

 <b>UDECA</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 1 de 12</b>

21.1

<b>FECHA</b>	Miércoles, 24 de agosto de 2023
--------------	---------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad  
 FUSAGASUGA

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<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>
Avila Castro	Sergio Alexander	1193419478
Urquijo Sanchez	Daniel	1070613240

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

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Barrero Sánchez	Faider Humberto

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto: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: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 2 de 12</b>

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
Sistema de medición de caudal de leche para el sector agroindustrial

<b>SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)</b>

<b>EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN</b>	
<b>INDICADORES</b>	<b>NÚMERO</b>
ISBN	
ISSN	
ISMN	

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
10/08/2023	75

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)</b>	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1.Caudal	Caudal
2.Medición	Measurement
3.Lече	Milk
4.Agroindustria	Agroindustry
5.IoT	IoT
6. Sistema de datos	System Data

<b>FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)</b>
A. Awalt, «digi key,» 02 04 2019. [En línea]. Available: <a href="https://www.digikey.com.mx/es/blog/hall-effect-sensor-basics">https://www.digikey.com.mx/es/blog/hall-effect-sensor-basics</a> .
A. Rollán, 19 10 2020. [En línea]. Available: <a href="https://www.contextoganadero.com/cronica/mas-litros-mas-rapido-asi-se-adapta-el-hato-los-nuevos-tiempos">https://www.contextoganadero.com/cronica/mas-litros-mas-rapido-asi-se-adapta-el-hato-los-nuevos-tiempos</a> .
«Actividades economicas,» [En línea]. Available: <a href="https://www.actividadeseconomicas.org/2013/07/desarrollo-tecnologico.html">https://www.actividadeseconomicas.org/2013/07/desarrollo-tecnologico.html</a> .

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 3 de 12</b>

«Agritotal,» 14 09 2022. [En línea]. Available: <https://www.agritotal.com/nota/la-tecnologia-4-0-llego-al-sector-agropecuario-para-ponerse-a-su-servicio/>.

C. Ganadero, 29 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/tiene-usted-un-buen-medidor-de-leche>.

C. Ganadero, 11 05 2017. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/sabe-usted-que-tipos-de-medidores-de-leche-existen-en-el-mercado>.

Cisco. [En línea]. Available: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/wireless/what-is-wifi.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/products/wireless/what-is-wifi.html).

D. Ortiz, «Cyberclick,» 2021 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/que-es-un-dashboard>.

D. R. E-Marmolejo., «hetpro store,» 09 2017. [En línea]. Available: <https://hetprostore.com/TUTORIALES/microcontrolador/>.

HBM, «hbm,» [En línea]. Available: <https://www.hbm.com/es/0079/medicion-y-control-industrial/>.

I. A. a. o. Craig Michie, «CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS,» 2022. [En línea]. Available: [https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/internet-of-things-enhancing-animal-welfare-and-farm-operational-efficiency/8BF99BA8432D4E9BDD4465C52A033932?utm\\_campaign=shareaholic&utm\\_medium=copy\\_link&utm\\_source=bookmark](https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/internet-of-things-enhancing-animal-welfare-and-farm-operational-efficiency/8BF99BA8432D4E9BDD4465C52A033932?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=copy_link&utm_source=bookmark).

IYCSA, «IYCSA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.iyca.com.co/catalogos/soluciones-orientadas-a-la-industria-lactea>.

J. A. B, «Slideshare,» 26 10 2018. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/JhOnArDilaB/medidores-de-caudal-40736345>.

J. G. Janis Kampras, «IEEE,» 15 03 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/document/8316297/figures#figures>.

J. Y. Y. M. Wang He, «Desarrollo de caudalímetro con función IoT,» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, p. 9, 2020.

K. T. Y. O. ., E. Tomomi Uchiyama, «sciencedirect,» 17 11 2020. [En línea]. Available: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S254266052030158X>.

«Keepcoding,» 20 01 2022. [En línea]. Available: <https://keepcoding.io/blog/que-es-una-api-y-para-que-sirve/>.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 4 de 12</b>

krohne, «krohne,» [En línea]. Available: <https://krohne.com/es/aplicaciones-reales/medida-caudal-leche-cruda-alto-contenido-aire>. [Último acceso: 05 08 2023].

M. A.-u. Z. S. A. M. e.-H. M. A. Muhammad Ayaz, «researchgate,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/334858202\\_Internet-of-Things\\_IoT-Based\\_Smart\\_Agriculture\\_Toward\\_Making\\_the\\_Fields\\_Talk](https://www.researchgate.net/publication/334858202_Internet-of-Things_IoT-Based_Smart_Agriculture_Toward_Making_the_Fields_Talk).

M. Gandhi, «autycom,» 19 11 2021. [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/caudalimetro-que-es-y-cual-es-su-utilidad/>.

M. J. MAYER, «WIPO,» 21 07 2015. [En línea]. Available: [https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX153411139&\\_cid=P20-KHTM10-42917-20](https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX153411139&_cid=P20-KHTM10-42917-20).

Macrosig, «Macrosig,» 06 08 2021. [En línea]. Available: <https://www.macrosig.com/que-es-la-analitica-descriptiva/>.

«Naylamp Mechatronics,» 2018. [En línea]. Available: [https://naylampmechatronics.com/blog/47\\_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html](https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html).

«Net cloud engineering,» 2020. [En línea]. Available: <https://netcloudengineering.com/conexiones-wireless-iot-industria/>.

Nutanix, «Nutanix,» [En línea]. Available: <https://www.nutanix.com/mx/info/what-is-dbaas#:~:text=Una%20base%20de%20datos%20es,la%20consulten%20para%20su%20u%20so..>

O. industrial, «Ordetec Industrial,» 14 02 2021. [En línea]. Available: <https://www.ordetec.com/blog/importancia-de-la-medicion-del-flujo-en-los-procesos-industriales/>.

Oracle, «Oracle,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot/>.

P. A. N. A. A. Kapil Mehta, «IEEE,» 2022. [En línea]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/10701.7047ecst/meta>. [Último acceso: 2022].

«Portal Fruticola,» 23 08 2022. [En línea]. Available: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/08/23/la-agroindustria-es-la-menos-digitalizada-y-la-inteligencia-artificial-debe-incorporarse-ahora/>

R. C. Grados, «Cero Grados,» 30 09 2020. [En línea]. Available: <https://0grados.com/ultrasonico-electromagnetico-y-turbina-medicion-de-flujo-en-sistemas-de-agua/>.

Sas, «Sas,» [En línea]. Available: [https://www.sas.com/es\\_co/insights/big-data/what-is-big-data.html#:~:text=El%20término%20](https://www.sas.com/es_co/insights/big-data/what-is-big-data.html#:~:text=El%20término%20).

Sepia, «Sepia,» 30 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.sepia.mx/sabe-la-importancia-de-la-automatizacion-industrial/>.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 5 de 12</b>

S. thermostat, «Smart thermostat,» [En línea]. Available: <https://www.smart-thermostat.eu/nodos-remotos-para-el-termostato-wifi/>. [Último acceso: 06 08 2023].

Support, 15 07 2021. [En línea]. Available: [https://www.industriasgsl.com/blog/post/que\\_es\\_un\\_microcontrolador#:~:text=Es%20un%20equipo%20con%20las,el%20funcionamiento%20de%20un%20equipo.](https://www.industriasgsl.com/blog/post/que_es_un_microcontrolador#:~:text=Es%20un%20equipo%20con%20las,el%20funcionamiento%20de%20un%20equipo.)

U. d. I. Andes, «Agronegocios e industria de alimentos,» 22 09 2017. [En línea]. Available: [https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/#:~:text=La%20producción%20lechera%20hace%20presencia,animales%20\(ANALAC%2C%202016\).](https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/#:~:text=La%20producción%20lechera%20hace%20presencia,animales%20(ANALAC%2C%202016).)

U. d. Innovación, «Unidad de Innovación,» [En línea]. Available: <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de->

V. Grimblatt, «IEEE,» 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9068986/authors#authors>. [Último acceso: 2018].

W. Qizhen Zong, «IEEE,» [En línea]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/document/5665455/authors#authors>.

W. X. HU JUN.CHINA Patente 201721190250.1, 2018.

X. Y. X. S. Y. L. LIN AISU.CHINA Patente 201811473655.5, 2019.

Y. Y. F. Panduman, «EBSCOhost,» 09 2022. [En línea]. Available: <https://web-p-ebsohost-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=19accd0a-0f63-43d7-ad26-a6aa17409584%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=159033490&db=a9h>.

Z. C. L. R. F. Y. D. W. H. L. Dai M, «Scopus,» 2019. [En línea]. Available: <https://www-scopus-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091440054&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=FLOWMETER+DATA+REMOTE+TRANSMISSION+DEVICE&sid=ae1822885045f0c2b8fc8ef5ad2bea4f&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY.69>

Z. J. FEI ZHANBO, «Modulo de transmisión de datos de caudalímetro basados en tecnología NB-IoT». Patente CN210348772U, 17 04 2020.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 6 de 12</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

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

En la actualidad el sector agroindustrial tiene un crecimiento tecnológico considerable, sin embargo, la tecnología enfocada a la agroindustria suele poseer costos elevados y esto repercute en que los trabajadores de este ámbito se les dificulta adquirir esas herramientas.

En este trabajo de grado, se implementó un sistema enfocado a la medición de caudal de leche que se realizó en 4 fases, las cuales son: 1. Análisis del estado del arte, mediante el cual brindara las bases del proyecto. 2. Lectura y calibración del sensor, 3. Incorporación del interfaz de visualización y conexión vía wifi a la base de datos. 4. Verificación del funcionamiento del prototipo a escala, El uso del cuadro de mando soluciona problemas de costos elevados al determinar con precisión la producción y el consumo. Esto mejora las decisiones del productor a través de estadísticas descriptivas sin comprometer la calidad. El enfoque principal fue medir el caudal de leche en ganado vacuno. El prototipo a escala demuestra el funcionamiento de los módulos y fases del proyecto, ajustándolo según las necesidades surgidas durante el desarrollo.

De este modo el sistema brindara la posibilidad de observar las mediciones gráficamente que facilita el entendimiento de los datos adquiridos con un costo asequible. La calidad de medición estándar se logra mediante calibración y comparación con un caudalímetro genérico. Los registros se almacenan en una base de datos en la nube, a través de un cuadro de mando estadístico. También se implementó un módulo de visualización en tiempo real de los datos.

At present, the agro-industrial sector has considerable technological growth, however, technology focused on agro-industry usually has high costs and this has an impact on workers in this area, it is difficult for them to acquire these tools.

In this thesis, a system focused on the measurement of milk flow was implemented, which was carried out in 4 phases, which are: 1. Analysis of the state of the art, through which it will provide the bases of the project. 2. Reading and calibration of the sensor, 3. Incorporation of the visualization interface and connection via Wi-Fi to the database. 4. Verification of the operation of the prototype at scale, The use of the scorecard solves problems of high costs by accurately determining production and consumption. This improves the producer's decisions through descriptive statistics without compromising quality. The main focus was to measure milk flow in cattle. The scale prototype demonstrates the operation of the modules and phases of the project, adjusting it according to the needs that arise during development.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 7 de 12</b>

In this way, the system will offer the possibility of observing the measurements graphically that facilitates the understanding of the data acquired at an affordable cost. Standard measurement quality is achieved by calibration and comparison with a generic flowmeter. The records are stored in a cloud database, through a statistical dashboard. A real-time data visualization module was also implemented.

### 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 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":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	x	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 8 de 12</b>

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.

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

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 9 de 12</b>

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, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior 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 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.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PÁGINA: 10 de 12</b>

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:**

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>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 11 de 12</b>

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1.Sistema de medición de caudal de leche para el sector agroindustrial.pdf	Texto e Imagen
2.	
3.	
4.	

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

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
DANIEL URQUIJO SANCHEZ	<i>daniel urquijo sanchez</i>
SERGIO ALEXANDER AVILA CASTRO	<i>Sergio Avila.</i>

21.1-51-20.

# **SISTEMA DE MEDICION DE CAUDAL DE LECHE PARA EL SECTOR AGROINDUSTRIAL**

**Autor (es)**

**Daniel Urquijo Sánchez**

**Sergio Alexander Ávila Castro**

**Universidad de Cundinamarca**

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Fusagasugá, Colombia

2023

# **SISTEMA DE MEDICION DE CAUDAL DE LECHE PARA EL SECTOR AGROINDUSTRIAL**

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

**Autor (es)**

**Daniel Urquijo Sánchez  
Sergio Alexander Ávila Castro**

Director:

Faider Humberto Barrero Sánchez

Línea de investigación:

Diseño e instrumentación

Telemática y telecomunicaciones

Aprendizaje, conocimiento, tecnologías,  
comunicación y digitalización

**Universidad de Cundinamarca**

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Fusagasugá, Colombia

2023

## **Dedicatoria**

Este trabajo de grado va dedicado a:

Nuestras madres, padres y abuelas quienes con su amor, esfuerzo y paciencia nos permitieron lograr uno de nuestros objetivos, gracias por brindarnos la fuerza y el ejemplo de perseverancia y a no temer a las dificultades del camino al igual que a todo el personal que hacen a la Universidad de Cundinamarca por confiar en nosotros, abrirnos la puerta a su institución y permitirnos utilizar las instalaciones para realizar este proyecto y a los maestros que con sus consejos y su conocimiento nos sirvieron de guía en estos años y en este proyecto, especialmente al profesor Faider Humberto Barrero Sánchez por ser nuestro director y apoyarnos durante todo el proceso de la tesis, por darnos ideas y brindarnos su conocimiento en realizar proyectos.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a la Universidad de Cundinamarca y al programa de Ingeniería electrónica por los conocimientos, el apoyo, los consejos que nos brindaron a lo largo de nuestro desarrollo profesional y por brindarnos el uso de sus instalaciones para realizar este proyecto, también agradecemos al ingeniero Faider Humberto Barrero Sánchez por ser nuestro director de proyecto brindándonos ayuda en cada etapa del proyecto y brindarnos su tiempo para mejorar el documento, al doctor Fernando Augusto Diaz Ortiz quien nos brindó ideas y correcciones que ayudaron a tener un mejor planteamiento al igual que al ingeniero Arley Fernando Fernández Benavides y al Ingeniero Edwin Palacios Yepes por apoyarnos con materiales para el montaje del proyecto, también, presentamos nuestros agradecimientos a los compañeros que nos brindaron apoyo para el proyecto y que nos ayudaron a mejorar en el manejo de diversos temas y así mismo, queremos agradecer a nuestras familias, quienes nos dieron su completo apoyo y confianza a lo largo de nuestra estancia en la institución y nos dieron su sabiduría y su acompañamiento.

# Resumen

En la actualidad el sector agroindustrial tiene un crecimiento tecnológico considerable, sin embargo, la tecnología enfocada a la agroindustria suele poseer costos poco asequibles y esto repercute de forma que a los trabajadores de este ámbito se les dificulta adquirir esas herramientas.

En este trabajo de grado, se implementó un sistema enfocado a la medición de caudal de leche que se realizó en 4 fases, las cuales son: 1. Análisis del estado del arte, mediante el cual brindara las bases del proyecto. 2. Lectura y calibración del sensor. 3. Incorporación de la interfaz de visualización y conexión vía wifi a la base de datos. 4. Verificación del funcionamiento del prototipo a escala. Con ayuda del cuadro de mando tienen la capacidad de brindar soluciones a los altos costos, determinar la producción y el consumo con exactitud, esto conlleva a una mejor toma de decisiones por parte del productor haciendo uso de la estadística descriptiva, sin perder la calidad del producto. Se debe valorar que el enfoque fue la medida del caudal de la leche del ganado vacuno, el funcionamiento de todos los módulos y de cada fase del proyecto se demuestran en un prototipo a escala con el fin de observar el desempeño del procedimiento y ajustarlo a las necesidades presentadas durante su desarrollo. Así mismo, se consideró que al poseer un manejo de información masivo el microcontrolador debió ser capaz de procesar una alta cantidad de datos.

De este modo el sistema brindara la posibilidad de observar las mediciones por medio de gráficos que facilita el entendimiento de los datos adquiridos con un costo más asequible. Para lograrlo se mantuvo una calidad de medición estándar, esta fue calibrada y comparada con un caudalímetro genérico, con la información adquirida se realizó una base de datos en la nube capaz de almacenar los registros de las pruebas constantemente y brindárselos al usuario en un cuadro de mando que muestra los resultados de forma estadística. Adicionalmente se hizo un módulo de visualización en donde se observan los datos en vivo. Además, al tener una constante circulación y gran magnitud de información brindada por el sensor de flujo, presentaba una carga amplia, por lo cual se precisó el uso de un microcontrolador apto para manejarla y que aportará conexión wifi dado que se enlazará al archivo y permitirá el envío de información en tiempo real y lograr visualizarla estadísticamente.

# Abstract

At present, the agroindustrial sector has considerable technological growth, however, technology focused on agro-industry tends to have unaffordable costs and this has repercussions in such a way that those in this area find it difficult to acquire these tools.

In this thesis, a system focused on the measurement of milk flow was implemented, which was carried out in 4 phases, which are: 1. Analysis of the state of the art, through which it will provide the bases of the project. 2. Reading and calibration of the sensor, 3. Incorporation of the human-machine interface and connection via Wi-Fi to the database. 4. Verification of the operation of the prototype at scale, with the help of the dashboard they can provide solutions to high costs, determine production and consumption accurately, this leads to better decision making by the producer making use of the descriptive statistics, without losing the quality of the product. It must be evaluated that the approach was the measurement of the milk flow of cattle, the operation of all the modules and of each phase of the project is demonstrated in a scale prototype to observe the performance of the procedure and adjust it to the needs presented during its development. Likewise, it was lost that by having massive information management, the microcontroller that was obtained was of high performance.

In this way, the system will offer the possibility of observing the measurements through graphics that will facilitate the understanding of the data acquired at a more affordable cost. To achieve this, a standard measurement quality was maintained, this was calibrated and compared with a generic flowmeter, with the information obtained by the user a database was created in the cloud capable of storing the records of the constant tests and providing them to the user in a board that shows the results statistically, in addition, a visualization module was made where the live data was observed, in addition, having a constant circulation and great magnitude of information provided by the flow sensor, it presented a wide load, for which required the use of a suitable microcontroller to manage it and that will provide a Wi-Fi connection since it will be linked to the file and will allow it to send information in real time and view it statistically.

