidor, se generan credenciales que, al ser autenticadas, permiten la comunicación. Es más segura y el nodo puede cambiar de red y no necesita reprogramarse.

ABP (Activación por personalización) - de esta manera las credenciales son proveídas una única vez por la persona que registrar el nodo y deben coincidir tanto en la programación del nodo, como en la página del servidor. Se debe tener cuidado aplicar credenciales que sean únicas o de lo contrario se genera conflictos y si el nodo cambia de red, debe programarse de nuevo sus credenciales.

### Activación por ABP en TTN

En la [Figura 24](#) se aprecia la activación de un nodo (nodo-sutagao) mediante ABP, en este proceso se requiere 3 identificadores únicos (Device EUI, Application EUI y APPkey) si no se crea conflicto el servidor podrá conectarse con el nodo.

Figura 24. Interfaz Web servidor TTN para activación de un nodo

The screenshot shows the 'DEVICE OVERVIEW' section of a TTN web interface. It contains the following fields and controls:

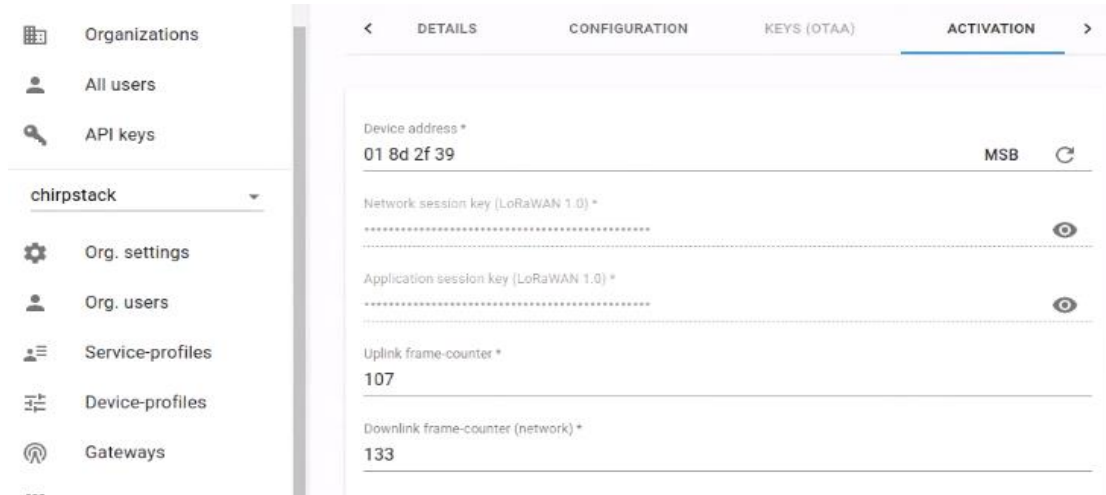
- Application ID:** A text field containing the value 'nodo-sutagao'.
- Device ID:** A text field containing the value 'nodo'.
- Activation Method:** A dropdown menu currently set to 'OTAA'.
- Device EUI:** A text field containing the hexadecimal value 'AB 40 41 12 34 56 78 90'. It includes a copy icon on the right and a toggle for visibility.
- Application EUI:** A text field containing the hexadecimal value '70 B3 D5 7E D0 03 07 15'. It includes a copy icon on the right and a toggle for visibility.
- App Key:** A text field containing a series of dots, indicating a hidden key. It includes a copy icon on the right and a toggle for visibility.

*Fuente: Desarrollo Vistronica*

## Activación por ABP en servidor privado

En la [Figura 25](#) se aprecia la interfaz web para el servidor ChirpStack y la activación de un nodo por ABP de la misma manera que en el servidor privado.

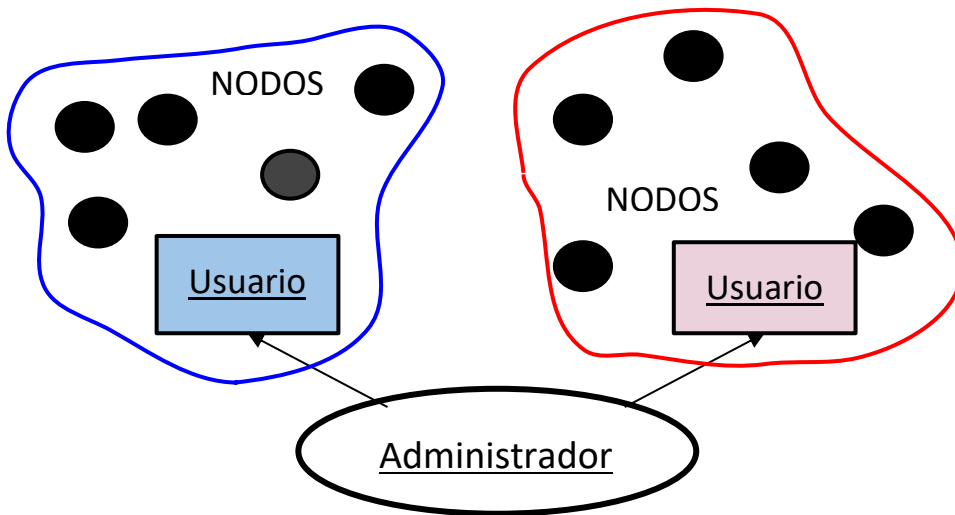
Figura 25. Interfaz Web servidor ChirpStack para activación de un nodo



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Un administrador LoRa junto con un gateway, no solo puede cubrir un usuario, sus capacidades puede ir más allá. En la [Figura 26](#) se aprecia un administrador que contiene dos usuarios y cada usuario posee diferentes nodos.

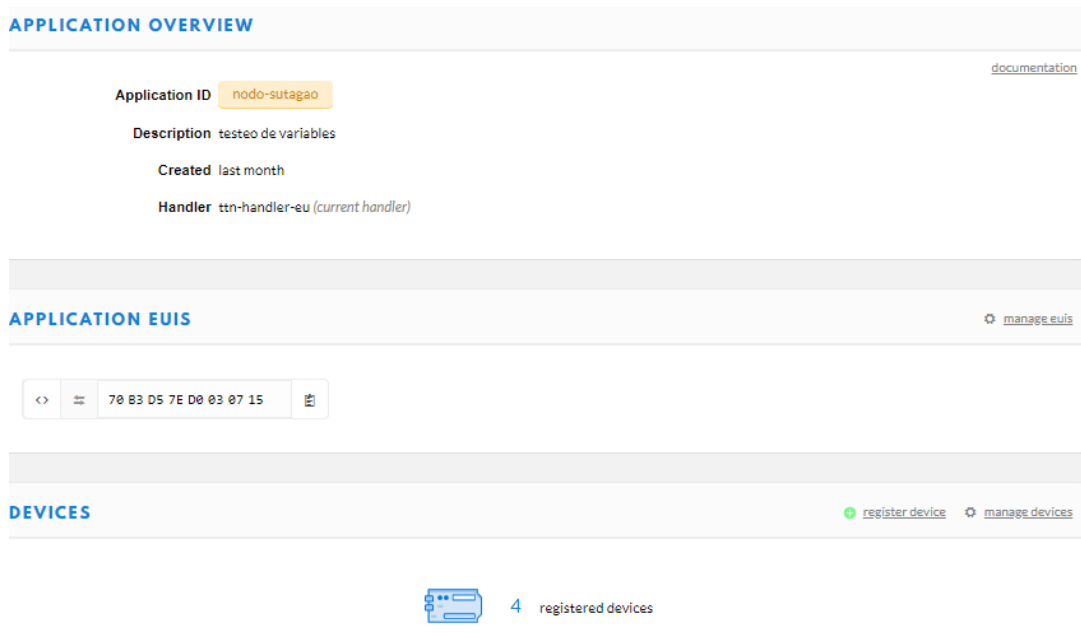
Figura 26. Administrador con 2 usuarios y sus respectivos nodos