# Contenido

Resumen .....	5
Abstract.....	6
INTRODUCCIÓN .....	12
<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b> .....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos .....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
ALCANCES Y LIMITACIONES.....	17
Alcances .....	17
Limitaciones.....	18
1. MARCO REFERENCIAL.....	19
1.1. ESTADO DEL ARTE.....	19
1.2. ESTADO DE LA TECNICA.....	23
1.3. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	29
2. DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	34
3.1. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE Y TÉCNICA.....	34
3.2. DISEÑO.....	36
3.2.1. Selección de dispositivos.....	36
3.2.2. Calibración.....	40
3.2.3. Conexión a la red .....	48
3.2.4. Base de datos y cuadro de mando.....	50
3.3. IMPLEMENTACIÓN.....	53
4. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1. ANALISIS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	64
5.1. CONCLUSIONES.....	64
5.2. TRABAJOS FUTUROS.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67

**ANEXO A. Manual de uso para el sistema de medición de leche..... 72**

# Índice de figuras

Figura 1. Diagrama Industria Láctea Instrumentos y controles [12].....	17
Figura 2. Dispositivo IoT instalados (miles de millones) [13]. .....	19
Figura 3. Estructura general del sistema [16].....	21
Figura 4. Sistema de transmisión de datos de caudalímetro [19]. .....	23
Figura 5. Diagrama de flujo del programa principal [20]. .....	24
Figura 6. Internet de las cosas sector industrial [25]. .....	25
Figura 7. Sistema de Medición de flujo, adaptado de [26]. .....	26
Figura 8. Diagrama de recolección de datos de flujo [27]. .....	27
Figura 9. caudalímetro electromagnético [29]. .....	29
Figura 10.Efecto Hall [30]. .....	29
Figura 11. Esquema general de un microcontrolador [32]. .....	30
Figura 12. Representación gráfica de la propuesta del proyecto. Elaboración propia. ....	33
Figura 13. Métodos de medición [41].....	34
Figura 14. Módulo de visualización TFT. Elaboración propia.....	38
Figura 15. Implementación Modulo nextion con Esp32 [42]. .....	39
Figura 16. Comunicación entre dos dispositivos. Elaboración propia. ....	39
Figura 17. Pulsos generados. Elaboración propia.....	41
Figura 18. Caracterización sensor YF-S201. Elaboración propia. ....	41
Figura 19. Factor de conversión YF-S201. Elaboración propia.....	42
Figura 20. Caudal de leche. Elaboración propia. ....	43
Figura 21. Sensor Swoffer model 3000. Elaboración propia.....	44
Figura 22. Pulsos generados. Elaboración Propia.....	44
Figura 23. Caracterización Sensor Swoffer model 3000. Elaboración propia. ....	45
Figura 24. Factor de conversión Swoffer model 3000. Elaboración propia. ....	45
Figura 25. Comparación de caracterización entre sensores. Elaboración propia. ....	46
Figura 26. Volumen en litros. Elaboración propia. ....	47
Figura 27. Interfaz Modem Huawei en LAN. Elaboración propia. ....	48
Figura 28. Interfaz Modem Huawei en Wireless. Elaboración propia.....	48
Figura 29.Conexión entre Esp32 y Base de datos en tiempo real. Elaboración propia.....	49
Figura 30. Diagrama entidad relación de Base de datos. Elaboración propia. ....	50
Figura 31.Proceso de envío de información entre la DB y la app web. Elaboración propia. .....	51
Figura 32. Representación del sistema mediante el software, UML.....	52
Figura 33. Diagrama de Flujo del software desarrollado. Elaboración propia.....	54
Figura 34. Implementación de Visualización Local. Elaboración propia. ....	55
Figura 35. Diseño interfaz en NEXTION editor. Elaboración propia.....	56
Figura 36.Implementación de lectura de caudal. Elaboración propia.....	56

Figura 37. Comunicación entre base de datos con Cuadro de mando en tiempo real. Elaboración propia. ....	57
Figura 38. Implementación de cuadro de mando. Elaboración propia. ....	58
Figura 39. Primera prueba estadísticas de Caudal y Volumen. Elaboración propia. ....	60
Figura 40. Segunda prueba estadísticas de Caudal y Volumen. Elaboración propia. ....	61
Figura 41. Resultado de las pruebas. Elaboración propia. ....	62
Figura 42. Descarga de archivo histórico. Elaboración propia. ....	63
Figura 43. Comparación archivo histórico vs cuadro de mando. ....	63
Figura 44. Conexión del sensor. Elaboración propia. ....	72
Figura 45. Conexión tubería con Sensor. Elaboración propia. ....	72
Figura 46. Conexión del Sensor. Elaboración propia. ....	73
Figura 47. Conexión Microcontrolador, Pantalla Nextion. Elaboración propia. ....	73
Figura 48. Ingreso app web (Cuadro de mando). Elaboración propia. ....	74
Figura 49. Visualización de la app web. Elaboración propia. ....	75

# Índice de tablas

Tabla 1. Ventajas y Desventajas. Elaboración propia.....	28
Tabla 2. Comparativa entre sensores de flujo. Elaboración propia. ....	36
Tabla 3. Comparación de microcontroladores. Elaboración propia. ....	37

# INTRODUCCIÓN

El sector agroindustrial se caracteriza en muchas ocasiones por su diversidad de aplicaciones y métodos disponibles para los procesos que realiza esta industria, hoy en día la agroindustria posee un crecimiento tecnológico considerable, esto debido a que se incorporan nuevas tecnologías, patentes e ideas constantemente, con el fin de agilizar las labores y lograr obtener mayor eficiencia en estos mismos, mientras que la calidad de los productos no muestre un deterioro ni se muestren afectados por dichos nuevos avances [1], [2]. Al observar las innovaciones como los sensores, drones, imágenes satelitales, blockchain, robótica y Macrodata se nota que brindan servicios intensivos y especializados con el fin de dar soluciones a los sistemas agroindustriales [2].

Una muestra de este crecimiento tecnológico a lo largo de los últimos años son sin duda los caudales, debido a que inicialmente esta industria carecía de un aparato para medir la cantidad de caudal. Posteriormente al implementarse los caudalímetros estos mismos fueron evolucionando tecnológicamente, mostrando una gran variedad en sus técnicas de medición según sus sensores o su tipo de construcción. Ahora son capaces de medir no solo el caudal, sino que también pueden registrar múltiples variables y tenerlas en tiempo real, por esto se puede considerar que existe una cuantía masiva o cuanto menos alta de datos que los caudalímetros miden en un periodo determinado. [3]

Sin duda la información masiva es un término común en el siglo XXI y posee un amplio margen de mejora en sus aplicaciones, especialmente en el sector agroindustrial y en los caudalímetros. La idea central de este trabajo consiste en que sea posible observar los datos en tiempo real y almacenarlos en una base de datos con el fin de darle un uso favorable para el usuario, como realizar un análisis descriptivo de la variable a medir y presentarlo de manera clara y comprensible. Mostrando todos los resultados obtenidos en graficas estadísticas para lograr un seguimiento detallado y una revisión más específica de la información recolectada.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presencia de la producción lechera está ubicada en alrededor de 22 departamentos del país, con ejes tales como Cundinamarca, Antioquia y Boyacá, además la inversión en la inclusión y el desarrollo de la tecnología en este sector es muy baja [4], el caudal es actualmente la variable con mayor relevancia, esta tiene un alto porcentaje de medición, porque sin las mediciones de caudal, es difícil implementar el control de calidad, balance de materiales e incluso ejecutar operaciones continuas [5]. Según Darío Arango, la medición de la leche es la herramienta más útil para los productos lácteos y principalmente en los trópicos bajos, pues es la única forma de clasificar el ganado en relación con el rendimiento. Es decir, la manera en que se adapta a una necesidad especial para cada vaca [6].

En la ganadería se puede medir la cantidad de leche proporcionada por las vacas con una báscula o el medidor de lácteos. En la actualidad las mediciones se realizan de forma proporcional y electrónica. Los productores tienen acceso a múltiples estimadores de litros de leche por vaca, que pueden realizar ajustes y mejorar la productividad del rebaño [7].

Cabe resaltar que la producción de leche en los últimos 10 años va en aumento, como es el caso de algunos establecimientos que llegan hasta el 140%. Que pasaron de 1.4 millones a 3.4 millones de litros en 3 años. Esto conlleva a una realidad en la que la industria lechera se debe adaptar a la demanda de su producto, el cual es necesario adoptar nuevas tecnologías que brindan un control en la producción del lácteo y monitoreo, y así poder mitigar pérdidas del producto por una mala recolección de información debido a deficiencias en el procesamiento de datos para visualizarlos de forma estadística en tiempo real [8].

Por otro lado, aquellos sistemas de medición láctea que brindan la capacidad de proyectar información son altamente costosos y sin un análisis descriptivo que mejore la toma de decisiones. Según lo expuesto anteriormente los métodos asequibles actuales carecen de la transmisión de datos en tiempo real y el almacenamiento para la toma de decisiones, esto implica la intervención de la mano de obra en la recolección de datos dando como resultado que tenga información desactualizada y poco confiable, que resulta en una estadística menos aproximada que un proceso automático, debido a la falta de muestreo de estos datos, lo que conlleva al desconocimiento de las características en la producción total láctea e incluso si los datos se desprecian no se podría realizar una selección de los animales de mayor producción.

Debido a lo planteado anteriormente surge la siguiente interrogante:

¿Cómo mejorar el sistema de medición de la leche en el sector agroindustrial para tener un conocimiento exacto de la producción en tiempo real?

# **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

## **Objetivo General**

Desarrollar un sistema de medición de caudal de leche permitiendo determinar la producción y consumo con exactitud para la toma de decisiones.

## **Objetivos específicos**

- Análisis del estado del arte y técnica para los sistemas de medición del caudal de leche en el sector agroindustrial.
- Diseñar el sistema de medición del caudal de leche, realizando un prototipo a escala con su respectiva interfaz gráfica en tiempo real.
- Verificación del funcionamiento del prototipo a escala y diseño del cuadro de mando para la validación de los datos obtenidos.

## JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad que se tiene en el sector agroindustrial de crecer tecnológicamente para optimizar procesos, automatizar sistemas y generar eficiencia en los mismos. Se espera que el sistema de medición del caudal de leche en el sector agroindustrial brinde un avance a estos escenarios debido a que gracias a este prototipo se pretende obtener gradualmente un control de datos fructíferos por medio del sensor seleccionado, adicionalmente brindar una interfaz amigable para el usuario que permita observar datos de forma estadística y en tiempo real, ahora bien, lo mencionado anteriormente se logra mediante una toma de caudal de leche automática y constante, suprimiendo la recolección manual de datos. Simultáneamente brindara una visualización de la información de fácil lectura para su posterior análisis, [9].

Inicialmente la influencia de este proyecto en el sector agroindustrial es permitir una opción diferente de medición, que a su vez a medida que se avanza con la implementación permita optimizar el proceso que se llevaba anteriormente, esto conlleva a tener una producción fructífera el cual se reflejara en una mayor ganancia y mejor manejo del tiempo, [10].

El avance de una tecnología permite la evolución de un sector y/o idea existente, debido a que abre las puertas a nuevas tecnologías e innovaciones. Con el fin de explorar nuevas opciones y así mismo hallar nuevos métodos más eficaces y efectivos. Por otro lado, dar conocer la universidad Cundinamarca frente a la sociedad académica y empresarial para retroalimentar lo aprendido durante el proceso en la institución y así tener un aporte que pueda dar un avance para crecer como comunidad, [11].

Con todo lo resaltado anteriormente es importante impulsar los proyectos que se trabajen a largo plazo dentro de las universidades, en este caso ayudar a los proyectos integradores tengan una mayor acogida en áreas de investigación y proyectos de grado, con el fin de impulsar la experiencia en la generación de proyectos de investigación en los estudiantes del programa.

# ALCANCES Y LIMITACIONES

## Alcances

El objetivo de este proyecto se basa principalmente en los datos capturados por el prototipo de medición de caudal de leche, que permitirán apoyar la toma de decisiones del dueño del proceso. Dicho proceso inicia con la vaca que es ordeñada por medio de equipos de ordeño y la producción de leche se verá afectada por las características de esta (peso, raza, alimentación, etc.), continuando con el traslado de la leche a un contenedor para su almacenamiento y las siguientes etapas son: separación y homogenización, pasteurización, batido y enfriamiento y, envasado. Como se muestra en Figura 1.

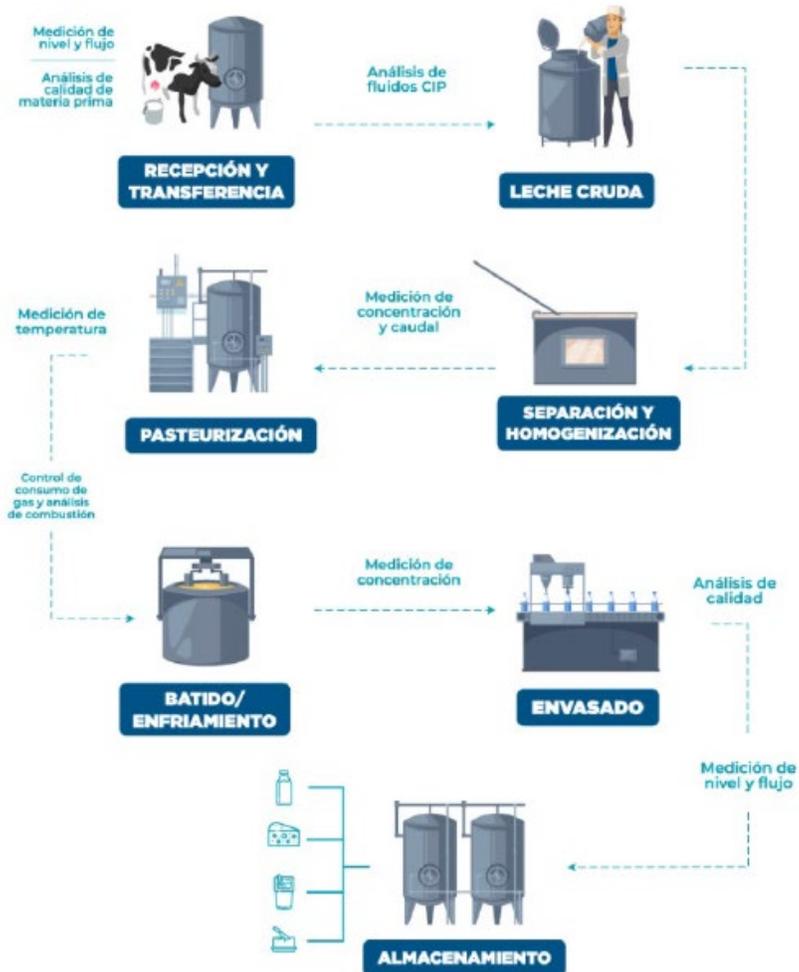


Figura 1. Diagrama Industria Láctea Instrumentos y controles [12].

Con la realización de este proyecto se espera que con los datos recolectados se genere una analítica descriptiva de dicha información, permitiendo apoyar la toma de decisiones y obtener un margen de error mínimo del caudal de la leche. Dentro del proceso industrial de producción láctea se permite implementar el sistema diseñado en diferentes etapas, que son: separación y homogenización, pasteurización, batido y enfriamiento y, envasado.

Se estableció que dicho sistema se ubicara en la medición de concentración del líquido que se encuentra entre las etapas de batidos y enfriamiento y, envasado.

### **Limitaciones**

Una de las limitaciones que enfrenta esta propuesta es la falta de antecedentes de proyectos, que implementen el manejo de datos en la nube en el proceso de la medición de la leche y generación de cuadro de mando para la toma de decisiones, así mismo por lo que es un proyecto que tendrá una conexión con la nube y una base de datos online una limitación clara sería la conexión a internet o como mínimo una red local para ver la base de datos y el cuadro de mando.

Es de resaltar, que este proyecto podrá tener una continuación debido a que, con el análisis realizado y la implementación de analítica descriptiva, permitirá dar paso a la realización de métodos predictivos e implementación de analítica predictiva.

# 1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se dará conocer el estado del arte y técnica donde abarcará artículos sobre sistemas implementados para la medición de caudal de líquido, además define fundamentos teóricos con el fin de apoyar el desarrollo del proyecto.

## 1.1. ESTADO DEL ARTE

En el documento “IoT para la Agroindustria: una descripción general” se plantea que la agroindustria actual puede triunfar en el siglo XXI siempre y cuando los agricultores y los participantes en la cadena de suministros de alimentos sean capaces de cambiar los procesos y adaptarlos a los requerimientos modernos de la población [13]. Víctor Grimblatt plasma en su artículo que en América latina más del 50% de las fincas tienen un área de máximo 2 hectáreas y son explotadas por una familia, debido a la falta de conocimiento y dinero para invertir en tecnología y mejorar su producción. Como se demuestra en la Figura 2 América latina tiene una menor implementación de IoT comparado con Asia, Norte América y Europa.

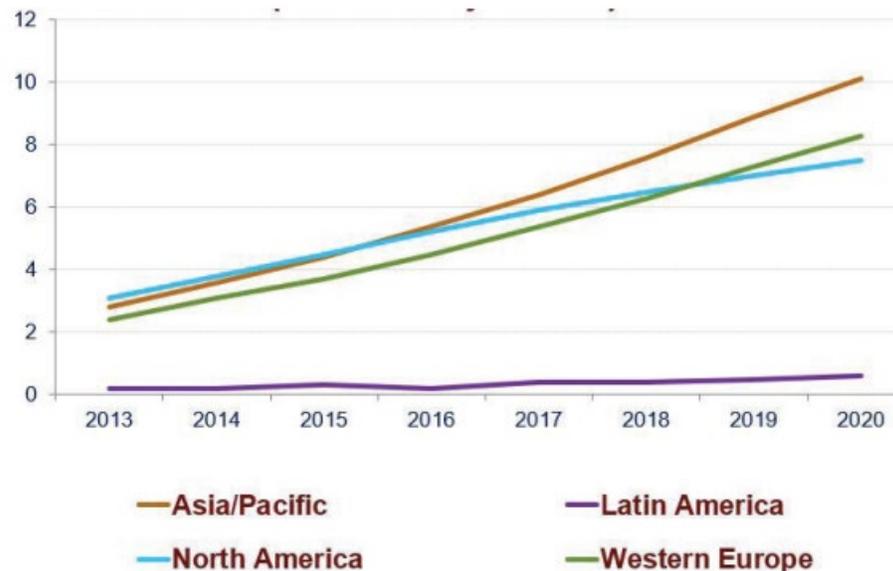


Figura 2. Dispositivo IoT instalados (miles de millones) [13].

En el artículo titulado “Mejora de la agricultura inteligente utilizando internet de las cosas” se infiere que, el IoT se debe utilizar estratégicamente en el ámbito agroindustrial, ya que, este sector tendría una mayor rentabilidad y mitigaría las pérdidas por desperdicio si se implementa un sistema IoT, ayudando tanto a agricultores y cultivadores. Este documento postula una serie de sensores ubicados de manera en las tierras de cultivo agrícola, estos recolectan datos que se envían vía WI-FI a un servidor que posteriormente realizara actividades basándose en la información recolectada [14]. Kapil Mehta et al, postulan que el punto es innovar con IoT en este sector, dando a entender que si hay un manejo de información en las diferentes etapas de los procesos agrícolas y se da un correcto asesoramiento a los agricultores sobre las decisiones que se deben tomar tendrá como resultado una expansión en el rendimiento de sus productos.

Así mismo, en el artículo “Agricultura inteligente basada en Internet de las cosas (IoT): hacia hacer que los campos hablen” se postula que, al ubicar diversos sensores estratégicamente en los diferentes sistemas de la agroindustria, tales como cultivos, uso de fluidos, energía, transporte, alertas de operación y el mantenimiento de maquinaria, permitirá adaptar medidas de cuidado para aumentar la producción y reducir el desperdicio de los productos. Mohamed Ayaz et al, postulan que, para lograr que el sector agro sea sostenible el uso de IoT debe estar presente en todas las operaciones de este, ya que, brinda la capacidad de simplificar las tareas y hacerlas más predecibles puesto que se reconocen las necesidades de cada etapa en los procesos [15]. el documento destaca el papel del IoT y se entiende que el sector agro es más eficiente para cumplir con las expectativas si posee tecnologías como sensores inalámbricos y computación en la nube.

En base al artículo “El sistema de adquisición de datos de ganado lechero basado en PDA” donde se desarrolla un sistema adquisición de datos multifuncional, alta eficiencia y rendimiento estable. Enfocándose en el seguimiento y reconocimiento de vacas individuales, navegación de la información y resumen de los datos [16]. Qizhen Zong y Wenxingbao expresan que lo implementado soluciona los principales problemas en las granjas lecheras y disminuye el costo de operación ofreciendo soporte técnico para la estandarización de la alimentación de la ganadería, recolección de datos de producción de leche.

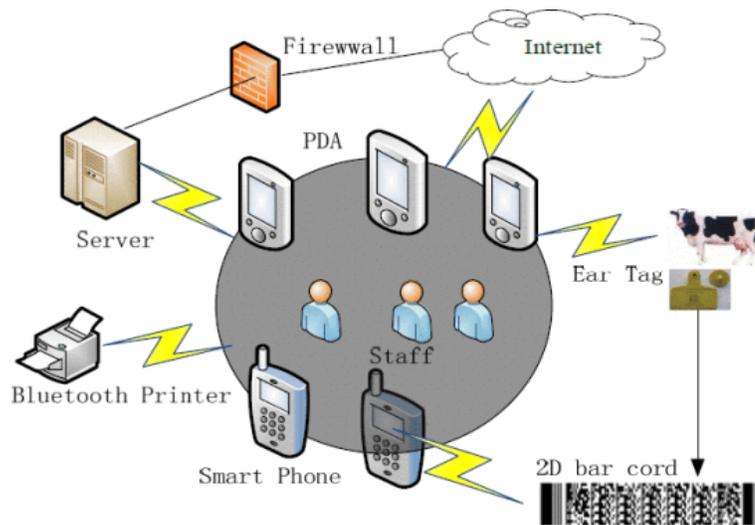


Figura 3. Estructura general del sistema [16].

Con respecto al artículo “El Internet de las cosas mejora el bienestar animal y la eficiencia operativa de las granjas” donde se describe el uso de diversas tecnologías en las granjas y demuestran que los sistemas pueden mejorar al realizar una conexión con diferentes modalidades de sensores que permita mediciones precisas de la alimentación, rendimiento y producción de leche [17]. Craig Michie, Ivan Andonovic, entre otros aseguran que el crecimiento de tecnologías de monitoreo capaces de ofrecer información en tiempo real a los agricultores respecto al comportamiento animal es capaz de respaldar la ejecución de herramientas de apoyo enfocado en la toma de decisiones, ya que, conforme mejora la conectividad rural los sistemas son capaces de conectarse a un entorno de nube. Permitiendo así la provisión de soluciones y servicios a partir del IoT.

M. Dai, C. Zou et al, expresan en el documento “Medidor de cilindros de gas con gestión de datos en la nube” los resultados de diseñar un sistema de medición conectado a la red inalámbrica, mencionando diversas aplicaciones y afirmando que el tener dicha conexión brinda beneficios críticos y almacenando los datos de forma local permite un mejor control del inventario aprovechado por los proveedores y usuarios finales. Adicionalmente este sistema es de bajo costo y proporciona un control en los procesos de cilindros de gas [18].

## 1.2. ESTADO DE LA TECNICA

En el documento “Módulo de transmisión de datos de caudalímetro basado en tecnología NB- IoT” incorpora un sistema de recolección y almacenamiento de datos con bajo consumo energético a través de un módulo RS485 que mediante NB- IoT permite el envío de información gracias a la comunicación RX\_TX y son recolectados por el microcontrolador permitiendo el monitoreo histórico de estos [19]. FEI ZHANBO; ZHANG JUNFENG hacen énfasis en manejo de tecnología IoT para diversos sistemas de transmisión de datos, ya que permite automatizar y agilizar las funciones de recopilación de información. La transmisión remota, procesamiento de datos y la comunicación a distancia. Son los pilares fundamentales de cualquier sistema.

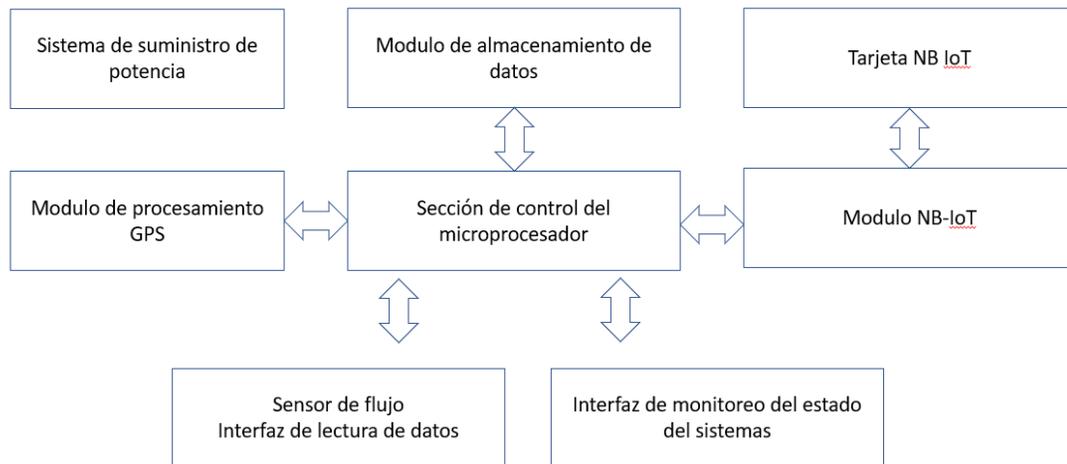


Figura 4. Sistema de transmisión de datos de caudalímetro [19].

Wang He 1, Jianjun Yi 1, \*, Yue Ma 1, entre otros autores expresan en el documento “Desarrollo de caudalímetro con función IoT” La necesidad de implementar el internet de las cosas en el proceso de medición de flujo debido que los caudalímetros actuales poseen bajo nivel de inteligencia e incorporación de manejo de datos y el desarrollo de tecnologías en caudalímetro de turbina, con el fin de automatizar funciones para mejorar y resolver diversas deficiencias de estos. Para esto fue necesario desarrollar el sistema propuesto mediante la medición de la frecuencia que aporta cada pulso y posteriormente se encontró el valor del flujo para reflejarlo en la pantalla OLED, emitir los datos a los chips de conversión y con ayuda del RS485 lograr transmitir la información [20].

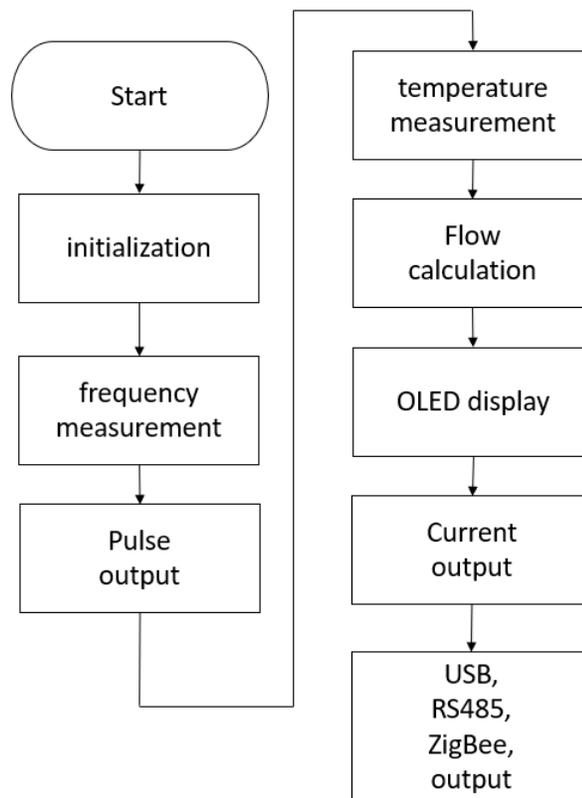


Figura 5. Diagrama de flujo del programa principal [20].

El documento “Implementación de caudalímetro tipo flotámetro en una Planta Piloto con Cámara y Arduino” se basa en la incorporación del caudalímetro mediante un transductor, que, conectado a un microcontrolador hace parte de una planta de micro filtrado de líquido y tiene como función la medición del caudal y que por medio de conexión a internet brinda el control de esta. aporte parámetros funcionales del manejo de una variable gracias al sistema automatizado controlado a distancia con el IoT, brindando un resultado eficaz del tratamiento de datos [21].

En el artículo “Desarrollo de un nodo sensor inalámbrico autoalimentado para medir el caudal de agua mediante el uso de un caudalímetro de turbina” se implementó por medio de un sensor y una unida de control IoT con el fin de lograr la medición de caudal de un líquido que es este caso fue agua. Por medio del caudalímetro utilizado se genera electricidad debido a la rotación del rotor. Gracias a la unidad IoT se utiliza la energía para detectar la velocidad del rotor y comunicarse de manera inalámbrica con un servidor online, demostrando así, que el internet de las cosas tiene infinidad de aplicaciones en cualquier sistema [22].

Las bases del enfoque mostrado en el documento “Procesamiento de Big Data casi en tiempo real para aplicaciones basadas en datos”. es integrar y recopilar datos contextuales para su uso en tiempo real en aplicaciones de datos. Dichos datos contextuales afectan a las aplicaciones ya mencionadas y se identifican como elementos de contexto. Se explica como el análisis de propiedades medibles que se adueñan de flujos de datos provenientes de diversos proveedores de datos.

Estructuralmente se puede aplicar los fundamentos de esta teoría para la organización y distribución de datos a velocidades altas (tiempo real), para tener una percepción del sistema a tratar y el manejo de información que se recolectara y se almacenara en un receptor [23].

Y si se habla del manejo masivo de datos, del uso de los mismos y la conectividad a internet se debe hablar respecto a los sistemas IoT, ya que el proyecto posee una red colectiva de dispositivos que se conectan entre sí y que adicionalmente cumple con las características para ser considerado un API, de esta forma en el proyecto titulado “Diseño e Implementación de Plataforma de Servidores IoT SEMAR con Aplicaciones” se expresa que las aplicaciones IoT deben ser capaces de almacenar, recopilar y difundir datos adquiridos de diversas formas para proporcionar esta información a otros sistemas [24].

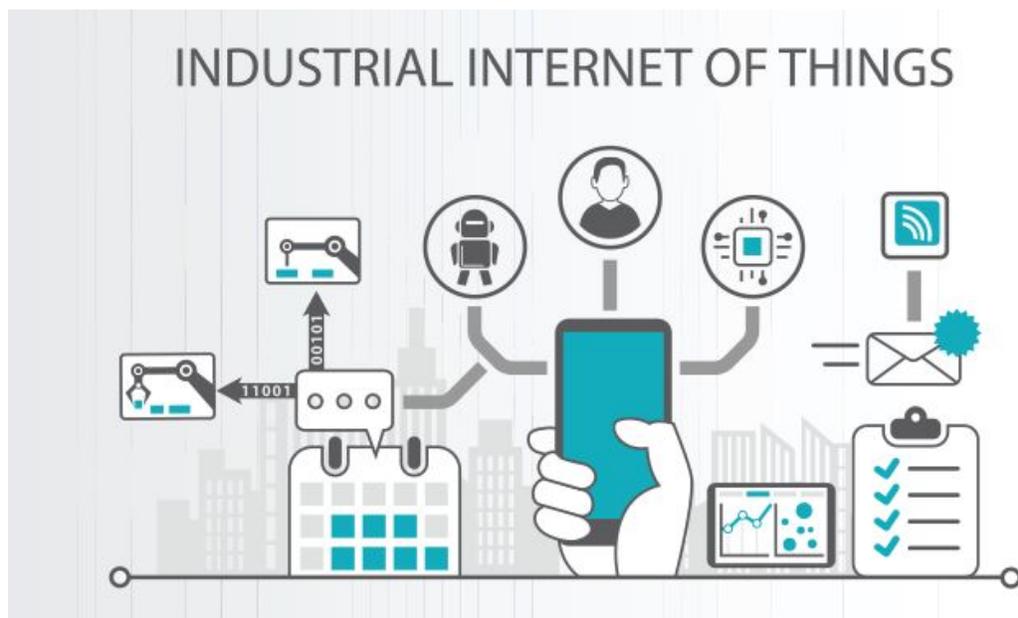


Figura 6. Internet de las cosas sector industrial [25].

Basándose en la información, observaciones, alcances y limitaciones de este artículo se puede llevar a cabo un IoT con características optimas que sea capaz de brindar la información de forma correcta, optima y que supere las adversidades que comúnmente se encuentra en un sistema de este tipo.

Como se habla en el documento “Dispositivo de transmisión remota de datos del caudalímetro” esta innovación tiene un módulo de control, el caudalímetro y el módulo de transmisión remota, donde se recolectara los datos del flujo y estará conectado al módulo de control, el cual está encargado del envío de datos y de la toma de decisiones, posteriormente los datos se envían a un servidor y una vez que este obtiene la información, envía una instrucción al módulo de control para así realizar una acción determinada, explicando que además de tomar decisiones respecto a la recolección de datos este también beneficia en el monitoreo de estos que son en tiempo real [26].

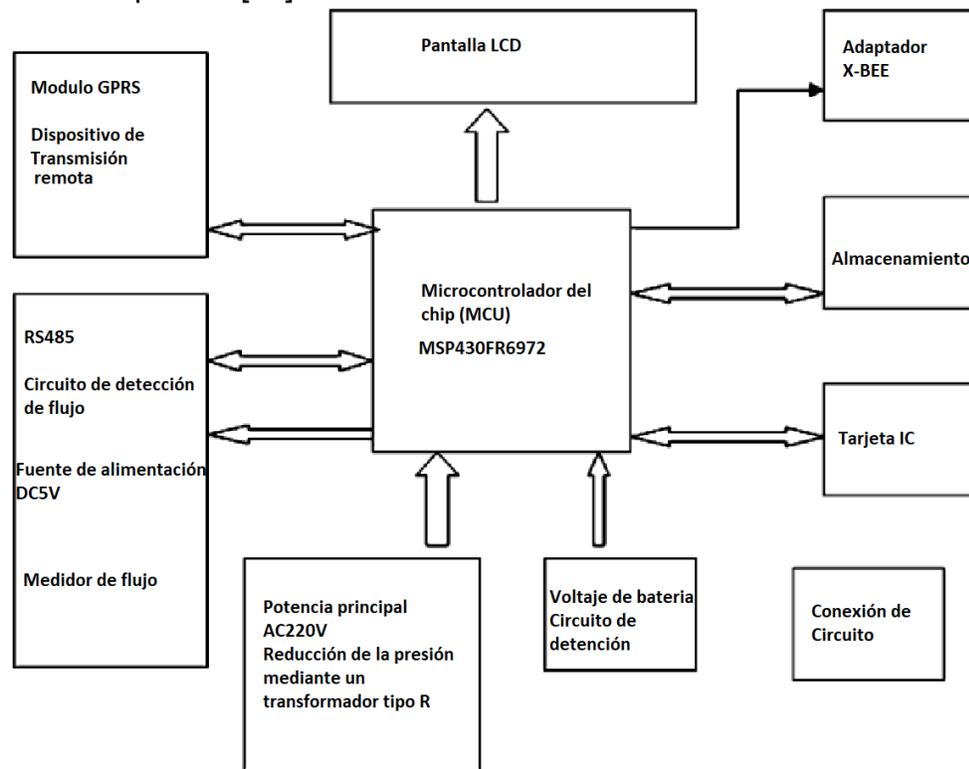


Figura 7. Sistema de Medición de flujo, adaptado de [26].

Una patente similar es el “Sistema de recopilación de datos de flujo de tuberías” este se basa en la recolección de datos del flujo que atraviesa por una tubería. Esta se describe como una estructura que se compone por un sistema de recolección de datos del flujo, posee un equipo de control remoto, el medidor de flujo y una red GPRS. El funcionamiento es similar a lo que se propone en el proyecto y en el anterior documento, en conjunto estas fases brindan la recolección de datos por medio de un caudalímetro el cual llevara a cabo una conexión con una red y se determinaran acciones debido a los datos que se tomen [27].