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

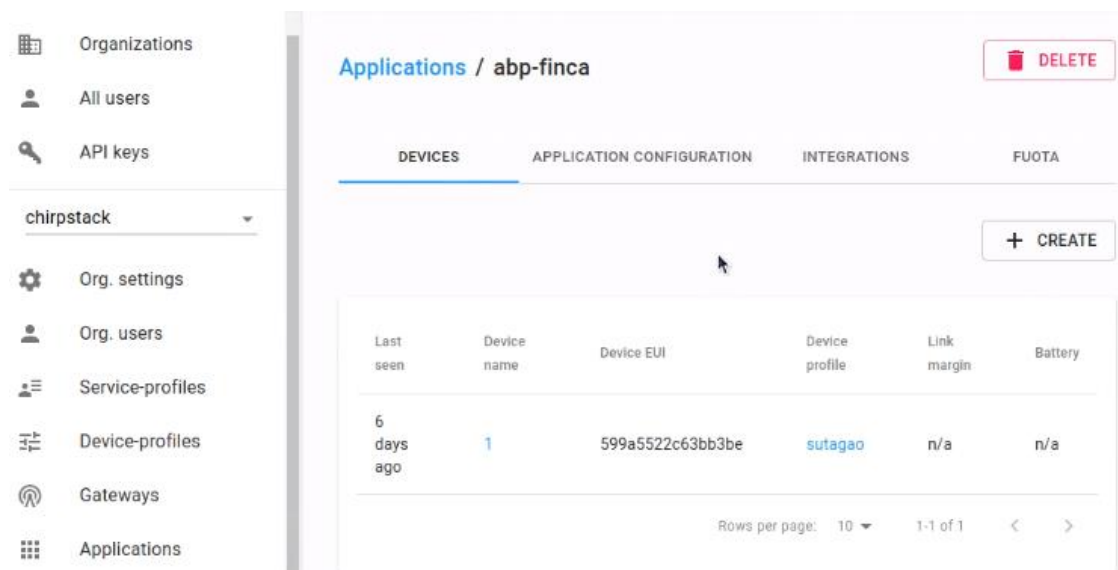
Tanto el servidor público como el privado, posee esta característica de administración. En la [Figura 27 y 28](#) se observa el usuario con 4 dispositivos o nodos, tanto para TTN y ChirpStack respectivamente.

Figura 27. Interfaz web de TTN para un Usuario y 4 nodos registrado



Fuente: Desarrollo Vistronica

Figura 28. Interfaz web de ChirpStack para un Usuario y 4 nodos



Fuente: Desarrollo Vistronica



#### 4.1.5. Creación de web aplicación por responsive desing

##### Renovación alquiler servidor

Como se mencionó en el desarrollo de la etapa 4, para la parte del servidor se decide adquirir una torre servidor como se observa en la Figura 29 con las especificaciones descritas en la Tabla 7 y teniendo en cuenta parámetros de rendimiento y excelente relación desempeño/precio respaldado por su fabricante IBM. Además, es un servidor de bajo consumo, tamaño cómodo y fácil instalación perfecto para implementarlo junto a la Red establecida en la empresa Vistronica SAS.

Figura 29. Torre Servidor IBM x3100



Fuente: <https://www.lenovo.com/es/es/data-center/servers/towers/System-x3100-M5/p/77XS7HV7V13>

Tabla 7. Características principales servidor IBM x3100 M4

Característica	Descripción
Factor forma/altura	Torre
Procesador	Serie Intel Xeon E3-1200 (quad-core) hasta de 3.5 GHz/8 MB/1333 MHz
Memoria	8GB
Disco duro	1TB

Capacidad de disco	12TB
Sistemas operativos	Microsoft® Windows® Server 2008 R2/ Microsoft Windows Server 2008, Red Hat Linux® y SUSE Linux

Fuente: <https://www.lenovo.com/es/es/data-center/servers/towers/System-x3100-M5/p/77XS7HV7V13>

## Diseño Responsive Design

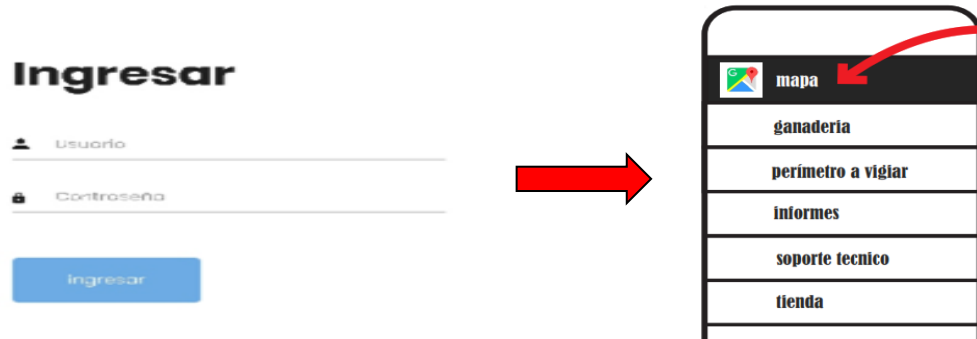
Es una práctica objetiva e indispensable determinar los casos de uso, a fin de entender el funcionamiento y experiencia de la herramienta web, en el presente caso se tiene:

- Login de usuarios.
- Los usuarios y nodos o sensores inalámbricos deben de estar enlazados entre el aplicativo y el servidor Chirpstack.
- Cada sensor debe poseer un ID identificador único.
- El aplicativo web debe poseer un mapa principal donde se ubiquen todos los sensores implementados en los animales.
- El aplicativo web debe tener la característica de poder asignar un perímetro o cerca virtual para el ganado.
- Cada ID del sensor implementado en el animal debe estar asociado con dos características variantes como la temperatura y peso.
- El aplicativo web debe de tener la posibilidad de realizar búsqueda de sensores y edición de los mismo.
- El aplicativo también deberá permitir la descarga de datos de información de la base de datos.
- El aplicativo permitirá la generación de gráficas de acuerdo con la información alojada por los sensores en la base de datos.
- Cuando un sensor o animal salga del área delimitada como cerca virtual, el aplicativo debe generar una alarma.
- Soporte técnico.
- Tienda donde se pueda comprar elementos.

### previsualización de los casos de uso:

A continuación, encontramos el boceto de previsualización de casos de uso, de manera gráfica y como se pretende sea expuesta a los usuarios.

Figura 30. Página de inicio de sesión y menú de la plataforma



Fuente: Desarrollo Vistronica

En la Figura 30 se observa la plataforma de inicio de sesión luego del menú para el usuario, en él se encuentran los diferentes botones que representan las funciones que se puede observar y gestionar en el aplicativo.

En la Figura 31 se tiene la lista de nodos o sensores que estarán implementados en cada animal, cada uno con sus características ingresadas por el usuario y con la posibilidad de editar la información en cualquier momento.

Figura 31. Página de lista de sensores o nodos

ID_NAME	CARACTERISTICAS
NODO_1	NOVILLA 6 MESES PECOSA <input type="button" value="editar"/>
NODO_2	TORRO CEBU ,2 AÑOS <input type="button" value="editar"/>
NODO_3	VACA PRODUCTORA DE LECHE <input type="button" value="editar"/>
NODO_4	TORRO NORMANDO ,1 AÑO <input type="button" value="editar"/>
NODO_5	TERNERO RECIENTE NACIDO <input type="button" value="editar"/>
NODO_6	VACA PRODUCTORA 15 LITROS <input type="button" value="editar"/>

Fuente: Desarrollo Vistronica

Figura 32. Página de limitación de cerca virtual y mapa

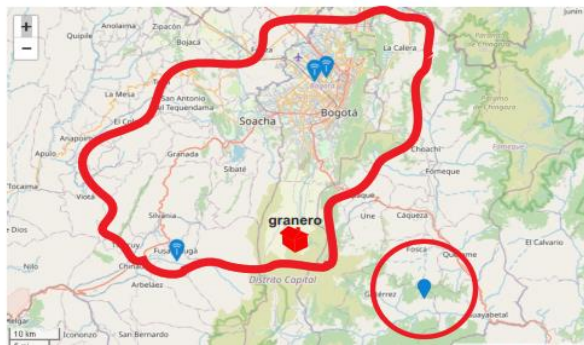


Fuente: Desarrollo Vistronica

En la [Figura 32](#) se tiene el mapa del sitio en cuestión, en él se tiene la posibilidad de crear una cerca virtual, trazar un perímetro a fin de que el ganado sea contenido dentro de este, una vez se detecte que el animal se encuentra fuera del perímetro, la plataforma lanzará una alerta como se aprecia en la [Figura 33](#).