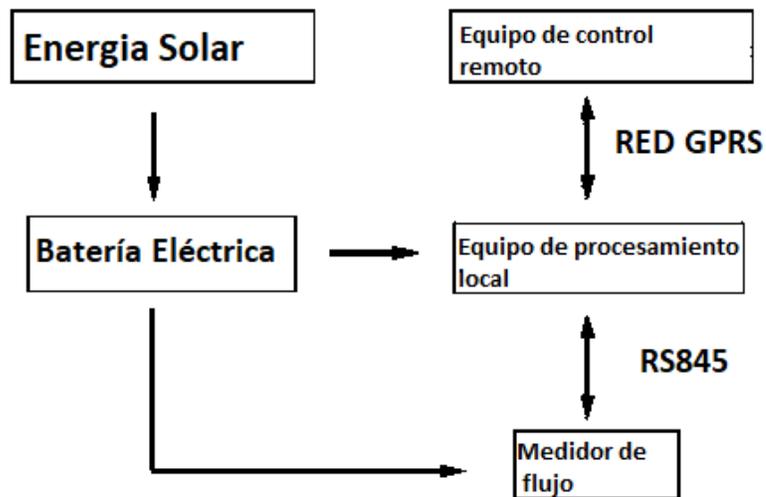


Figura 8. Diagrama de recolección de datos de flujo [27].

Como se evidencia en las anteriores patentes los sistemas que recopilan información de medidores de flujo o caudalímetro se suelen utilizar para tomar acciones de control de forma casi inmediata si es necesario, sin embargo, los datos es un monitoreo del funcionamiento deseado y con respecto a esos parámetros se toman las decisiones, aunque no se tiene una visualización de los datos de forma estadística para el usuario y por consiguiente no permite la toma de decisiones de estos. mientras que el proyecto que se presenta en este documento brindara esta ventaja.

A continuación, se reflejarán las ventajas y desventajas de la incursión tecnológica en la agroindustria por medio de un cuadro comparativo y en base a los antecedentes.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas. Elaboración propia

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Control de producción del producto.	Resistencia tecnológica por parte del productor.
Aumento y precisión en la recolección de datos.	Inversión inicial por parte del interesado.
Simplificar la toma de decisiones.	Conexión permanente de wifi para operatividad en línea.
Automatización de procesos y tareas.	Mantenimiento y actualizaciones requeridas.
Aumento del rendimiento de los hatos.	Capacitaciones del uso de la tecnología.
Reduce la necesidad de supervisión del campo.	
Visualización de información en tiempo real.	
Fácil accesibilidad a la información.	
Reducir el desperdicio de los productos.	
Mejora el bienestar animal y la eficiencia operativa de las granjas.	

## 1.3. FUNDAMENTOS TEORICOS

Para comprender a profundidad el funcionamiento del sistema que se manejará en el proyecto se debe tener en claro los conceptos teóricos y el funcionamiento de cada una de las partes que contribuyen al sistema general, en cuanto a la primera parte que es el caudalímetro se debe tener claro que este artefacto es un sensor capaz de medir la cantidad de caudal de un fluido, además, es apto para determinar velocidad y volumen del caudal a través de tuberías, también es idóneo para realizar mediciones ya sean lineales o no, en procesos que requieren exactitud, [28]

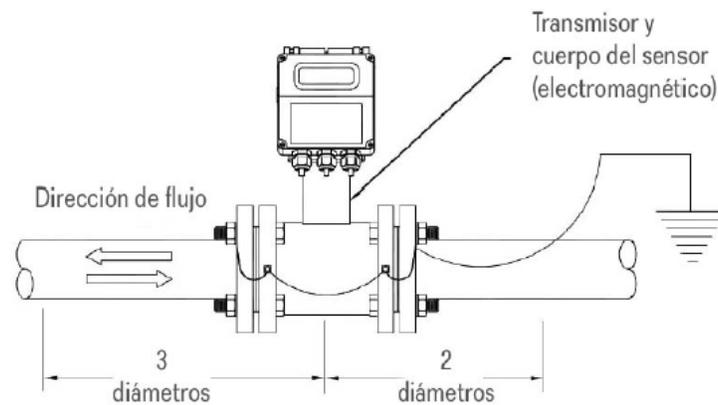


Figura 9. caudalímetro electromagnético [29].

Continuando con la base del caudalímetro se debe conocer que las mediciones se realizan por medio del efecto hall, descubierto por Edwin Hall en 1879, Señaló que cuando la corriente fluye a través de un conductor y está sujeta a un campo magnético, el voltaje será perpendicular a la corriente y al campo magnético (ver Figura 10). Al descubrir este efecto se proporcionó una manera más sencilla para detectar campos magnéticos.

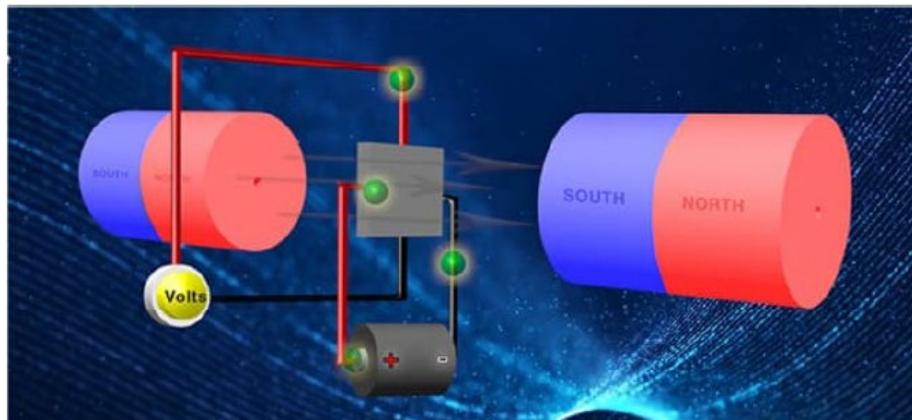


Figura 10. Efecto Hall [30].

Hoy en día es utilizado para detectar la posición, la velocidad de rotación, la proximidad, la corriente y en aplicaciones de conmutaciones. Los sensores que poseen este efecto tienen diversas ventajas en su uso ya que son de estado sólido lo que conlleva a que no existan rebotes de contacto, su expectativa de vida es mayor y se logra utilizar en aplicaciones de alta velocidad, estos pueden ser utilizados en entornos hostiles y tiene un precio más accesible que un interruptor mecánico [30].

La leche es el fluido biológico que se medirá a través del caudalímetro electromagnético, este leerá dichas mediciones que después serán enviados al microcontrolador que conforma la segunda parte del sistema, este es un dispositivo con las mismas características que un ordenador, pero de menor tamaño, tiene una unidad central de procesamiento (CPU), una RAM y una ROM. Es el cerebro de un sistema informático y el motor que controla las operaciones informáticas, [31].

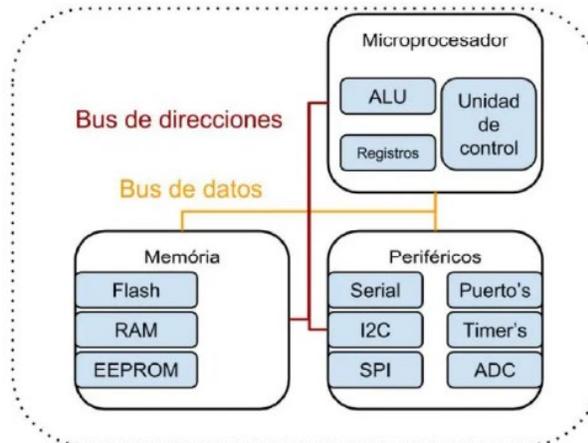


Figura 11. Esquema general de un microcontrolador [32].

En cuanto memoria de datos esta es utilizada cuando se agrega una variable al programa. Generalmente dicha variable es utilizada como entrada para un determinado proceso, esta prioriza tener una disponibilidad en una alta velocidad para realizar la acción que este indicada en el programa [32].

El microcontrolador tendrá dos salidas conformadas por el módulo de visualización y un módulo wifi, para entender este último es necesario conocer como trabajar la tecnología wifi, esta es una tecnología de red inalámbrica por las que los dispositivos como computadoras (LAPTOP, ESCRITORIO), dispositivos de uso móvil como teléfonos inteligentes y accesorios en incluso dispositivos como impresoras. Así los dispositivos intercambian información entre sí, creando una red, [33]

Con el fin del tratamiento de datos se debe tener conocimiento de las bases de datos que brinda una colección organizada de información la cual será almacenada en un sistema informático y este será controlado por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS). Incluye elevadas cantidades de información y permite el acceso a usuarios determinados, todo esto de forma rápida y segura, cabe recalcar que las BD pueden almacenar cualquier tiempo de información, [34].

Tener una base de datos implica un alto volumen de datos, sin embargo, para este caso específicamente prioriza la velocidad con la que los datos se recolectan y se manejan. Cuando se habla de manejar información en tiempo real se debe tener presente el concepto del macrodato. Este término detalla el masivo volumen de datos (estructurados o no) que invaden una empresa a diario, esta información es grande, rápida y compleja por eso resulta difícil procesarla con los métodos convencionales. El lograr acceder y procesar cantidades masivas de información es necesario para la mejora de decisiones y acciones en una empresa. Debido al crecimiento del internet los datos deben ser manejados a una velocidad sin precedentes para así tener un manejo oportuno. Los medidores inteligentes y los sensores impulsan la necesidad de manipular dichos torrentes de información en tiempo casi real, [35].

Estos datos son recolectados para posteriormente realizar un análisis descriptivo que es la etapa donde se recopilan y resumen los datos históricos de una empresa, utilizando los datos para el análisis que es relevante y proporciona información útil para la misma. El análisis a través de los sistemas de almacenamiento de datos e información puede dar una descripción del estado actual. Se basa en datos relevantes, permitiendo el análisis de tendencias, patrones y comportamientos, comprender las relaciones cliente-producto y aceptar interpretaciones que comprendan el impacto del pasado en los resultados futuros, [36].

Al desarrollar la implementación de una plataforma que permita la visualización de datos, se tendrán en cuenta los objetivos claves del cliente, definiendo los aspectos de medición a tener en cuenta sobre los datos y su visualización, definir cómo utilizarlos, crear alertas y notificaciones. Dado que el análisis descriptivo es una herramienta de análisis descriptivo histórico, es útil para los procesos relacionados con el inventario, los costos o la venta de un producto o servicio al proporcionar datos históricos e información sobre procesos internos o clientes, [36].

El cuadro de mando es una herramienta que administra información, la analiza, rastrea, y permite visualizar los indicadores clave de rendimiento (KPI), las métricas y los datos que necesita para rastrear su negocio, establecer su departamento, campaña o proceso en particular, [37].

En síntesis, el cuadro de mando es un resumen que recopila datos de varias fuentes en un solo lugar y los presenta de manera accesible para resaltar lo que más importa.

De esta forma el conjunto de las tecnologías mencionados anteriormente se conectan a través de un sistema IoT acompañado por un API, a grandes rasgos un sistema IoT (Internet de las cosas) se puede describir como una red de objetos que poseen sensores, software y diversas tecnologías incorporadas para así conectarse entre sí e intercambiar datos con otros sistemas y otros dispositivos [38], por otra parte un API (Application programming interface) es una parte muy importante para el proceso de diseño de un programa y se refiere a un conjunto de estructuras que permite la conexión entre los componentes de un software, en palabras más sencillas es la capacidad que tiene un software para comunicar. [39]

Para finalizar se darán a conocer las características fisicoquímicas de la leche que se deben tener en cuenta para el desarrollo de este proyecto. La densidad de este líquido es de 1.028 – 1.035 g/ml, además, la temperatura promedio de la leche recién ordeñada es de 37°C [40]. Lo mencionado anteriormente es relevante debido a que a partir de estas especificaciones se seleccionara el sensor a utilizar, el cual debe ser capaz de adaptarse a su temperatura y densidad.

## 2.DISEÑO METODOLÓGICO

Para la metodología el modelo que se pone en marcha para la ejecución de este proyecto, se denomina ciclo de vida en cascada, el cual facilita la implementación. Consta de cuatro fases como se muestra en la Figura 12. A continuación, se muestra una representación gráfica de esta estrategia.

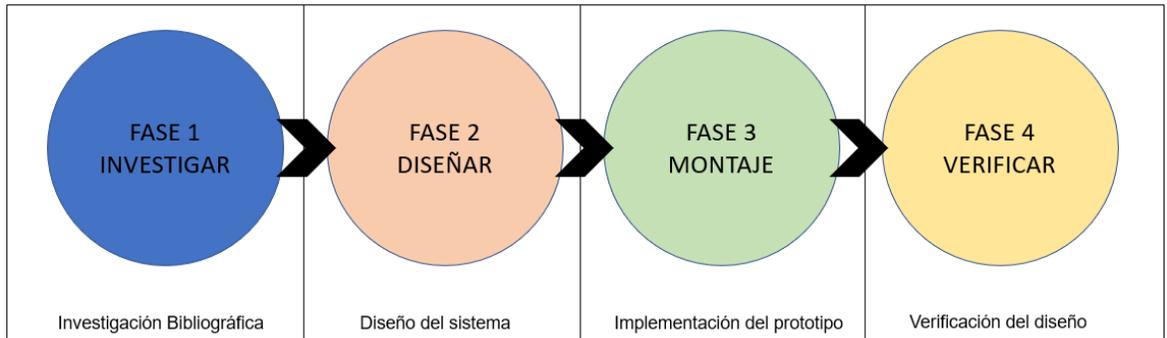


Figura 12. Representación gráfica de la propuesta del proyecto. Elaboración propia.

Las actividades representadas se describen de la siguiente manera:

1. Inicialmente se realizó un análisis investigativo de los sistemas de medición de caudal de leche mediante una revisión bibliográfica sobre el estado del arte y de las técnicas. Además, se investigó la incursión tecnológica en la actualidad y su aporte en el sector agroindustrial.
2. Para el diseño del sistema se tuvo en cuenta las condiciones de procesos de recolección de datos existentes y los resultados aportados con el fin de diseñar un prototipo. En cuanto al manejo de información se probaron diferentes métodos de envío y visualización de estos, para determinar el más adaptable al entorno y con más beneficios.
3. El montaje del sistema intercomunicado por medio de IoT se llevó a cabo mediante un caudalímetro y un microcontrolador encargado de la lectura y recolección de datos respectivamente. Posteriormente se realizaron pruebas de envío de información a través de la conexión a una base de datos en tiempo real y reflejarla estadísticamente en un cuadro de mando.
4. Análisis y verificación de los resultados del sistema de medición de caudal de leche, con el fin de realizar una comparación del funcionamiento con los sistemas actuales y analizar la producción entre el ganado vacuno en los hatos mediante la recopilación de información reflejada en graficas de caudal y volumen, brindando una estadística descriptiva para la toma de decisiones.

## 3. DESARROLLO DEL TRABAJO

---

El objetivo de este capítulo es puntualizar los procesos realizados en el trabajo, con el fin de dar a conocer un análisis bibliográfico de los procesos y técnicas de manejo de datos en el sector agroindustrial, además, se describirá el diseño del sistema que permitió el uso de información (recolección y envío) y su visualización en una interfaz gráfica capaz de brindar apoyo en la toma de decisiones futuras y para finalizar se mostrarán los resultados y el estudio de las pruebas realizadas.

### 3.1. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE Y TÉCNICA

Como se indica en el objetivo 1, se realizó un análisis del estado del arte y técnicas para los sistemas de medición de caudal de leche en el sector agroindustrial. Así pues, se sabe que existen 2 tipos de técnicas para la medición del caudal en la actualidad Figura 13, la primera es una medición electrónica, esta se basa en el uso de sensores electromagnéticos, infrarrojos y de presión para la lectura inicial del caudal y posteriormente se logran visualizar de manera análoga o digital. Por otro lado, la segunda es una medición proporcional, la idea central es recolectar el lácteo en cubetas y luego pesarlas para conocer la cantidad recolectada ( $1\text{kg} = 1\text{L}$ ). Ahora bien, se puede observar que ambos métodos carecen de almacenamiento, envío y visualización estadística de la información por lo que se dificulta el análisis descriptivo que resulta en la toma de decisiones referentes a los datos por parte del usuario.



Figura 13. Métodos de medición [41]

En relación con el análisis del estado del arte y de la técnica, basándose en los 10 artículos y 4 patentes encontrados mayormente en IEEE, Scopus y Patentscope, se infiere que el sector agroindustrial necesita de constantes innovaciones tecnológicas en sus diversos sistemas. Particularmente en la agroindustria latinoamericana, ya que posee una menor implementación de tecnología IoT, a pesar de contar con más terreno aprovechable que Asia, Europa y Norte América. Ahora bien, el internet de las cosas brinda una mejor rentabilidad, control en los procesos, mitigar perdidas, mejorar el rendimiento, aumenta la sostenibilidad y permitirá aplicar medidas de cuidado en hatos, cultivos, transporte y mantenimiento. Por consiguiente, si se realiza un correcto manejo de datos y sus procesos habrá una mejora en las decisiones que se deben tomar, dando como resultado la optimización de los sistemas. Puesto que el IoT simplifica procesos que en la actualidad requieren un mayor rendimiento.

Con relación a los antecedentes se logra apreciar que los caudalímetros requieren constantes actualizaciones e innovaciones, ya que en la actualidad son importantes en el sector agroindustrial. A pesar de haber mejorado su composición, los sensores utilizados, el flujo de información y las acciones de control que se pueden realizar, aun es un dispositivo que puede mejorar en el uso de información, su almacenamiento, visualización y la interconexión por medio del IoT. Ahora bien, al analizar las patentes específicamente, se observa que: el conjunto de procesos que resulta en la recolección, control y almacenamiento de datos da como resultado la automatización de los métodos actuales. Sin embargo, está automatización de procesos no brinda una mejora del manejo de hatos, sino en el control de estos dado que carecen de un análisis descriptivo claro para la toma de decisiones futuras.

Para finalizar, es importante resaltar que actualmente no hay suficiente material bibliográfico referente a la incorporación de sistemas automatizados en Colombia y patentes con relación a las mediciones de líquidos por medio del IoT con caudalímetros. Por este motivo es de suma importancia incentivar los estudios tecnológicos en un campo relevante y con poca visibilidad en Colombia.

## 3.2. DISEÑO

Como se menciona en el objetivo 2, se diseñó un sistema de medición del caudal de leche, realizando un prototipo a escala con su respectiva interfaz gráfica en tiempo real. A continuación, este capítulo dará a conocer cada una de las etapas implicadas en el diseño del sistema, incluyendo la selección de dispositivos, la construcción del prototipo y la interfaz gráfica apropiada para mostrar la información deseada.