Figura 33. Página de limitación de cerca virtual con una alerta por animal fuera del perímetro

ALERTA



Fuente: Desarrollo Vistronica

También es necesario descargar datos de toda la información que se registre de cada sensor, con la posibilidad de filtros por fecha y características tal cual se observa en la [Figura 34](#).

Figura 34. Página de filtro y descarga de información



Fuente: Desarrollo Vistronica

En la parte de soporte, se encuentra una página para llenar información de contacto, simplemente es un espacio donde se envía una petición por correo electrónico de manera informal, con la información o asunto a tratar (Figura 35).

Figura 35. Página de soporte y contacto

**Contactanos**

Nombre

Email

Teléfono

Tu mensaje...

Enviar

**Soluciones de conectividad en el sector agrícola Colombiano.**

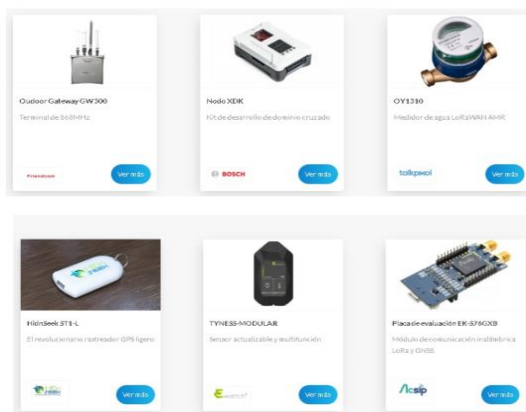
Vistrónica presenta una serie de herramientas, para el monitoreo y control de variables, para el sector agrícola colombiano, basandonos en factores como:

Experiencia Creatividad Herramientas

*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

Finalmente, un espacio adicional estará dedicado a la venta de insumos, llamada tienda, donde se expondrá productos referentes a la conexión IOT con la ganadería (Figura 36)

Figura 36. Página de tienda virtual



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

## Pruebas Responsive Design

En las pruebas se realizó el empalme entre la información alojada en el Chirpstack, y el aplicativo web diseñado. En esta parte se expondrá pantallas del producto final del diseño del aplicativo web.

## Visualización en la web

Como se mencionó en la parte del boceto, se diseña la pantalla de inicio de sesión, en la [Figura 37](#) se observa el diseño final y producto montado en el aplicativo web para la parte de inicio de sesión.

Figura 37. Página final de inicio de sesión



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

De igual manera, en la [Figura 38](#) se tiene el producto final del mapa de sitio, también se observa el área delimitada o lo que se denominó anteriormente como cerca virtual.

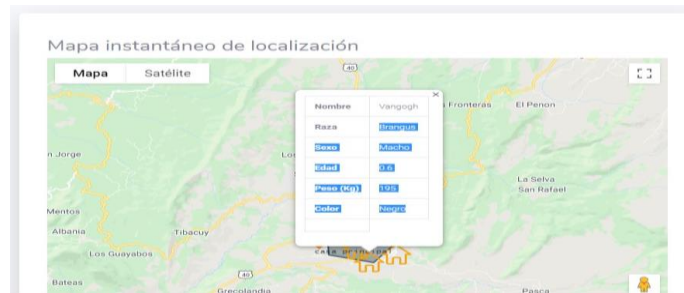
Más adelante en la [Figura 39](#), se proyecta el área delimitada junto con un sensor o nodo registrado y ubicado por coordenadas, en este caso este nodo representa un animal con un sensor dispuesto en un collar.

Figura 38. Página final de mapa del sitio junto con la cerca virtual



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

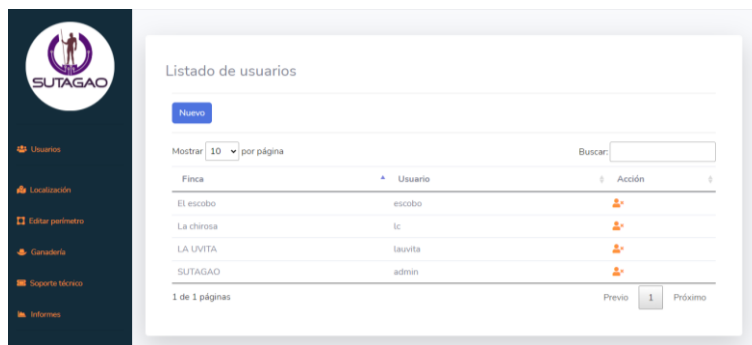
Figura 39. Página final de mapa del sitio junto con la cerca virtual y un nodo o animal



Fuente: Desarrollo Vistronica

Ahora, con el registro de nodos o sensores, el diseño final de la lista de nodos se puede apreciar en la [Figura 40](#).

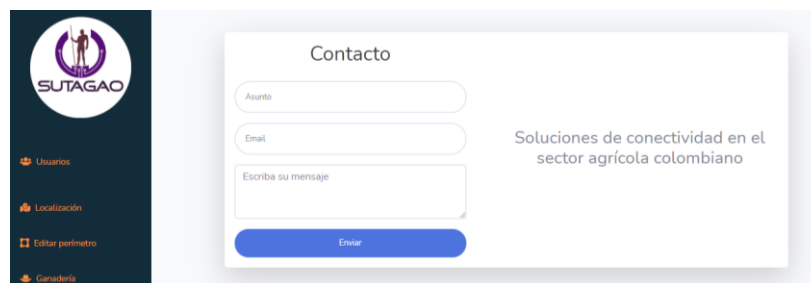
Figura 40. Página final de lista de nodos o sensores



Fuente: Desarrollo Vistronica

Finalmente, para la parte de soporte, el diseño final refleja lo requerido en el boceto, tener un formulario de contacto donde con la posibilidad de enviar mensaje vía correo electrónico ([Figura 41](#))

Figura 41. Página Final de soporte y contacto

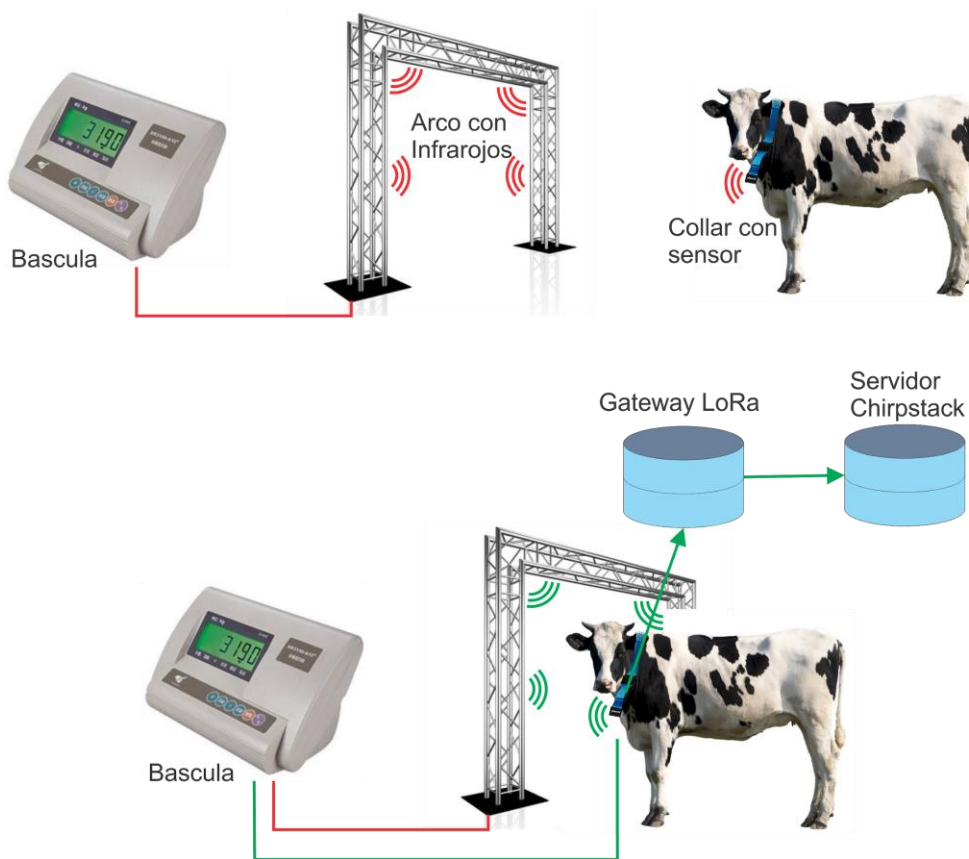


Fuente: Desarrollo Vistronica

## Control remoto Responsive Design

Uno de los parámetros importantes en la actividad pecuaria como el ganado, es el peso de los animales, esta característica es medible y por lo tanto gestionable.

Figura 42. Esquema de funcionamiento del registro de peso controlado remotamente con la bascula



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Aprovechando los nodos-sensores implementados en el cuello del animal, se puede llevar registro del peso por cada animal. En la [Figura 42](#) se observa una vaca que se acerca a un arco provisto con emisores de luz infrarroja, estos emisores se utilizan para activar el sensor del cuello del animal y que sea el único que esté listo para recibir la comunicación de la báscula con el peso registrado, se debe hacer de esta manera puesto que es imposible determinar que animal y en qué momento va pasar sobre la báscula y así se asegura que se tome el peso real de la vaca que está sobre la báscula. Una vez el nodo tenga el valor del peso, procede a comunicarse con el Gateway y registrar el peso, el servidor Chirpstack pasa a ser utilizado finalmente por la interfaz web.



#### 4.1.6. Desarrollo final del dispositivo, servidor, aplicación y marketing

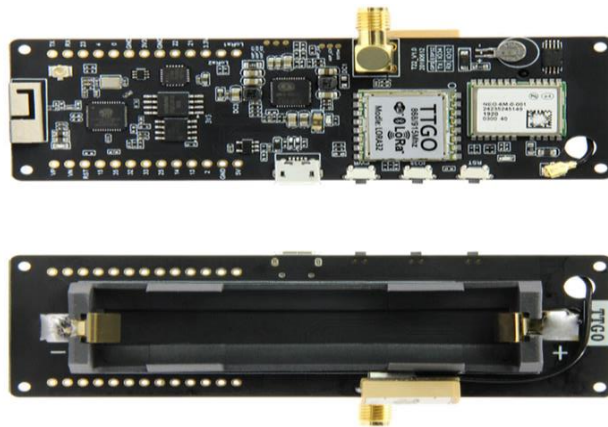
##### Ajuste circuitos

Como se ha observado durante la creación de la topología de la red de comunicación del sistema IoT implementado, se tiene nodos, Gateway y servidor principalmente. El Gateway es un dispositivo de la marca Dragino que está conectado a internet y es alimentado con un adaptador DC como sucede con los módems de internet del hogar. Por otra parte, los nodos al estar en el cuello de los animales o en sitios remotos alejados de la red eléctrica, deben ser inalámbricos y autónomos en su energía, en pocas palabras, deben de tener baterías que prolonguen su funcionamiento y lo hagan portable.

##### Implementación de los nodos

El dispositivo Nodo implementado es el que se observa en la [figura 43](#), esta placa electrónica trae consigo el módulo de comunicación inalámbrica LoRa y GPS, indispensables para el desarrollo del proyecto, Además, la placa cuenta con un porta baterías para baterías de Li-on.

Figura 43. Placa de desarrollo TTGO ESP32 Y LoRa.

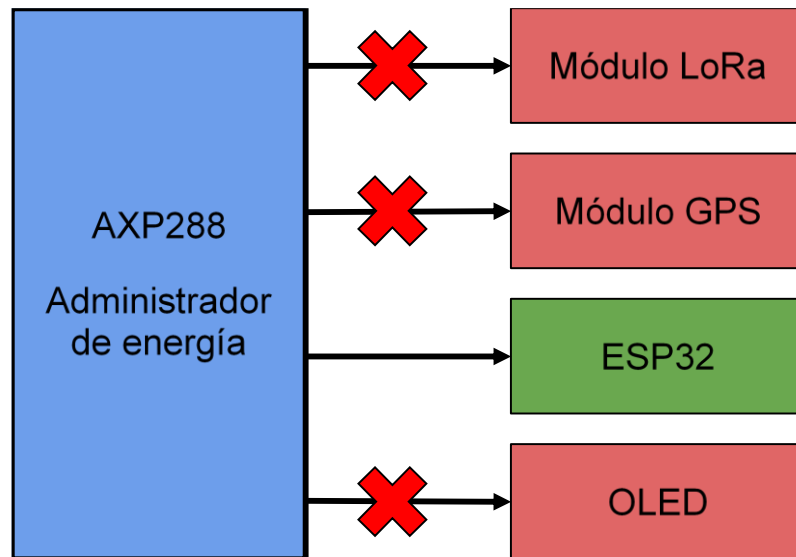


Fuente: <http://www.lilygo.cn/>

El dispositivo en funcionamiento debe asegurar la carga de la batería por tiempo prolongado, debido a que este se colocara como collar en el animal y sería engorroso e ineficiente cambiar la batería por tiempos cortos.

Gracias a una investigación previa acerca del ahorro de energía y la implementación de circuitos de ultra bajo consumo, mediante programación y el chip incorporado de administración de energía (AXP288) se logra desconectar módulos totalmente de su energía y así lograr ahorrar corriente (Figura 44).

Figura 44. Esquema funcionamiento administrador de energía AXP288.



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

En el caso de la anterior, el único módulo encendido sería el microcontrolador ESP32.

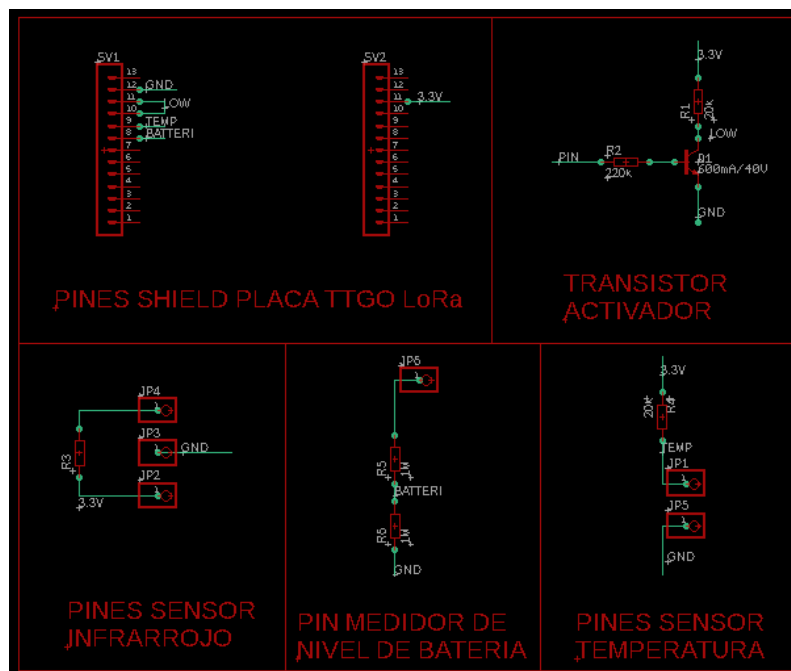
Por otra parte, el microcontrolador principal ESP32 de bajo consumo, posee una característica de sueño profundo, haciendo que apague internamente todas sus funciones y se encienda exclusivamente al cumplirse determinado tiempo o por una señal externa. Uniendo estas dos características se logra disminuir el consumo en un 80% pasando de 150mA a 1.2mA.

Sin embargo, el nodo debe medir características propias del animal o del objeto al que será asignado, en este caso el peso del animal y como se enfatizó al final de la etapa 5, esta acción de registrar el peso es un control remoto entre la báscula y el animal con la acción de emisores y receptores infrarrojos, la misma acción que utilizan los controles remotos con los equipos de sonido o televisores.