### 3.2.1. Selección de dispositivos

El instrumento predilecto para medir el caudal es un caudalímetro, como se menciona anteriormente es un dispositivo que cuenta con variedad de métodos para realizar la medición, esto debido a los diversos sensores que se pueden utilizar para tomar medidas, sin embargo, se optó por un caudalímetro diseñado para trabajar con líquidos de baja viscosidad como la leche y con un costo bajo para que sea un sistema asequible.

Tabla 2. Comparativa entre sensores de flujo. Elaboración propia.

	YF-S201	MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO DE SENSOR DE FLUJO	7ME6310-3TA11-1LA1 SIEMENS
			
VOLTAJE DE OPERACIÓN	5V – 18V DC	24VDC/220VAC/12VDC	3.5 V-24 V
RANGO DE FLUJO	1-30L/min	0.3-15m/S	2-50 l/min
PRESIÓN MAX	1.75MPa	0.6~6.3MPa	1.75MPa
SEÑAL DE SALIDA	Onda cuadrada pulsante	Pulse	Cuadrada
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	25°C a 80°C	>60°C	40-80°C
VOLUMEN PROMEDIO POR PULSO	2.25mL	60mL	2.25mL
PRECIO (EN TARJETA DE DESARROLLO OFICIAL)	\$22.900°	\$1'476.781°	\$30.000°

Basándose en la Tabla 2 se determinó que el sensor YF-S201 es el óptimo para el desarrollo del prototipo a escala debido al adecuado voltaje de operación puesto que su alimentación es compatible con la de un microcontrolador, además, la temperatura de funcionamiento es acorde al fluido que se trabaja en el proyecto la cual es de aproximadamente 37°C. Así mismo, su rango de flujo es similar a la cantidad media de litros que produce una vaca y, por último, el precio es consecuente con el objetivo de tener un sistema de bajo costo.

Ahora bien, para la selección del microcontrolador se consideraron 3 opciones, las cuales son, el ESP-32, RASPBERRY PICO y ARDUINO DUE. Estas selecciones se deben a que son los microcontroladores que mejor cumplen las características requeridas y tienen una relación calidad/precio razonable con el presupuesto del proyecto.

Tabla 3. Comparación de microcontroladores. Elaboración propia.

	ESP32 WROOM-32	RASPBERRY PICO	ARDUINO DUE
			
VEL PROCESADOR (MAX)	240MHZ	133MHZ	84MHZ
MEMORIA RAM	520KB	264kB	96kB
MEMORIA DE PROGRAMA (FLASH)	4MB	2MB	512kB
PINES	63	26	68
PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	WIFI, BLUETOOTH, RX TX, I2C, UART, SPI, USB, TOUCH, FPC, CAN	UART (TX RX), SPIO (TX RX), I2C, USB	UART TTL, SPI, PUERTO COM, USB
ENTRADAS ANALOGAS (ADC)/CANTIDAD	20	3	12
ENTRADAS ANALOGAS (ADC)/RESOLUCIÓN	12bits	12bits	12bits
SALIDAS PWM/CANTIDAD	16	16	12
SALIDA PWM/RESOLUCION	12bits	12bits	8bits
CONSUMO DE ENERGIA (ENTODOS LOS MODOS)	<b>consumo MAX</b> modo activo: 22mA modo sueño ligero: 550uA modo sueño profundo: 302uA	<b>consumo MAX:</b> modo activo: 1.19w modo reposo: 0.6w	<b>consumo MAX:</b> modo reposo: 75mA
PRECIO (EN TARJETA DE DESARROLLO OFICIAL)	\$29.000°	\$26.700°	\$150.000°

Con base al análisis realizado en la Tabla 3 se seleccionó el ESP-32, hay que destacar que este dispositivo cuenta con una amplia variedad de módulos en sus protocolos de comunicación en donde destaca la conexión WIFI y de esta forma no habría que agregar un módulo externo en el sistema para cumplir con el envío de datos. Adicionalmente, posee características superiores en la velocidad del procesamiento ya que su procesador es de 32 bits y en la memoria RAM los cuales son necesarios para la carga generada en el desarrollo del proyecto. Además, se puede programar usando diversos lenguajes de programación, donde se destacan Python y JavaScript, también su amplia variedad de herramientas y funcionalidades hace que sea una tarjeta de desarrollo avanzada en el área de IoT y proyectos de computación en la nube.



Figura 14. Módulo de visualización TFT. Elaboración propia.

En base al análisis del módulo de visualización, se seleccionó la pantalla nextion Figura 14 debido a que brinda soporte de desarrollo grafico para la integración del diseño de forma local para la visualización de los datos. Además, al poseer una comunicación serial permite tener acceso a los demás pines para incorporar diferentes módulos. Por otro lado, su consumo en voltaje mantiene una relación con todo el sistema permitiendo el manejo de un solo suministro de alimentación. Por último, la incorporación de microSD en este dispositivo aporta la posibilidad de almacenamiento local de la información.

Otro factor influyente en la selección de la pantalla nextion es su compatibilidad con el microcontrolador seleccionado, para explicar esto se realizó una ilustración presentada en la Figura 15 con el fin de mostrar la conexión de estos dos dispositivos y se explicara los conceptos básicos para entender el tipo de comunicación existente entre ambos.

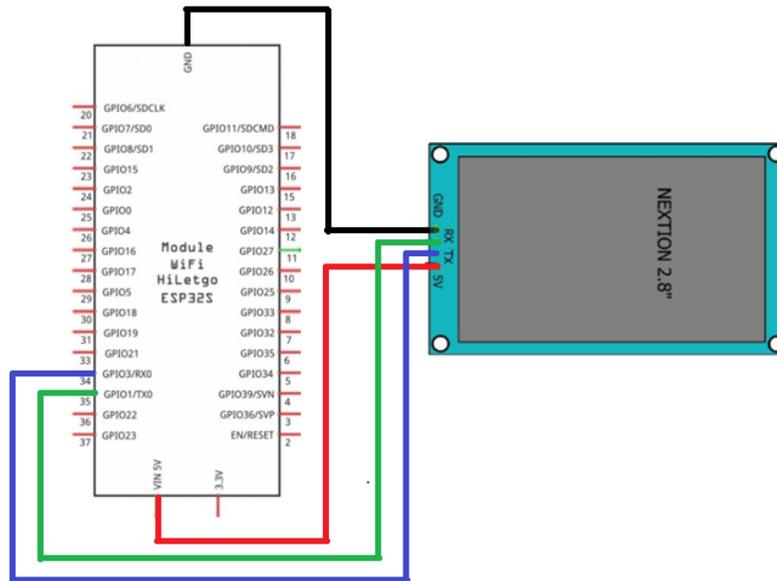


Figura 15. Implementación Modulo nextion con Esp32 [42].

Este módulo cuenta con un protocolo de conexión a través de TTL serial (5V, TX, RX, GND). Que permite proporcionar notificaciones de eventos o registros que brinda el microcontrolador. Cuando el dispositivo se comunica haciendo uso del protocolo serial, su UART transmite en la línea de “TX” que permitirá la transmisión de los datos y la recepción por medio de la línea “RX”, En este caso al poseer dos dispositivos se realiza un protocolo serial asíncrono que ayuda a minimizar el consumo de puertos del ESP-32, Para lograr el funcionamiento, la conexión entre estos debe ser como en la Figura 16, Donde uno de los dos dispositivos transmite la información por su línea “RX” y el otro recibe por su línea “TX”. Esto con el fin de brindar la visualización y registro actual del caudal y volumen de forma local al humano.

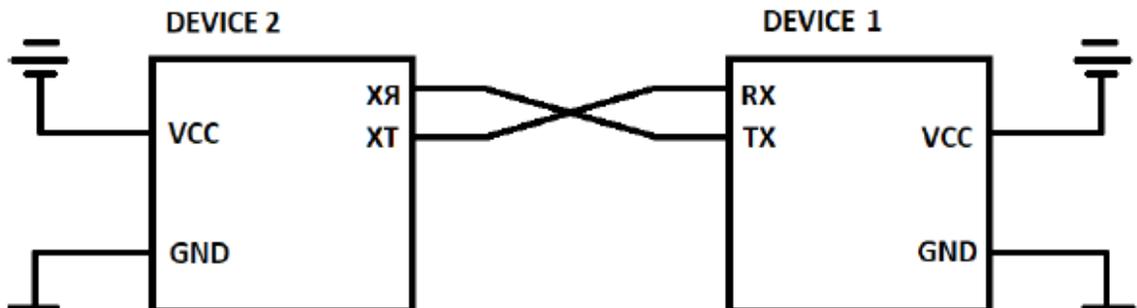


Figura 16. Comunicación entre dos dispositivos. Elaboración propia.

### 3.2.2. Calibración

En esta primera etapa del montaje del prototipo es necesario establecer la calibración del caudalímetro YF-S201 de 1/2" pulgada para tomar las mediciones de forma correcta, se tuvo en cuenta que este instrumento ofrece un factor de conversión proporcionado de  $k=7.5$  el cual permitió realizar la conversión de Hertz a caudal (L/min) haciendo uso de las siguientes formulas:

$$f(Hz) = 7.5 * Q \left( \frac{L}{min} \right) \quad (1)$$

Frecuencia. [43]

$$Q \left( \frac{L}{min} \right) = \frac{f(Hz)}{7.5} \quad (2)$$

Caudal (Litros/min)

$$K(\text{Factor de conversion}) = \frac{n^\circ \text{ de pulsos}}{\text{Volumen} * 60} \quad (3)$$

Factor de conversión K

Es lógico que para el proceso de calibración de cualquier sensor se debe llevar a cabo una caracterización de este, el caudalímetro no es una excepción ya que necesita de este proceso para ser capaz de mantener una misma lectura del valor medio en diversos escenarios. Para ello, se seleccionó previamente una cantidad de volumen específica de líquido y posteriormente realizar varias pruebas con el fin de determinar el valor medio y ejecutar las conversiones teniendo en cuenta la cantidad de pulsos.

En la primera prueba se utilizó una cantidad de 1.07 litros y se obtuvo un resultado de 445 pulsos según el efecto hall del sensor, posteriormente se usó 1.04 litros aproximadamente y la respuesta fue de 433 pulsos, para finalizar se utilizó en varias ocasiones la cuantía de 1 litro de leche y el resultado fue 415 pulsos, estos resultados se pueden apreciar en la Figura 17 y basándose en los mismos se infiere que para este sensor el factor de conversión es 415 pulsos por cada litro de leche.

Output Serial Monitor x	Output Serial Monitor x	Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32	Message (Ctrl + Enter to send message to 'ESP32	Message (Ctrl + Enter to send message to
Numero de Pulsos = 378	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 379	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 388	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 397	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 404	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 412	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 419	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 425	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 431	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 436	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 441	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
Numero de Pulsos = 445	Numero de Pulsos = 433	Numero de Pulsos = 415
		Numero de Pulsos = 415

Figura 17. Pulsos generados. Elaboración propia.

Para detallar este proceso de forma más clara se presentarán los resultados en la Figura 18 , la cual es una representación gráfica de todas las pruebas realizadas con los diferentes volúmenes utilizados, con el fin de comparar el factor de conversión obtenido y el que brinda el sensor.

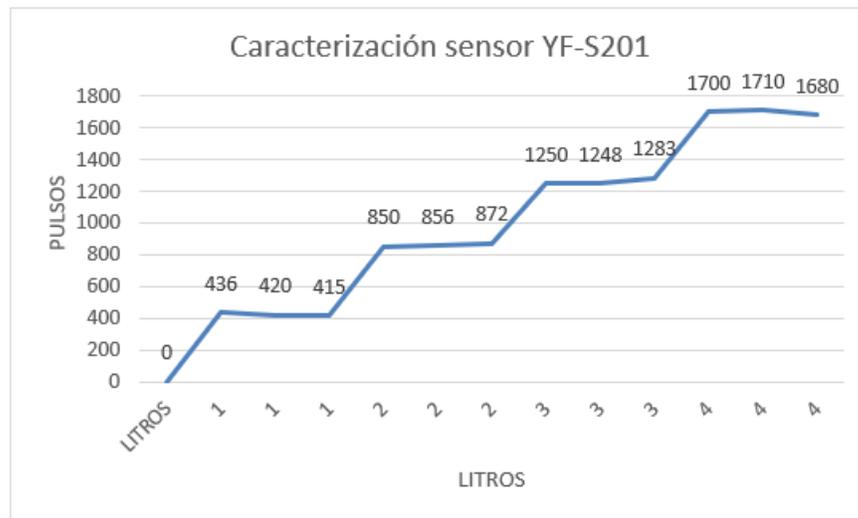


Figura 18. Caracterización sensor YF-S201. Elaboración propia.

Luego de obtener los pulsos que genera cada uno de los volúmenes, se procedió a calcular el factor de conversión K con ayuda de la ecuación (3) y obteniendo la constante K como se observa en la Figura 19, dado que, este valor fue primordial para la obtención del caudal.

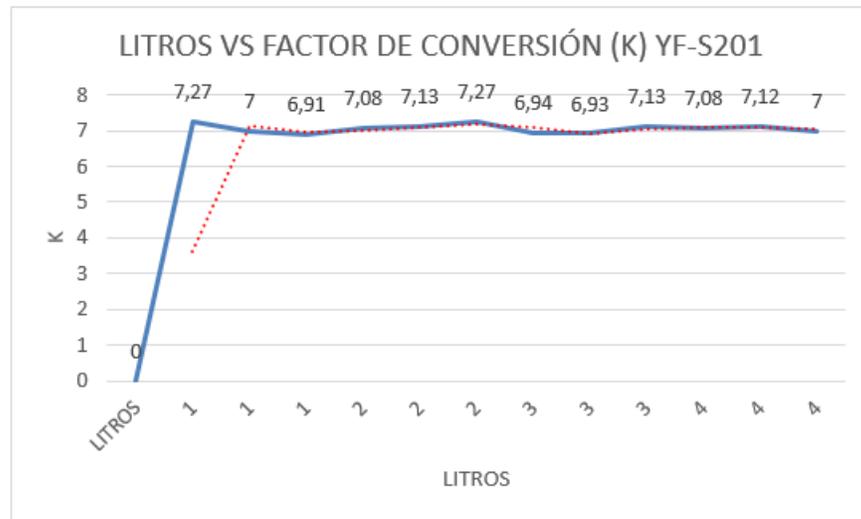


Figura 19. Factor de conversión YF-S201. Elaboración propia.

El cual se obtuvo una parametrización promedio para K con un valor de 7.07 aproximadamente, para fines de este proyecto la calibración se realizará partiendo del valor practico dado por las pruebas realizadas en el laboratorio, dando como resultado las siguientes dos ecuaciones:

$$f(Hz) = 7.07 * Q \left( \frac{L}{min} \right) \quad (4)$$

$$Q \left( \frac{L}{min} \right) = \frac{f(Hz)}{7.07} \quad (5)$$

Donde  $f(Hz)$  es la frecuencia obtenida a partir de los pulsos generados por la presencia del flujo lácteo y  $Q \left( \frac{L}{min} \right)$  es el caudal, Así bien, como indica la ecuación (5) este valor se obtendrá dividiendo la frecuencia entre el factor de conversión promedio hallado en la caracterización, de esta forma, se realizó una nueva prueba para comprobar los datos del caudal con un volumen de 1 litro.



Figura 20. Caudal de leche. Elaboración propia.

Con el fin de corroborar estos resultados de la caracterización se usará un sensor estandarizado, se realizaron las mismas pruebas y posteriormente se compararán los datos. Así se podrá saber cuál es el porcentaje de error que tiene el sensor YF-S201 y conocer que tan exactas son las mediciones que esté toma. Para realizar esta comparación se utilizó el caudalímetro estandarizado Swoffer Model 3000 que por medio de su Flow calculator permitió relacionar la información adquirida con la del sensor YF-S201.

En la caracterización del estandarizado Swoffer Model 3000 se tuvo en cuenta un volumen específico y que por medio de las interrupciones se dio a conocer los pulsos que generaba el flujo, para este parámetro fue necesario entender que el caudalímetro trabaja por medio de revoluciones, lo cual para la obtención de los pulsos en Hz, “se debió conocer que 1 Hertz equivale a 60 revoluciones por minuto, y como  $1 \text{ Hertz} = 1 \text{ revolución/segundo} = (1 \text{ revolución/segundo})(60 \text{ segundos/minuto}) = 60 \text{ revoluciones/minuto}$ ”, (Lewis, 2017). Al tener esto en cuenta, el sensor brindó máximo 30 revoluciones de trabajo Figura 21. Y conociendo lo anterior se obtuvo que 30 revoluciones/minuto equivale a 0.5 Hertz (0.5 pulsos), que sería igual a dividir en 2 los datos obtenidos por este sensor.



Figura 21. Sensor Swoffer model 3000. Elaboración propia.

En cuanto a la primera prueba realizada con este sensor, se tomó un volumen establecido de 1 litro de líquido y el resultado fueron 809 pulsos, se puede observar en la Figura 22. Al dividirlo en 2 como se expuso en el párrafo anterior la respuesta es de aproximadamente 404 pulsos, posteriormente, se realizó una nueva prueba, pero esta vez con 2 litros de líquido y al apreciar la Figura 22 la cantidad de pulsos es de 1683 por lo que al realizar la operación explicada anteriormente el resultado es de 841 pulsos.



Figura 22. Pulsos generados. Elaboración Propia.

Al realizar varias pruebas, con diferentes cantidades de litros de líquido se realizó la respectiva grafica de calibración, en la Figura 23 se expresa la relación Pulsos/Litros del caudalímetro Swoffer Model 3000 donde se observó que el valor medio por cada litro es de aproximadamente 420 pulsos.