En la Figura 45 se expone el esquema de lo que será la tarjeta Shield o tarjeta compatible con la placa electrónica TTGO de la Figura 43. Este circuito está conformado:

- Pines Shield: Los cuales serán compatibles en tamaño y distancia para encajar en la placa electrónica TTGO
- Circuito activador con transistor: Este circuito recibe la señal del sensor infrarrojo y activa la placa electrónica TTGO para realizar las funciones propias de comunicación LoRa.
- Pines sensor: Son tres pines donde se empata el sensor receptor infrarrojo.
- Pin medidor de nivel de batería: Este arreglo sensa el voltaje de batería y lo conecta con la placa electrónica TTGO a fin de avisar que al dispositivo se le agota la batería.
- Pines sensor de temperatura: Este arreglo empata el sensor de temperatura para sensar la temperatura corporal del animal.

Figura 45. Esquema eléctrico del circuito de adecuación del nodo diseñado en software Eagle.



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Un arco con led infrarrojos emisores (Figura 46), emiten luz infrarroja en un rango de 1 metro a la redonda, cuando el animal se acerque al arco el nodo provisto con el

circuito receptor captará la luz infrarroja y activan el microcontrolador y este a su vez los módulos de comunicación, para recibir el peso que será enviada por la báscula a través de una placa de desarrollo LoRa.

Figura 46. Arco con tiras de led infrarrojos emisores

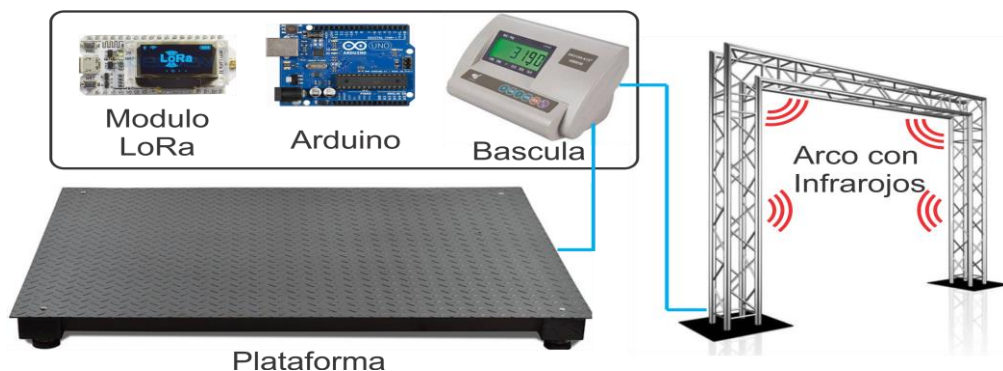


Fuente: Desarrollo Vistronica

### Implementación de báscula con LoRa

El primer desafío es capturar el peso real del animal “Cuando el animal camina sobre la báscula, la locomoción genera fuerza, que fluctúa arriba y abajo del peso real del animal en reposo” para capturar el peso se realiza un registro de 50 datos durante el paso el animal sobre la báscula, donde los datos repetidos con más frecuencia reflejaran el verdadero peso del animal.

Figura 47. Esquema de conexión del sistema de báscula



Fuente: Desarrollo Vistronica

Como se observa en la [Figura 47](#), la báscula se encuentra conectada con la plataforma, la placa electrónica Arduino y con el arco de emisores infrarrojos. En síntesis, la báscula envía constantemente datos de peso al Arduino de la siguiente forma.

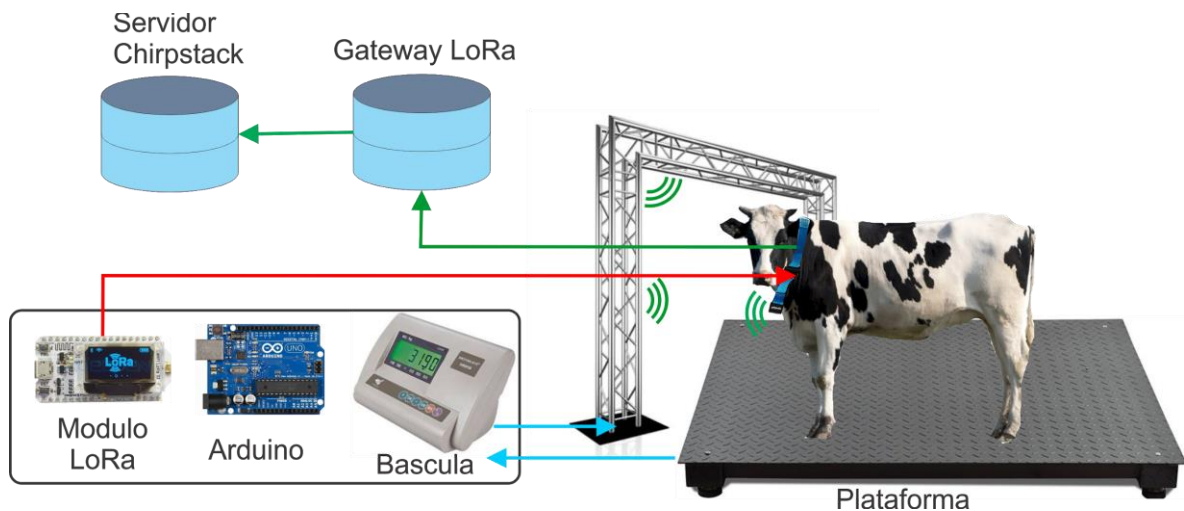
*formato de comunicación con el arduino a través de RS232*

*peso bruto: ww000.000kg*

*peso bruto: wn000.000kg*

El Arduino entonces una vez supere el peso de 0kg, infiere que algún animal está sobre la plataforma y comienza a registrar los 50 datos. Posteriormente selecciona cual es el peso real y lo empaqueta para enviarlo por comunicación LoRa al dispositivo nodo que con anterioridad ha sido activado con el arco y que se encuentra en el cuello del animal que está sobre la báscula. ([Figura 48](#))

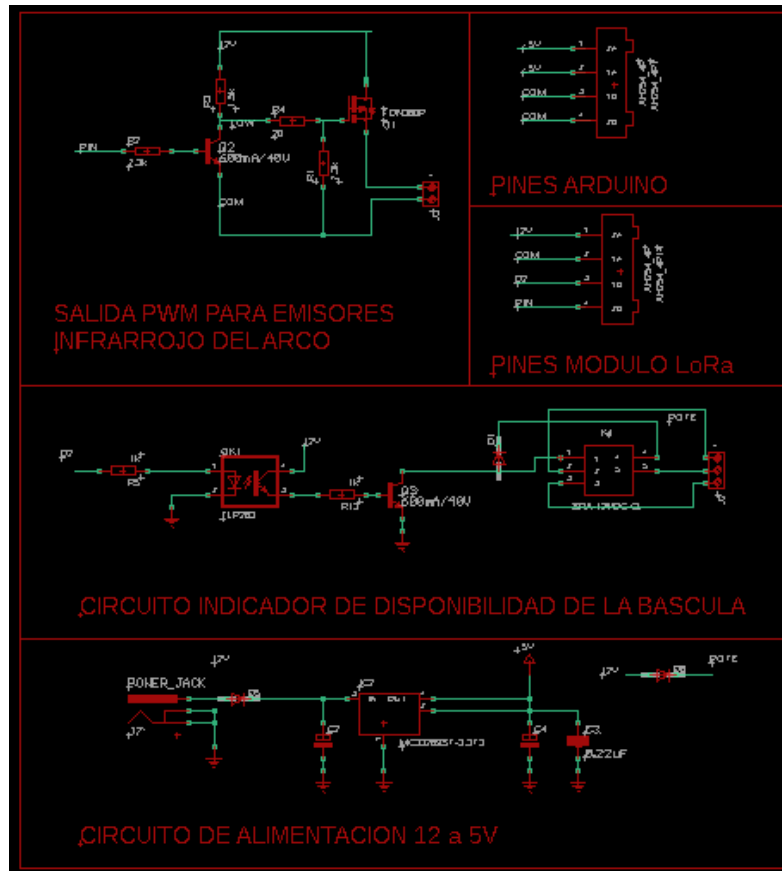
Figura 48. Esquema de conexión del sistema de báscula junto con la comunicación del nodo



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

En la [Figura 49](#), se ilustra de nuevo el diseño del esquema eléctrico en software Eagle, esta vez con las adaptaciones del sistema de báscula para conectar el arco, el módulo LoRa y la báscula con su electrónica.

Figura 49. Esquema eléctrico del circuito de adecuación de la báscula diseñado en software Eagle



Fuente: Desarrollo Vistronica

**Circuito de alimentación de 12v a 5v:** Conformado por una etapa reguladora de voltaje, donde ingresan 12 voltios de un cargador o fuente de voltaje y salen 5 voltios que alimentan todo el circuito interno de la placa.

**Circuito indicador de disponibilidad de la báscula:** Este circuito actúa dependiendo de las señales enviadas por el Arduino, el cual da la orden indicando cuando está ocupada y cuando se encuentra libre la báscula. cabe aclarar que este indicador finalmente es una bombilla que se encienden o se apagan.

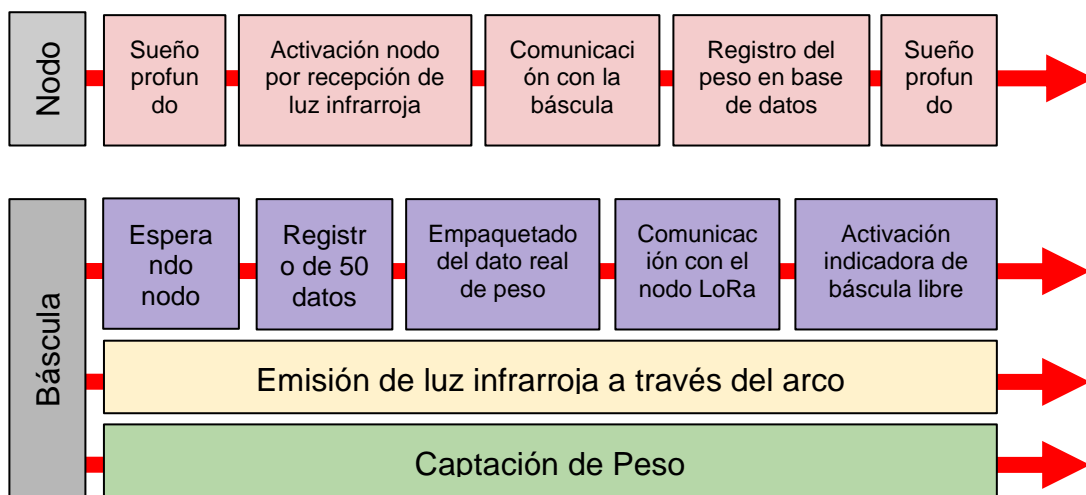
**Salida PWM para emisores infrarrojos del arco:** Los emisores infrarrojos deben de encender y apagar rápidamente, a frecuencias altas que la vista del ojo humano no puede percibir, esto hace que la señal a esta frecuencia se refleje en los objetos del ambiente y sea más fácil la captación por el dispositivo nodo.

**Pines Arduino:** Pines que comparten comunicación con el Arduino.

**Pines módulo LoRa:** Pines que comparten voltaje con el módulo LoRa para su funcionamiento.

Una vez se llega a este punto, es posible entender la forma en que se enviará el registro de peso de cada animal a la base de datos que registra las características de los animales. En la Figura 50 se ilustra el proceso en bloques para la captación del peso y registro digital en la base de datos, teniendo en cuenta el ahorro de energía y la forma de actuar de los animales, es decir, ellos pasarán sobre la báscula las veces que deseen y el momento que quieran, por tal razón la captación de peso y la emisión de luz infrarroja son constantes en el tiempo.

Figura 50. Diagrama de bloques del registro de la captación y registro de peso de los animales



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

### Implementación carcasa

La carcasa hace alusión a la cubierta del nodo que acompañará el animal, por tal razón, debe de cumplir ciertos requisitos como impermeabilidad, acoplamiento fácil para la electrónica, cómodo para llevarlo en un collar sobre el cuello del animal y con una cubierta transparente, a fin de que el circuito receptor de luz infrarroja pueda recepcionar la luz sin obstáculos, además de ser resistente a los golpes y de bajo costo.

El tipo de carcasa utilizada se observa en la Figura 51, posee orificios a los costados para un cómodo agarre a las superficies, además de la cara superior totalmente transparente, está cubierta es hermética, haciéndola útil para contener la electrónica del sensor.

Figura 51. Carcasa plástica con cubierta transparente totalmente hermética



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Acompañando las carcasas va una correa que abraza el cuello del animal, esta correa está conformada con materiales resistentes de lona, similares a los materiales que se utilizan para las correas de los hombros en mochilas que utilizan las personas, este tipo de correas son acolchadas y cómodas para el animal.

Figura 52. Modelo final del nodo en la carcasa con la correa



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

#### 4.1.7. Diseño de sensores

##### **Renovación alquiler servidor**

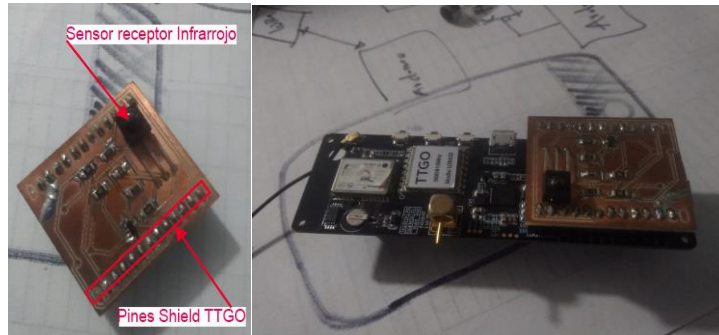
Como se mencionó en el desarrollo de la etapa 5, para la parte del servidor se decide adquirir una torre servidor, teniendo en cuenta parámetros de rendimiento y excelente relación desempeño/precio respaldado por su fabricante IBM. Además, es un servidor de bajo consumo, tamaño cómodo y fácil instalación perfecto para implementarlo junto a la Red establecida en la empresa Vistrónica SAS.



## Implementación de los circuitos

Haciendo uso de una ruteadora CNC, se realiza el prototipo de PBC para soldar los componentes y conectarla a la placa de desarrollo TTGO como se observa en la [figura 53](#) y del mismo modo para la adaptación de la báscula como se observa en la [figura 54](#).

Figura 53. Circuito receptor de luz infrarroja junto con la placa de desarrollo TTGO



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

Figura 54. Prototipo PCB para la conexión de la báscula, plataforma y arco



*Fuente: Desarrollo Vistronica*

## Pruebas

Como se hizo énfasis en las etapas anteriores, existen requerimientos de gran importancia para el desarrollo y funcionalidad completa del sistema. A continuación, se realizan y evidencias las pruebas realizadas a cada uno de los nodos.

## Prueba de duración de batería

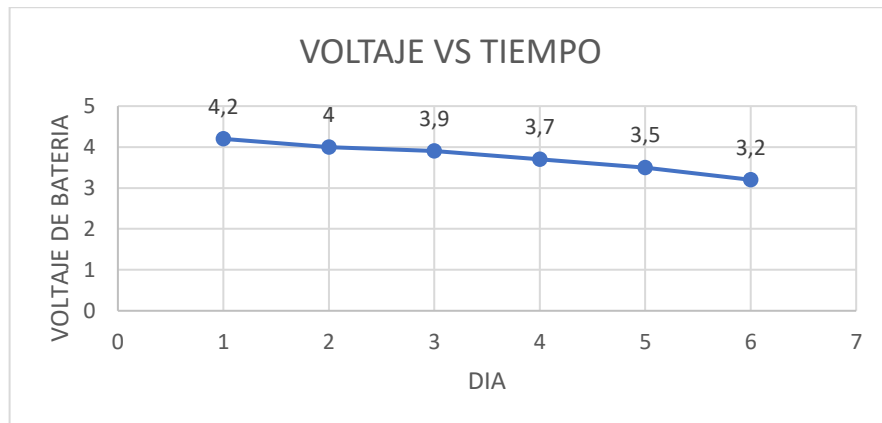
Una vez insertada una batería en el nodo, de acuerdo con su programación, se inicia una transmisión de información al servidor chirpstack en intervalos de 3 minutos, es decir, el dispositivo se encuentra en sueño profundo o ahorro de batería y cada 3 minutos se enciende y envía información a el servidor chirpstack registrando los datos de identificación, coordenadas, peso y temperatura teóricamente del animal.