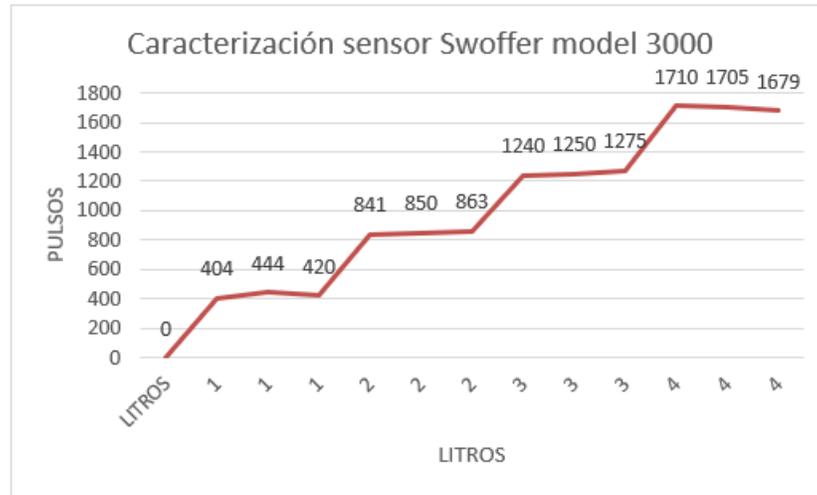


Figura 23. Caracterización Sensor Swoffer model 3000. Elaboración propia.

Una vez realizada la caracterización se prosigue a hallar el valor de K promedio, haciendo uso de la ecuación (3) y de los datos recolectados anteriormente, esto dio como resultado un valor de  $K=7,04$ . Se puede observar en la Figura 24 y con esta grafica ya es posible realizar una relación de porcentaje de error entre ambos caudalímetros.

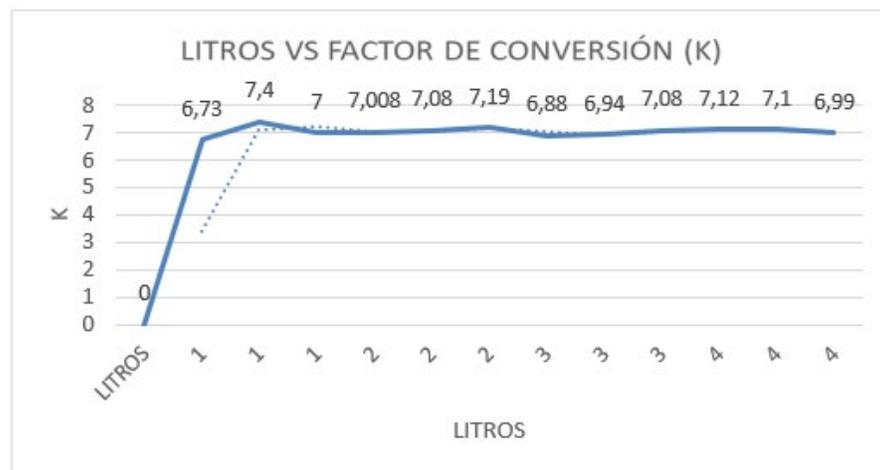


Figura 24. Factor de conversión Swoffer model 3000. Elaboración propia.

Posterior a este proceso de calibración individual de los dos caudalímetros utilizados se debe realizar los cálculos del porcentaje de error presentado, tomando como valor teórico estándar los resultados del sensor Swoffer Model 3000 y como valor real las medidas del sensor YF-S201. Para hacer esta comparación se usará la ecuación (6).

$$Error (\%) = 100 - \frac{Vmax_1 * 100}{Vmax_2} \quad (6)$$

$$Error (\%) = 100 - \frac{1680 * 100}{1679} = 0.16\% \quad (7)$$

Como se puede contemplar en el resultado de la ecuación (7) el porcentaje de error es mínimo entre las medidas estandarizadas y los datos que recolecta el sensor YF-S201. Así, el sistema planteado en el proyecto posee un porcentaje de error del 0.16% por lo que se afirma que es aceptable, debido a que se encuentra por debajo del 2%, así se ve reflejado al comparar las gráficas de pulsos vs litros de ambos sensores en la Figura 25.

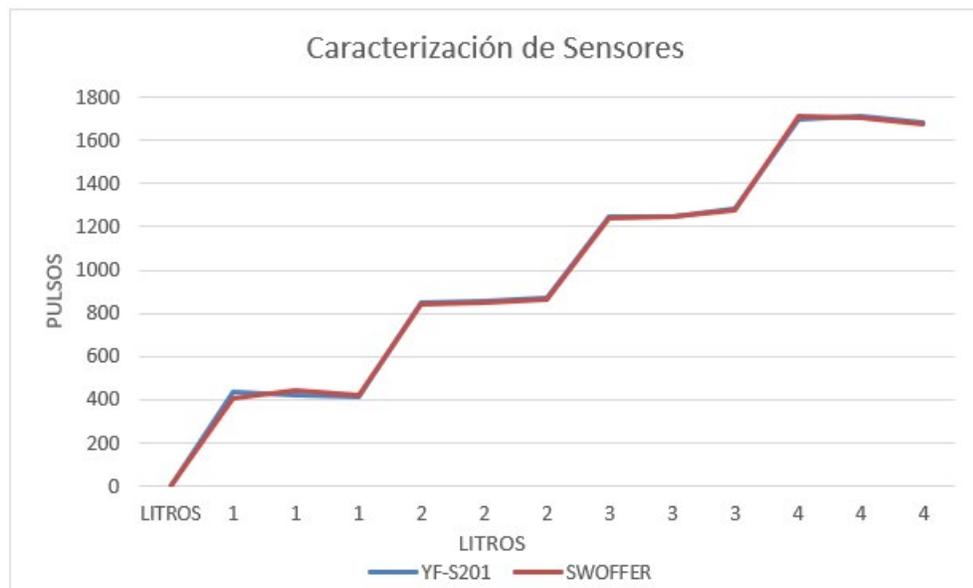


Figura 25. Comparación de caracterización entre sensores. Elaboración propia.

Otro termino que se debe tener presente para saber que tan fiables son los datos adquiridos por el sistema diseñado es la exactitud, esto se puede calcular utilizando la ecuación (8), donde el valor teórico es la constante K dada por las características de fabrica del sensor y el valor practico es el promedio de los resultados brindados por la caracterización realizada al caudalímetro YF-S201, en consecuencia el resultado del diseño de este proyecto es de una exactitud del 0.43, cabe resaltar, que entre más cercano esté el resultado a 0 más exacta será la medición, es decir, que el sistema cuenta con una buena exactitud.

$$\begin{aligned} \text{Exactitud} &= V_{\text{teorico}} - V_{\text{practico}} \\ \text{Exactitud} &= 7.5 - 7.07 = 0.43 \end{aligned} \quad (8)$$

Para concluir el proceso de calibración se calculó una variable de importancia para el proyecto, la cual es el volumen y que será representada en LITROS, ya que esta permitirá la obtención de datos relevantes de consumo o producción que resultan en la toma de decisiones futuras, ahora bien, para obtener este resultado se usara la ecuación (9).

$$\text{Volumen} = \text{Volumen} + \left( \frac{\text{Caudal} \left( \frac{L}{m} \right)}{60} \right) * \frac{dt}{1000} \quad (9)$$

Donde se tendrá en cuenta el caudal hallado anteriormente (medido en L/m) y la variación del tiempo en segundos para así dar como resultado la variable volumen y se puede observar en la Figura 26 con una prueba realizada.

The screenshot shows a 'Serial Monitor' window with the following text:

```

Output Serial Monitor X
Message (Ctrl + Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')
Volumen: 4.070L
Volumen: 4.287L
Volumen: 4.561L
Volumen: 4.651L
Volumen: 4.792L
Volumen: 4.877L
Volumen: 5.099L
Volumen: 5.378L

```

Figura 26. Volumen en litros. Elaboración propia.

### 3.2.3. Conexión a la red

En la etapa “integración de protocolo wifi para lograr la conexión con la nube”, se configuro la red del proveedor por de medio de un router HUAWEI EchoLife HG250b configurado como Access Point teniendo en cuenta los siguientes datos y características de la configuración LAN. Dentro de la interfaz del modem se puede observar la dirección IP de acceso al router con su respectiva mascara lo cual permitió el ingreso a su configuración, esta se observa en la Figura 27.

EchoLife HG520b	
Status	
Basic	
ADSL Mode	
WAN Setting	
LAN Setting	
DHCP	
NAT	
IP Route	
Wireless Lan	
ATM Traffic	
Advanced	
Tools	

LAN Setting	
<b>LAN Interface</b>	
Main IP Address	192.168.0.1
Main Subnet Mask	255.255.255.0
Alias IP	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable
Alias IP Address	0.0.0.0
Alias Subnet Mask	0.0.0.0
<b>IGMP Snooping</b>	
IGMP Snooping	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
<b>Submit</b>	

Copyright © 2009 All Rights Reserved.

Figura 27. Interfaz Modem Huawei en LAN. Elaboración propia.

Adicionalmente se ingresó a las configuraciones de Wireless En donde se determinó los datos de Wireless Lan, los cuales fueron habilitar la conexión Access Point, se fijó el SSID (Identificador de Red) llamado SMCL, y el tipo de autenticación que en este caso fue WPA2-PSK y se seleccionó como siglas de seguridad Cliente 1, esto se puede observar en la Figura 28.

EchoLife HG520b	
Status	
Basic	
ADSL Mode	
WAN Setting	
LAN Setting	
DHCP	
NAT	
IP Route	
Wireless Lan	
ATM Traffic	
Advanced	
Tools	

Wireless Lan	
<b>Wireless Setting</b>	
Access Point	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Channel ID	COLOMBIA
	Auto Channel Select Current Channel: 11
SSID Number	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
SSID Index	1
SSID	SMCL
Broadcast SSID	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Authentication Type	WPA2-PSK
<b>WPA-PSK</b>	
Encryption	TKIP
Pre-Shared Key	Cliente1 (8~63 ASCII characters, or 64 Hex string)

Figura 28. Interfaz Modem Huawei en Wireless. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta diversos escenarios a nivel rural donde el acceso a internet puede llegar a ser limitado en cuanto a la cobertura, la implementación de un repetidor de red llega a ser imprescindible para lograr la comunicación entre el microcontrolador y el servidor. Después de conseguir acceso a internet, se procede a realizar la conexión entre el ESP32 y el router. Así pues, por vía wifi se contará a la base de datos, mientras que el microcontrolador actúa en modo estación (STA, station) puesto que está conectado a un punto de acceso el cual será el router como explica la Figura 29.

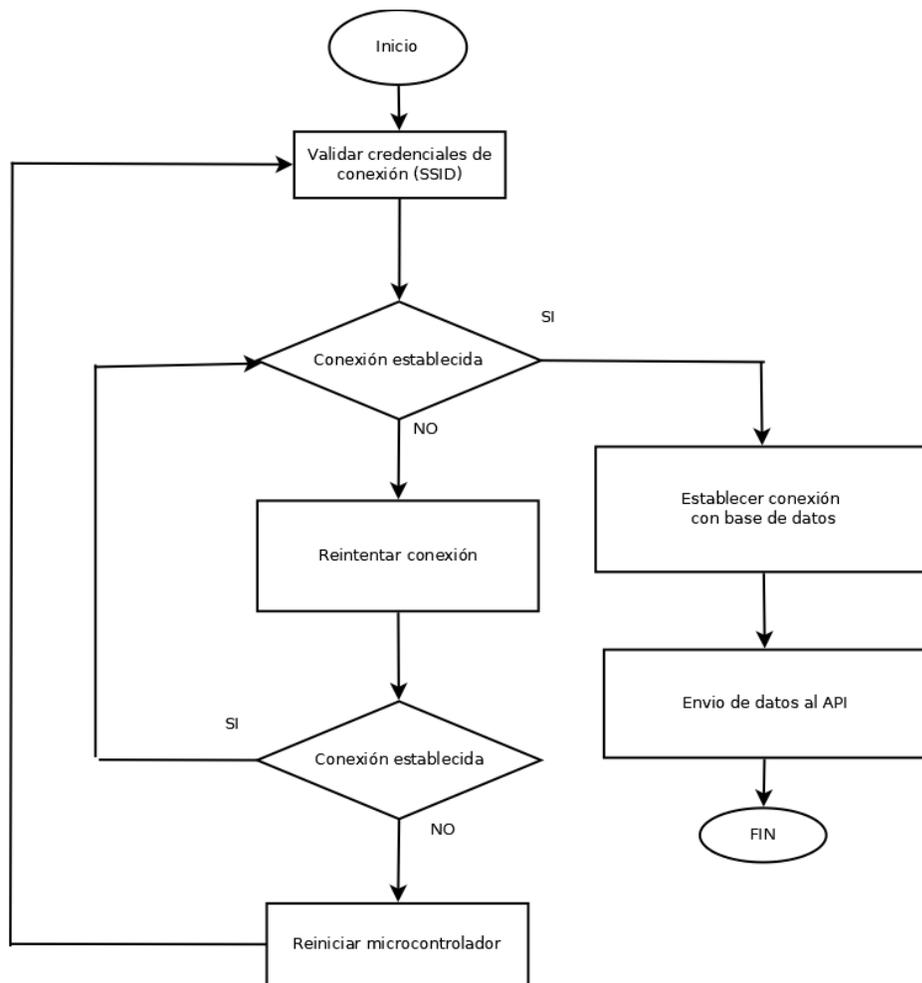


Figura 29. Conexión entre Esp32 y Base de datos en tiempo real. Elaboración propia

### 3.2.4. Base de datos y cuadro de mando

Por último, para visualizar la información de forma estadística en tiempo real y de manera automática. Teniendo como objetivo el IoT y con ayuda del esp32 conectado a una API que se enlazo directamente a una base de datos de tiempo real se logró obtener un intercambio de datos del sistema a través de internet que permitió por medio de un cuadro de mando visualizarlos para analizarlos y realizar una correcta toma de decisiones.

Inicialmente, se procedió a realizar un análisis de la información que conformará la base datos con ayuda de un modelo entidad relación, el caudal fue la variable inicial de conocimiento y brindo los parámetros para la obtención del volumen que tiene la finalidad de mostrar el consumo o producción final del productor. Esto se observa en la Figura 30, el caudal expresado en litros/min es la llave única y principal de la tabla, lo que dio múltiples valores para obtener el volumen que se representa en Litros y donde este es la llave principal de su tabla que recibe como entrada el flujo de líquido actual. Conociendo estas variables, y estructurando la base de datos. Se realiza la comunicación del sistema con la API, así el microcontrolador solicita la conexión al hosting Firebase el cual consiguió la recepción de información para ser almacenados en una base de datos (DB) en tiempo real, que a su vez se implementó el servicio de app web para poder visualizar estos datos por medio de un cuadro de mando y de esta manera observar las gráficas.

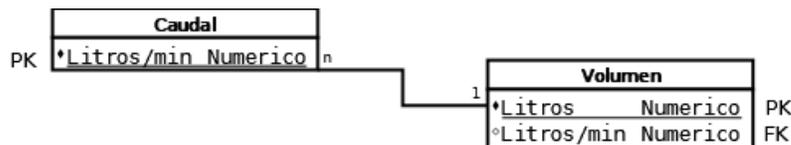


Figura 30. Diagrama entidad relación de Base de datos. Elaboración propia.

En términos de interés, el proceso que se llevó a cabo se ejecutó de una forma específica, donde cada componente es fundamental para el funcionamiento óptimo del sistema de envío de datos en tiempo real, como se observa en el diagrama de bloques representado en la Figura 31.

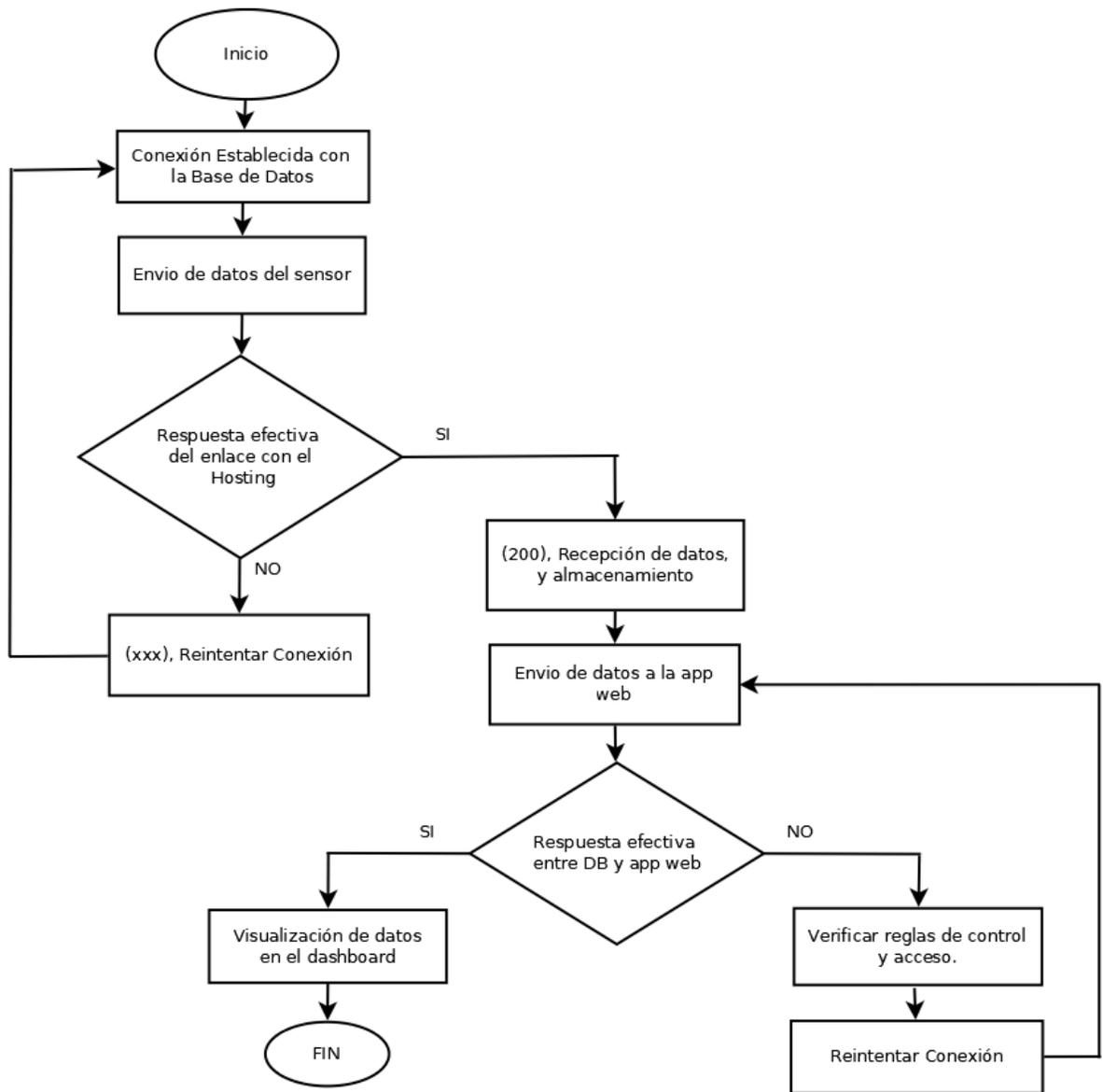


Figura 31. Proceso de envío de información entre la DB y la app web. Elaboración propia.