Tabla 8. Voltaje de descarga de batería respecto al tiempo

Dia	voltaje de batería (v)
1	4.2
2	4
3	3.9
4	3.7
5	3.5
6	3.2

*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

Grafica 1. Voltaje de descarga respecto al tiempo



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

El prototipo presenta una durabilidad aproximada de 6 días, por ende, se agrega una etapa de carga de batería mediante un regulador y un panel solar, con la

finalidad de brindar una fuente de alimentación adicional al nodo y por lo tanto mejorar la autonomía del dispositivo.

Figura 55. Dispositivo nodo del animal, junto con el panel solar



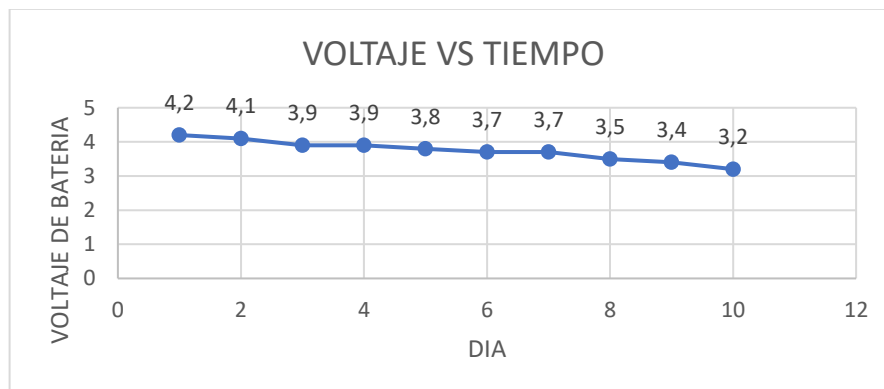
Fuente: Desarrollo Vistrónica

Tabla 9. Voltaje de descarga de batería respecto al tiempo con panel solar

Dia	Voltaje de batería (V)	Dia	Voltaje de batería (V)
1	4.2	6	3.7
2	4.1	7	3.7
3	3.9	8	3.5
4	3.9	9	3.4
5	3.8	10	3.2

Fuente: Desarrollo Vistrónica

Grafica 2. Voltaje de descarga respecto al tiempo con panel solar



Fuente: Desarrollo Vistrónica

Según registros tomados al dispositivo se obtuvo una mejora del 40% en la autonomía y duración de la batería del nodo.

### Prueba potencia en las antenas

Las antenas de los nodos pueden ajustarse de diferentes maneras, o dicho en mejores palabras, pueden implementarse antenas de diferentes formas, sin embargo, la potencia de recepción y transmisión se comporta de diferente manera. En la Tabla 10 se puede apreciar la potencia promedio (dB) de los diferentes tipos de antenas utilizadas. Cabe aclarar que este factor esta expresado en decibelios y entre más se acerque a 0 la potencia es mucho mejor.

Tabla 10. Potencia de TX y RX para las diferentes antenas

Tipo de Antena	Potencia promedio (100 datos)
Antena por defecto del dispositivo	-35.42
Antena espiral (10 espiras)	-38.25
Antena espiral (24 espiras)	-52.83
Cable de filamentos (165mm)	-57.9
Cable filamentos (82mm)	-27.11
Cable filamentos (78mm)	-25.35
Cable filamentos (76mm)	-27.21
Cable un filamento (78mm)	-28.55
Cable un filamento (76mm)	-26.39
Cable un filamento (74mm)	-29.08
Cable un filamento sin protector (74mm)	-32.45

*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

## Prueba de comunicación nodo-servidor

Esta prueba se realiza de forma simultánea a la prueba de duración de batería, donde en síntesis se busca confirmar la conexión exitosa que existe entre el nodo y la puerta de enlace o Gateway en la [Figura 56](#) se ve reflejado el registro de datos en el servidor chirstack.

Figura 56. Dato registrado en el servidor



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

## Prueba de comunicación nodo-báscula

En este tipo de comunicación intervienen dos dispositivos con comunicación LoRa, uno será el nodo y el otro la báscula. Este tipo de comunicación se conoce como P2P o punto a punto, a diferencia de la comunicación que existe entre los nodos y el servidor chirpstack y que se ha tratado en el desarrollo del proyecto, en la comunicación P2P no interviene el gateway ni el servidor chirpstack.

El dispositivo LoRa de la báscula al registrar un peso, realiza el proceso de obtención real del peso y lo envía al nodo del animal que se encuentra sobre la báscula este empaqueta el dato junto con la demás información para enviarlas al servidor chipstack

Figura 57. Registro de peso sobre la báscula y empaquetado de información para ser enviado



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

## Prueba de distancia de comunicación

El punto señalado como Gateway en la [Figura 58](#) se encuentra ubicado en la ciudad de Fusagasugá, con características apropiadas que se asemejan a terrenos de campo. Se conecta el Gateway a un punto de energía eléctrica (batería) y a internet a través de una SIM, luego el nodo o collar se comienza a separar del Gateway hasta conseguir una completa desconexión, con esto, se establece un radio promedio de cobertura que puede alcanzarse entre el Gateway y los nodos, alcanzando un radio de aproximadamente 600 metros.

Figura 58. Mapa del radio de cobertura del gateway LoRaWan



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

Figura 59. GateWay y nodo en pruebas de distancia de comunicacion



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

## 5. Capítulo 5. Análisis de resultados

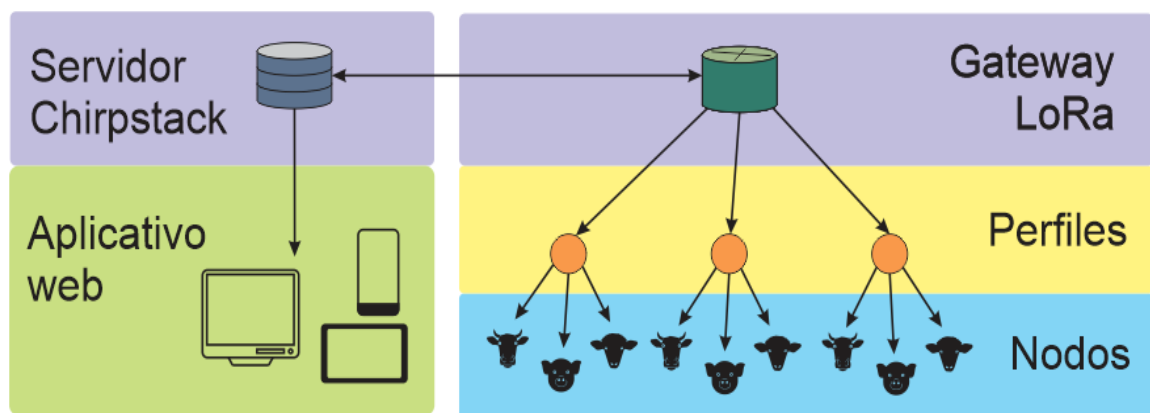
### 5.1. Discusión de los resultados

En aspectos generales, el prototipo final es conformado por, la red LoRa, el servidor de la plataforma ChirpStack y el aplicativo web.

En la red LoRa, el dispositivo gateway o enrutador, posee una cobertura amplia, esta cobertura puede superponer una e incluso dos o más fincas dependiendo su tamaño, desde luego, esta cobertura estará sujeta a las condiciones geográficas del terreno y a la calidad propia del gateway. A estas fincas o sector que se quiere gestionar se les denomina perfiles, estos perfiles se registran en el Servidor ChirpStack y a cada uno se le adjunta una serie de nodos, que son los dispositivos que captarán la información, en nuestro caso las características de cada cabeza de ganado, por medio de la comunicación inalámbrica (modulación LoRa) esta información llega al Gateway, donde se envía a través de internet al servidor ChirpStack.

Ahora, la tarea del aplicativo web es extraer toda esa información registrada en el servidor ChirpStack y organizarla para presentarla en una interfaz web que se puede observar en cualquier parte del mundo. Con la posibilidad de descargar información, crear gráficos, editar nodos, observar en tiempo real geolocalización de dispositivos, crear cercado virtual.