Con relación a la Figura 32, la cual, simplifica el software que se implementó en el sistema dando a conocer el proceso lógico mediante el uso de las variables y sus funciones utilizadas en cada una de sus fases. Iniciando con la lectura y recolección de datos gracias al caudal y volumen que posteriormente se visualiza de forma local por medio de las variables de conversión, las funciones que sincronizan la comunicación entre el microcontrolador y el módulo de visualización. Con el fin de lograr una conexión wifi para el sistema IoT es necesario hacer uso de las variables que integran las credenciales de la red. Un punto a tener en cuenta es el envío y recepción de datos que enlaza la API con la base de datos para así transmitir la información que traen las variables cauPatch y voPatch. Por último, para lograr observar los datos de forma estadística y en tiempo real se diseñó un control de mando compuesto por cuadros encargados de brindar la información almacenada en las variables cau y vol, además gráficos capaces de dar una representación estadística de las variables chartC y chartV.

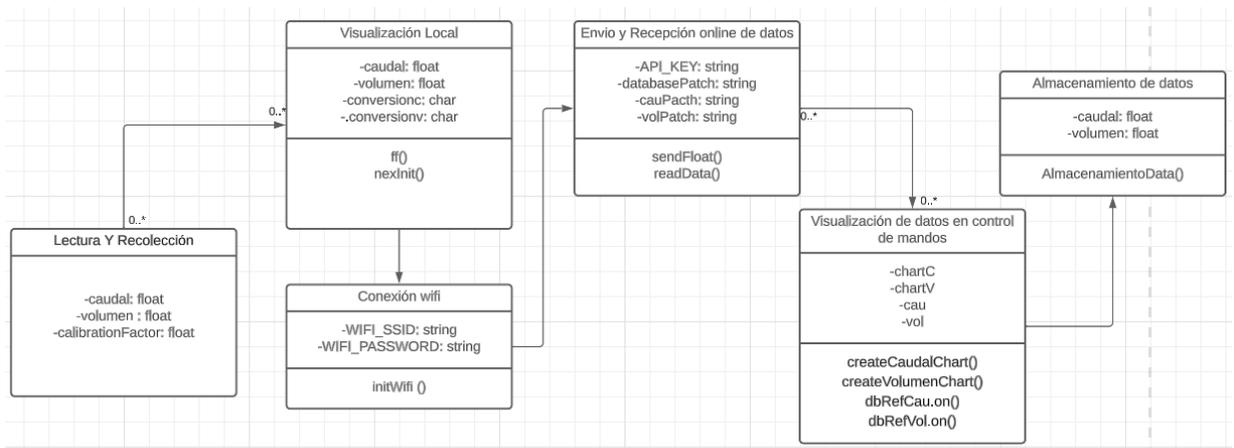


Figura 32. Representación del sistema mediante el software, UML

### **3.3. IMPLEMENTACIÓN**

Como se menciona en el objetivo 3, se debe Verificar del funcionamiento del prototipo a escala y diseño del cuadro de mando para la validación de los datos obtenidos. Por ese motivo, esta sección tratara de la implementación del prototipo a escala y se mostrara el funcionamiento individual de cada fase del proyecto para posteriormente analizar las pruebas y los resultados.

Principalmente se debe tener en cuenta el funcionamiento del sistema de medición de caudal de leche para poder analizar su montaje y la función de cada fase, por este motivo se presenta un diagrama de bloques, con el fin de ilustrar de una forma general el proyecto y posteriormente enfocarse en una etapa especifica, observar Figura 33.

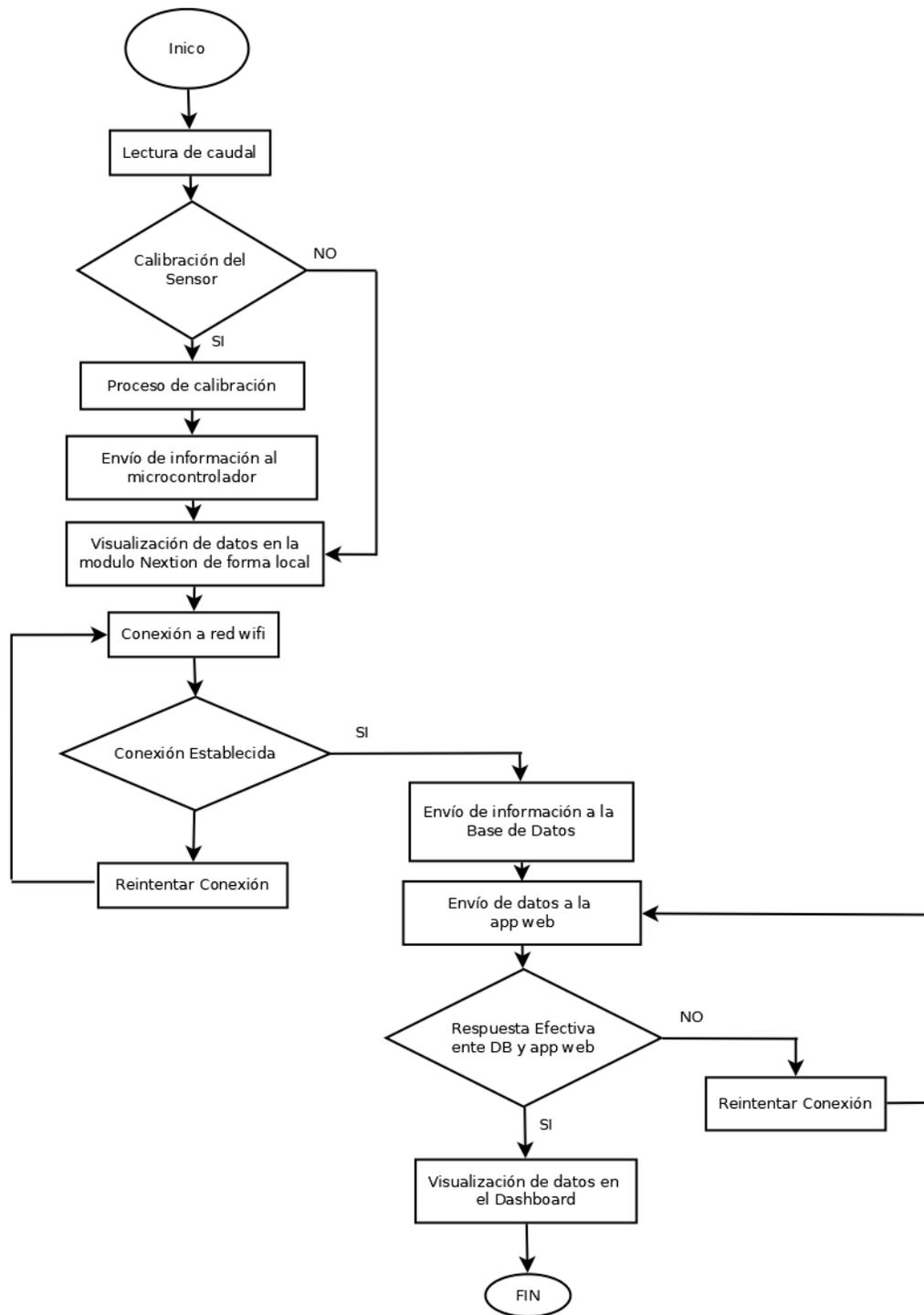


Figura 33. Diagrama de Flujo del software desarrollado. Elaboración propia.

En la etapa inicial, se realizó la conexión entre el microcontrolador y la pantalla Nextion como se ve en la Figura 34, con el fin de comprobar que el Esp32 fuera capaz de realizar el manejo de información constante a una velocidad adecuada y verificar que el módulo de visualización fuese apto para mostrar los datos en tiempo real, una de las ventajas que posee el microcontrolador es que tiene una gran variedad de pines y esto facilitara futuras incorporaciones en el proyecto si es que se requieren o se desean.

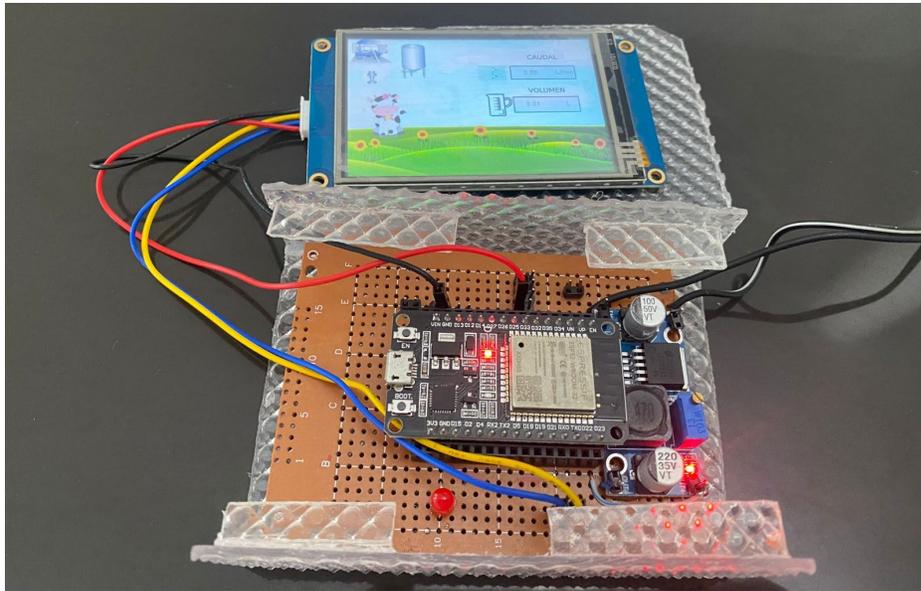


Figura 34. Implementación de Visualización Local. Elaboración propia.

Una vez realizadas las conexiones el microcontrolador se encarga de realizar las operaciones matemáticas necesarias para hallar el caudal y el volumen con los datos tomados del caudalímetro YF-S201, a su vez, el ESP32 es el encargado de conectarse a la red por medio de su protocolo de conexión Wifi y así ejecutar el envío de información a la base de datos online y conseguir ver la información en tiempo real en el cuadro de mando. En cuanto a la pantalla NEXTION NX4832T035 de 3.5 pulgadas, es la encargada de mostrar numéricamente los datos de las variables manejadas, con el objetivo de tener un módulo local que no dependa de la red para observar la información requerida en tiempo real.

En cuanto al diseño de la interfaz del módulo de visualización fue necesario realizar la estructura en su propio editor, donde se enlazo las variables del caudal y volumen, las cuales son enviadas del microcontrolador a la pantalla Nextion para su posterior representación visual como se observa en la Figura 35.

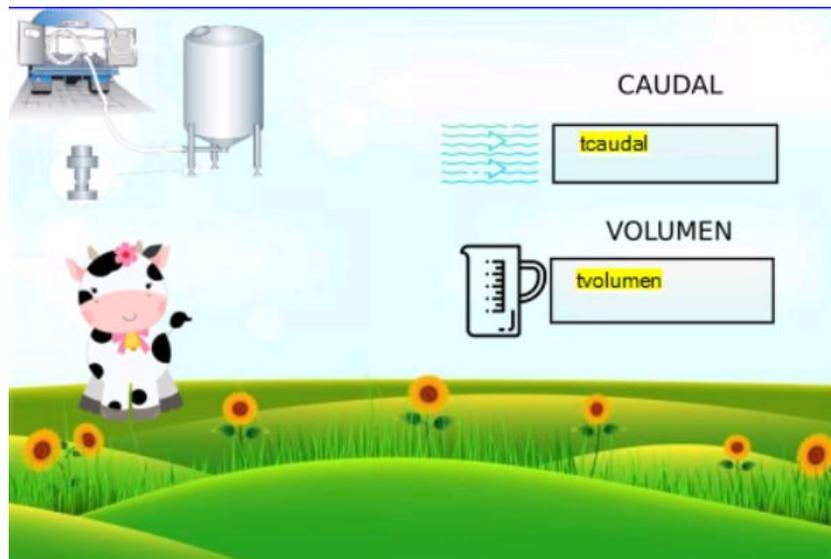


Figura 35. Diseño interfaz en NEXTION editor. Elaboración propia.

Una vez que la conexión está hecha, se tiene que acoplar al caudalímetro, pues será el encargado de brindar la información inicial para realizar todo el proceso, este instrumento posee una alimentación en conjunto con la pantalla Nextion, la cual es brindada por el pin de energía que dispone el microcontrolador, esto con el fin de generar un prototipo de bajo consumo de energía. Entonces, cuando el sistema esta con todas sus conexiones realizadas se debe unir al medio que transportara la leche para ejecutar la toma de datos, por otro lado, se utilizaron tubos de PVC de ½ pulgada con el objetivo de crear un conducto por donde fluiría el lácteo. Ver Figura 36.

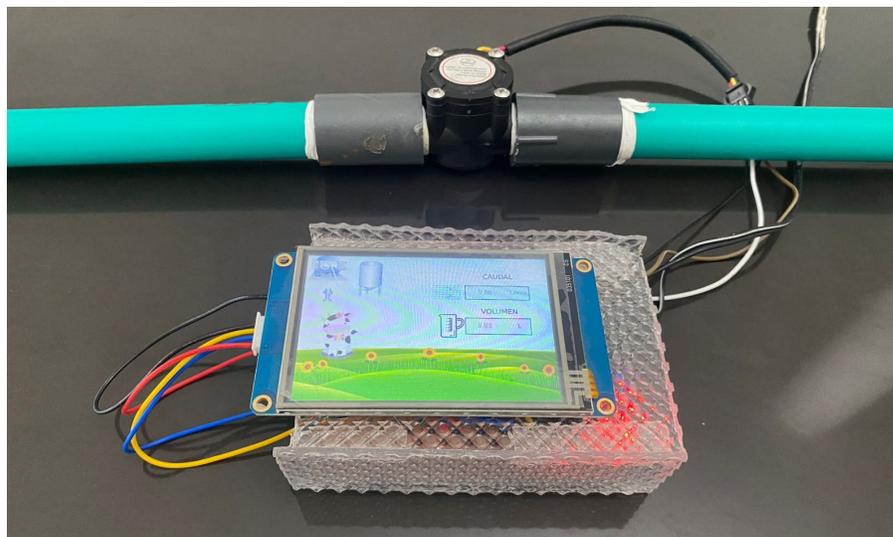


Figura 36. Implementación de lectura de caudal. Elaboración propia.

Para finalizar, se hablará de la conexión con la base de datos y el cuadro de mando. En esta etapa final el microcontrolador debe realizar el enlace con el router y posteriormente con la página web online encargada de enseñar el cuadro de mando, en la programación del ESP32 se realizó dicha conexión usando la información presentada en la sección titulada “conexión con la red”, ver Figura 37.



Figura 37. Comunicación entre base de datos con Cuadro de mando en tiempo real. Elaboración propia.

Una vez que este hecha la conexión a internet, se podrá observar cómo es el diseño del cuadro de mando en la Figura 38, realizado con la incorporación de una App web que brinda la plataforma Firebase, consta de dos secciones numéricas que muestran el caudal y el volumen de la leche mientras esté recorriendo por el caudalímetro, también contiene dos graficas para las mismas variables, capaces de mostrar los datos tomados en un lapso de tiempo específico para una fácil comprensión de estos y lograr analizarlos de forma más eficaz y enfocarse en la toma de decisiones sobre el hato.

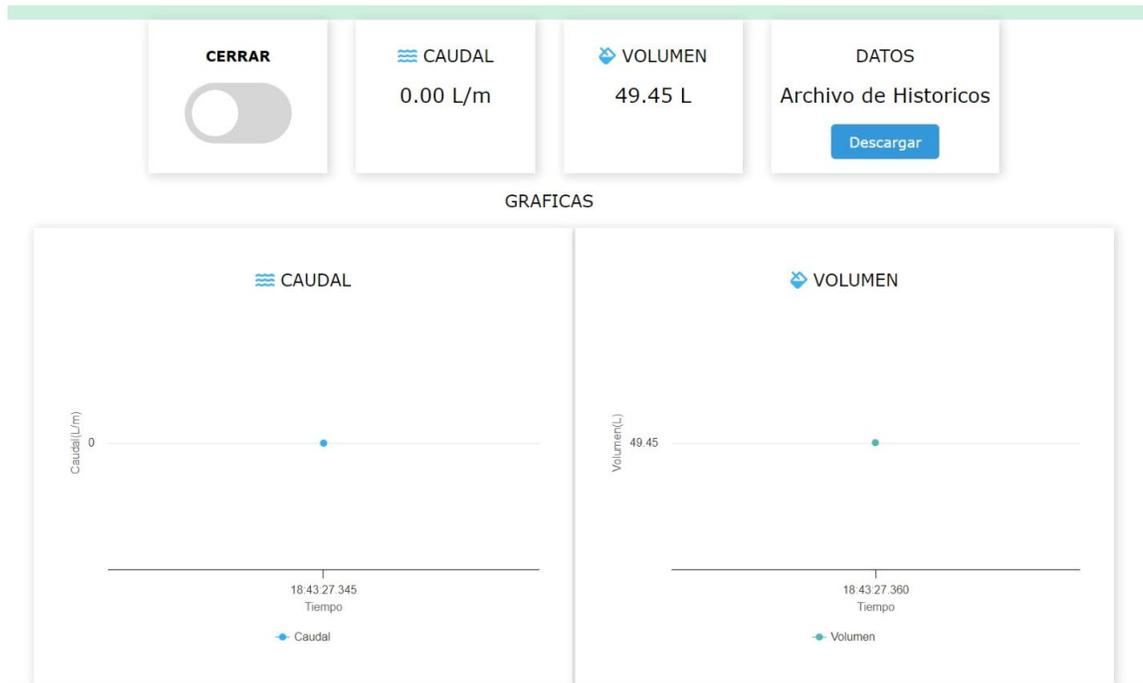


Figura 38. Implementación de cuadro de mando. Elaboración propia.