Figura 60. Topología del sistema aplicado



Fuente: Desarrollo Vistrónica

## Comparación de los prototipos realizados

Tabla 11. Comparación de los prototipos realizados

Características	Prototipo V1	Prototipo V2	Prototipo V3	Prototipo Final
Tipo de conexión	Cableada	Cableada	Cableada	Inalámbrica
Numero de nodos	Menos de 10 nodos	10 - nodos	10 - 20 nodos	50 - 300 nodos
Área de cobertura	15 metros	15 metros	15 metros	600 metros – 1 kilometro
Duración de batería	6 días	6 días	6 días	10 días
Dispositivos utilizados	Desarrollo	Desarrollo	Desarrollo	Industrial
Tipo de comunicación	GSM	GSM	GSM, LoRa	GSM , LoRa

*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

En la Tabla 11 se realiza la comparación de los diferentes prototipos realizados y las características básicas con las que cada uno cuenta, se puede observar que el prototipo final frente a los demás prototipos destaca en todos los aspectos, teniendo como factor principal que los dispositivos utilizados son de industria y a la hora de realizar su instalación son mas fiables y de mayor calidad.

Elaborar un sistema tecnológico IoT aplicado en el sector ganadero no solo permite mejorar la calidad de producción ganadera, al estar en constante monitoreo de diversas variables en cada uno de estos animales, sino que también mejora la calidad de vida de cada uno de los ganaderos que desean aplicar este tipo de tecnología en su negocio.

Al realizar la aplicación de todo el sistema y poner a prueba cada una de sus etapas en diferentes condiciones, se analiza que el proyecto es escalable, en otras palabras, no solo nos permite llevar el monitoreo de la ubicación, temperatura y peso de cada una de las piezas de ganado, sino que también permite llevar el



registro de características propias de cada animal como lo son nombre, identificación, enfermedades, vacunas etc.

Figura 61. Pieza de ganado con el nodo instalado



*Fuente: Desarrollo Vistrónica*

Por último, al analizar de forma más detallada la problemática de la ganadería en la región y en el país, se encuentran muchas limitaciones y falencias en cuanto al manejo y optimización de los procesos productivos, en base a esto se puede concluir que es oportuno que las nuevas tecnologías sean aplicadas en este tipo de sector económico, y de igual manera sean aplicadas en otras actividades agrícolas como la piscicultura, avicultura, agricultura etc.

## 5.2. Conclusiones

- ✓ Con el estudio realizado a la problemática del proyecto se puede apreciar que, con tecnologías emergentes como el internet de las cosas, se puede optimizar y mejorar la calidad de muchas áreas productivas del país que aun cuentan con muchas falencias. En este caso se puede observar cómo aplicando este tipo de tecnología se puede llegar a disminuir el robo de ganado y las pérdidas económicas que sufren los ganaderos.
- ✓ Debido a la emergencia mundial (covid-19), varias actividades tuvieron que ser pospuestas y realizadas de diferente manera ha como se habían planeado y planteado en el cronograma de actividades, como por ejemplo las actividades de pruebas de campo, y demás actividades que necesitaban de desplazarse de un lugar a otro. Por protocolos de seguridad y salud de cada uno de los integrantes del proyecto y los integrantes de la empresa, se buscaron alternativas para cumplir con dichas actividades.
- ✓ El haber planteado el diseño de 2 prototipos, permitió analizar de una manera más directa y clara cada una de las falencias y limitaciones que cada uno de estos presentaba, con la finalidad de implementar un tercer prototipo el cual mitigara los fallos que los prototipos anteriores presentaron y agregar algunas mejoras que el sistema necesitaba.
- ✓ La cobertura del gateway para el sistema y programación realizada en los nodos, alcanzó un radio de aproximadamente 500 metros, esto quiere decir que, si una finca presenta áreas dentro de esta cobertura, puede implementarse un solo Gateway.
- ✓ La implementación del Dragino gateway y un servidor LoRa público o privado permite administrar los datos haciendo uso de herramientas e interfaces ya realizadas por la comunidad y de manera segura en el almacenamiento de la información.
- ✓ Existen requerimientos importantes para el excelente desarrollo y finalidad del proyecto, entre estos se encuentra, la duración de la batería para los nodos de los animales, la impermeabilidad del collar para el animal, el alcance de comunicación LoRa entre nodos y gateway, comunicación nodo báscula, entre otras.

### **5.3. Recomendaciones**

Es importante realizar un estudio constante en los equipos aplicados en el sistema como lo son el Gateway y el servidor ya que estos son los que permiten la recolección y transmisión de cada una de las variables monitoreadas, para posteriormente ser visualizadas en la interfaz gráfica, esto con el fin de mitigar cualquier tipo de fallo que se pueda presentar.

Por otro lado, los nodos cuentan con unas características muy favorables las cuales al ser de bajo consumo no necesitan de un mantenimiento tan periódico, sin embargo, es recomendable realizar una revisión de ellos, puesto que las piezas de ganado dependiendo las condiciones del terreno, pueden realizar movimientos bruscos, golpes, caídas, generando que se estropeen los collares o las carcasas.

## 6. Referencias

---

- Brossy, G. (s.f.). *Baturamovil*. Obtenido de <https://baturamobile.com/blog/iot-sector-agrario-ganadero/>
- CRC. (2011). *Especificaciones para herramienta*. Obtenido de [https://www.crcom.gov.co/recursos\\_user/Actividades%20Regulatorias/RevCondicionesC alidad/DocMedidorQoS.pdf](https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Actividades%20Regulatorias/RevCondicionesC alidad/DocMedidorQoS.pdf)
- CRC. (2012). *condiciones para el despliegue de infraestructura para el acceso a internet a través de redes inalámbricas*. Obtenido de [https://www.crcom.gov.co/recursos\\_user/Documentos\\_CRC\\_2012/Actividades\\_Regulatorias/Redes\\_Wifi/Doc\\_RedesInalambricas\\_Publicar.pdf](https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Documentos_CRC_2012/Actividades_Regulatorias/Redes_Wifi/Doc_RedesInalambricas_Publicar.pdf)
- CRC. (2020). *Consulta Terminales Homologadas*. Obtenido de <https://www.siust.gov.co/siic/publico/terminal-homologada>
- Edwin, O. D. (2019). *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LA AGROINDUSTRIA COLOMBIANA PARA OPTIMIZAR Y AUMENTAR LOS PROCESOS DE PRODUCCION*. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12915/1/2019\\_an%C3%A1lisis\\_sistem%C3%A1tico\\_internet.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12915/1/2019_an%C3%A1lisis_sistem%C3%A1tico_internet.pdf)
- Enviraiot. (28 de Enero de 2019). *Tecnología IoT en la ganadería*. Obtenido de <https://enviraiot.es/tecnologia-en-la-ganaderia/>
- FEDEGAN. (2017). *Balance del sector ganadero colombiano*. Obtenido de [https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Balance\\_Sectorial\\_2017.pdf&ildFiles=667](https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Balance_Sectorial_2017.pdf&ildFiles=667)
- ganadero, C. (2018). *El internet de las cosas aplicado al mundo ganadero*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/internacional/el-internet-de-las-cosas-aplicado-al-mundo-ganadero>
- Gracia, M. (2018). *IoT - Internet Of Things*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/es/es.html>
- Harry, V. C., & Oliverio, V. (Septiembre de 2018). *INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA PRODUCCION AGROPECUARIA*. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/329921429\\_INTERNET\\_DE\\_LAS\\_COSAS\\_APLICADO\\_A\\_LA\\_PRODUCCION\\_AGROPECUARIA](https://www.researchgate.net/publication/329921429_INTERNET_DE_LAS_COSAS_APLICADO_A_LA_PRODUCCION_AGROPECUARIA)

Javier, A. R. (2016). *MONITOREO EN LA GANADERIA BOVINA A TRAVÉS DE REDES GSM/GPRS*.

Obtenido de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1126/Monitoreo%20en%20la%20ganaderia%20bovina%20a%20traves%20de%20redes%20gsm%20gprs.pdf?sequence=1>

SAS. (2018). *Internet de las Cosas (IoT)*. Obtenido de [https://www.sas.com/es\\_co/insights/big-data/internet-of-things.html](https://www.sas.com/es_co/insights/big-data/internet-of-things.html)