## **4. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

---

En esta sección se demuestra el análisis de los resultados obtenidos en el desarrollo de cada fase del proyecto y en cumplimiento con los objetivos, con el fin de comparar las técnicas empleadas actualmente en la industria lechera y su avance tecnológico.

### **4.1. ANALISIS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

El análisis inicial de la recolección de datos y el procesamiento de estos se implementó por medio de un sistema que permitió mejorar un proceso que se ha presentado poco eficiente al momento de reflejar los resultados de producción.

En el análisis se presenta un escenario donde se recolectó la información del flujo de caudal y volumen para conocer la producción de cada prueba. Así pues, se determina que animal o hato es capaz de generar más litros de leche en un tiempo establecido, dando como resultado de la primera prueba las gráficas representadas en la Figura 39.

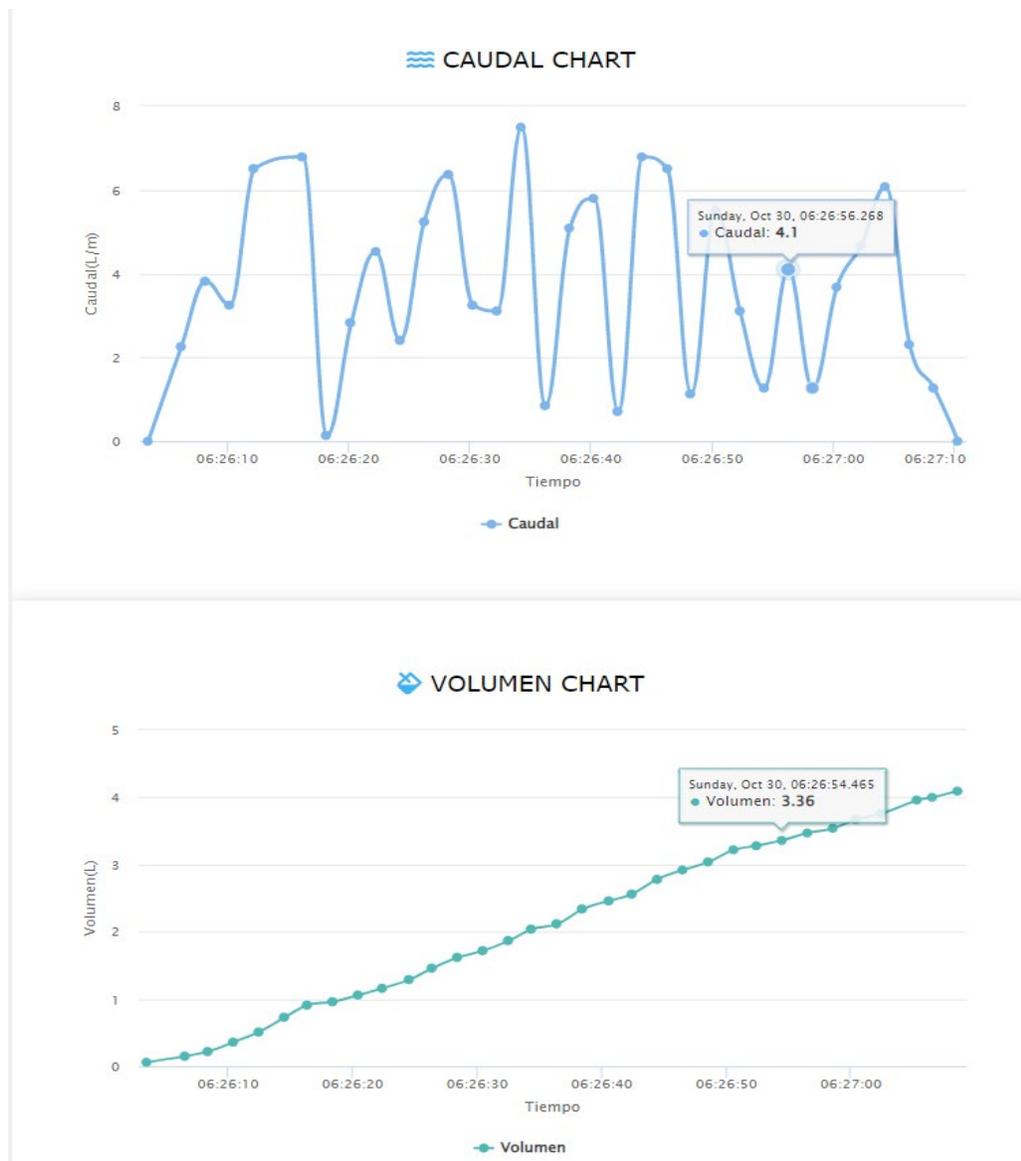


Figura 39. Primera prueba estadísticas de Caudal y Volumen. Elaboración propia.

Se observa que en la primera prueba se utilizó un tiempo de muestreo de 1 minuto y 20 segundos, en el caso del volumen el resultado fue de 4 litros de leche y referente al caudal el resultado promedio fue de 5.5 litros/min. Así pues, en la segunda prueba se tuvo en cuenta el mismo tiempo de muestreo de 1 minuto y 20 segundos, donde se observó un volumen de 9.77 litros y simultáneamente se determinó un caudal promedio de 6 Litros/min, como se muestra en la Figura 40. Hay que tener en cuenta que estos resultados se validan gracias al porcentaje de error hallado en la caracterización frente a un caudalímetro estandarizado el cual es de 0.16%.

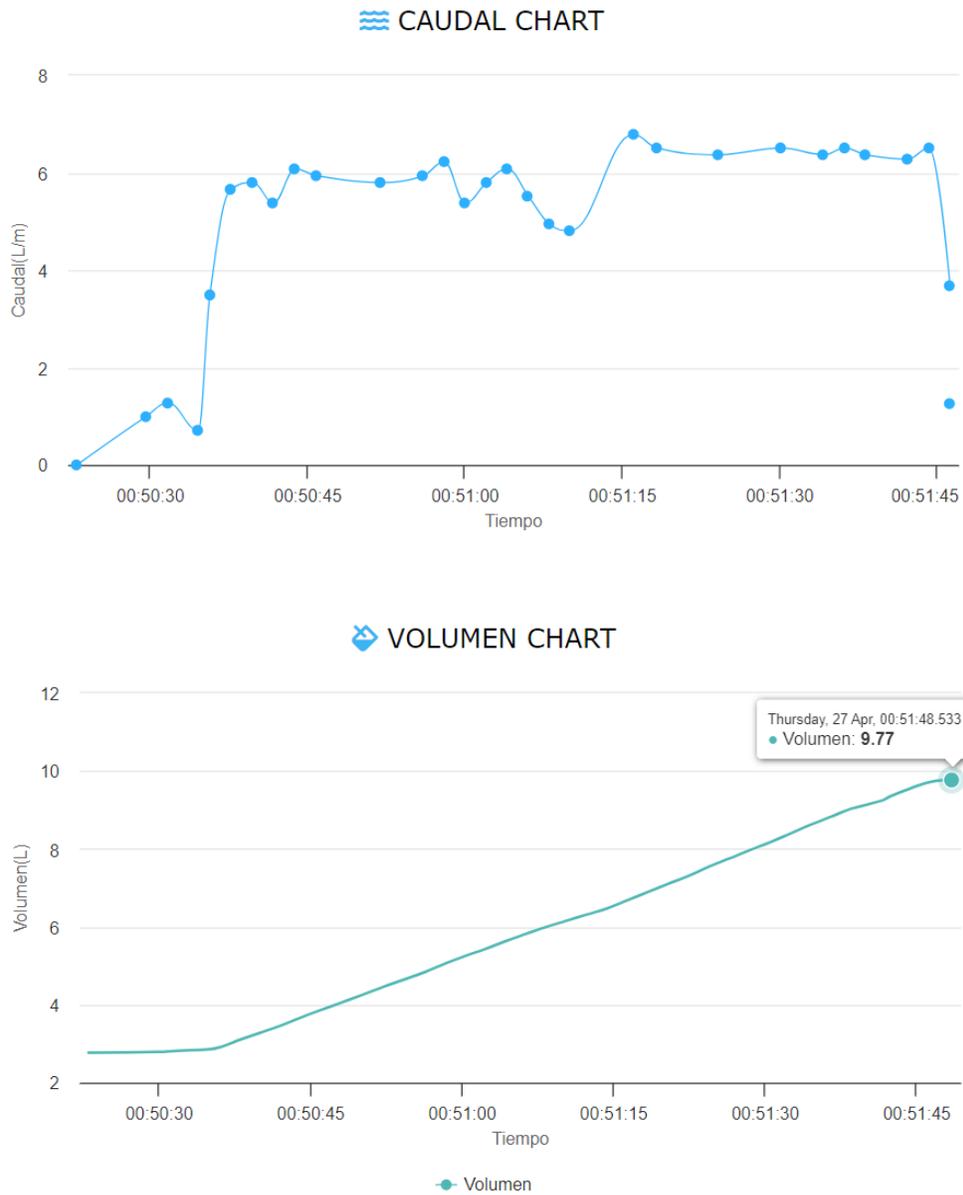


Figura 40. Segunda prueba estadísticas de Caudal y Volumen. Elaboración propia.

De esta forma se determina que, en el segundo escenario presentado, la cantidad de leche fue mayor demostrando estar por encima un 4% en su caudal promedio y 3.77% respecto al volumen alcanzado, como se muestra en la Figura 41 y permitiendo realizar acciones de mejora en el peor caso para mitigar perdidas, como podrían ser mejorar la alimentación de la primera vaca o someterla a exámenes médicos, con el fin de determinar si su producción puede o no aumentar.

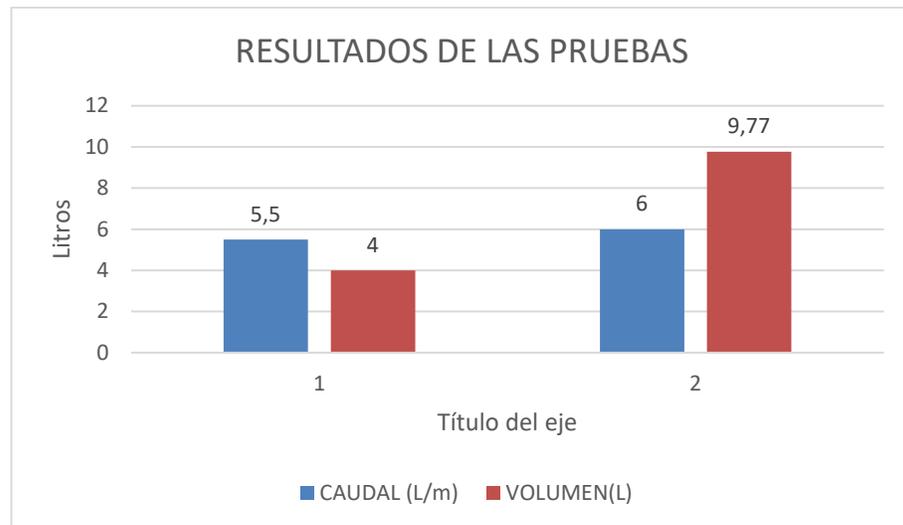


Figura 41. Resultado de las pruebas. Elaboración propia.

En cuanto a los resultados, se puede inferir que la implementación exitosa de un sistema de medición de caudal de leche conlleva a una mejora en la toma de decisiones y la reducción de costos asociados a la producción y consumo de leche. La utilización de tecnologías como el cuadro de mando y el microcontrolador son fundamentales para garantizar la eficiencia del sistema y la precisión en la medición. La implementación de sistemas de medición automatizados y precisos puede ser una solución para mejorar la productividad y rentabilidad de las explotaciones lecheras.

También, el sistema permite realizar un análisis en la producción para determinar si existen pérdidas en el proceso de almacenamiento, con la ayuda de dos caudalímetros ubicados en los extremos permitiendo medir el volumen inicial y compararlo con el volumen final, así se reconocería si en algún punto del proceso existen pérdidas o fugas en el recorrido.

Con el fin de cumplir con el objetivo principal del proyecto se registró un apartado de datos históricos que por medio de un archivo csv almacenará la información en tiempo real que se visualizó durante la ejecución del sistema como se observa en la Figura 42 , permitiendo validar con certeza un registro para realizar un análisis a largo plazo de la producción o consumo de leche.

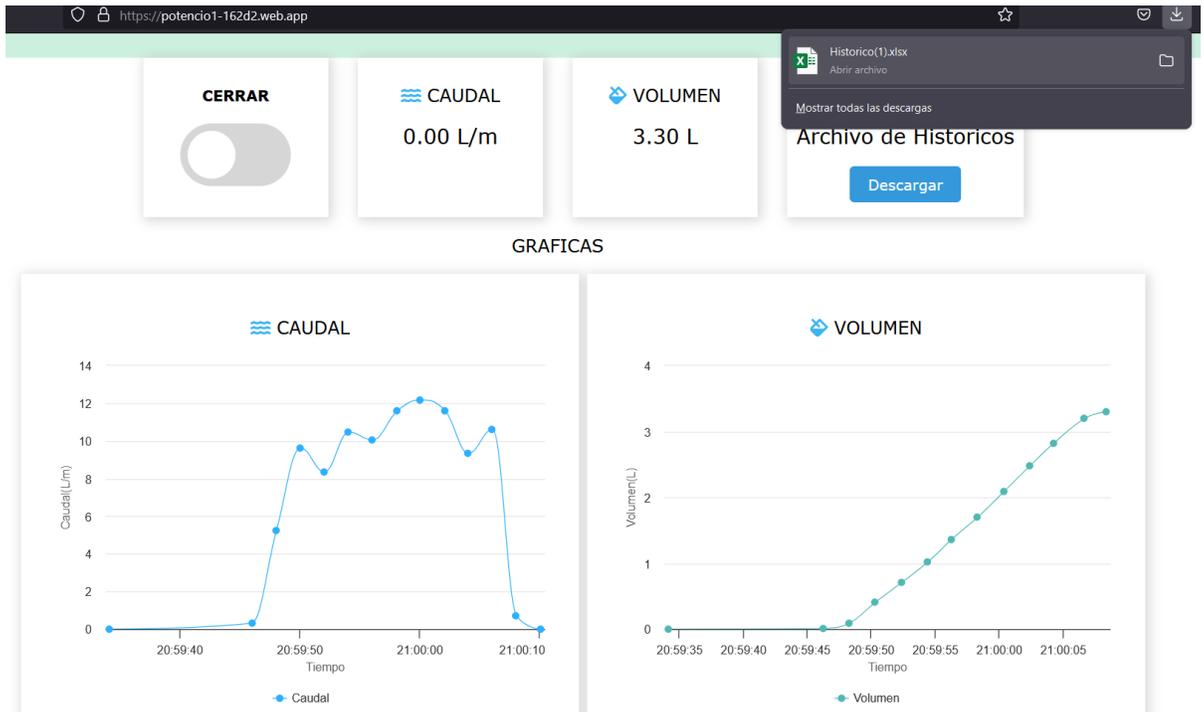


Figura 42. Descarga de archivo histórico. Elaboración propia

Una vez obtenido el archivo se procede a dar apertura de este, con el fin de ver el registro de pruebas realizadas y verificar valores para un posterior análisis en el futuro, como se observa en la Figura 43.



Figura 43. Comparación archivo histórico vs cuadro de mando.

## **5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

---

Esta sección de conclusiones es crucial para resumir los hallazgos clave y destacar su importancia en el contexto más amplio del campo de estudio. Además, es importante señalar las limitaciones del estudio y las posibles direcciones para futuras investigaciones.

### **5.1. CONCLUSIONES**

Con base a lo desarrollado durante el proyecto, se observó que la exactitud de las mediciones es alta y su porcentaje de error es mínimo como se evidencia en la ecuación (7). Adicionalmente, el costo de producción del prototipo es bajo en comparación con los elevados costos de los caudalímetros electrónicos modernos, resaltando que, la eficiencia no es directamente proporcional con el costo del producto.

Así mismo, gracias a los datos obtenidos por el sistema y cómo se interpretan por medio de graficas en el cuadro de mando, se logró un análisis más eficiente por medio de una estadística descriptiva. Esto influye en el manejo y supervisión de los hatos, puesto que, al tener esta información más rápido y con mayor precisión se pueden detectar fallas en las prácticas de manejo. Con el objetivo de implementar medidas prácticas para garantizar la comodidad, salud, fertilidad y producción de las vacas, como se plantea en la sección 4.1.

Gracias a estas características el sistema es ideal para la creación de un microemprendimiento que facilita el acceso de las tecnologías 4.0 de bajo costo a los ganaderos. De esta manera se busca automatizar una fase de los procesos de producción de lácteos, aumentar la productividad y mejorar el capital del sector agrícola, lo cual genera un impacto positivo en la economía del país.

Se realizaron diversas pruebas de comunicación serial con el fin de obtener respuestas correctas, debido a que fue necesario tener un envío y recepción de datos real y sin perdidas como se observa en la Figura 31 ya que podría representar dispersión en la representación gráfica y no permitiría una eficiente toma de decisiones.

Con el objetivo de lograr la mayor eficiencia en el funcionamiento del dispositivo y basándose en el desarrollo experimental del proyecto, se debe intentar mantener la lectura del caudal constante, de esta manera, si la lectura es interrumpida el volumen tendrá más precisión en los resultados y los datos serán más fiables.

## 5.2. TRABAJOS FUTUROS

Con respecto a la necesidad de mejorar los sistemas de medición de caudal de leche, se aconseja realizar pruebas con diferentes sensores y módulos con el fin de prosperar en la lectura, envío y visualización de la información. Ejecutando una variación al sistema diseñado e implementado en este proyecto.

Por consiguiente, se puede implementar un módulo de control de flujo: Se basará en incorporar una electroválvula al inicio del sistema, que, con ayuda del IoT podrá controlar la cantidad de flujo de leche en un tiempo determinado sin necesidad de que el usuario este presente en la planta. De esta manera se obtendrá un control de flujo del sistema a distancia.

Adicionalmente, se plantea la idea de implementar en el sistema un análisis de los datos mediante el uso de estadística prescriptiva, con el fin de predecir los datos y describir situaciones futuras. Brindando la posibilidad de que el usuario pueda tomar acción de las circunstancias que se puedan llegar a presentar en un futuro cercano.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Portal Frutícola,» 23 08 2022. [En línea]. Available: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/08/23/la-agroindustria-es-la-menos-digitalizada-y-la-inteligencia-artificial-debe-incorporarse-ahora/>.
- [2] «Agritotal,» 14 09 2022. [En línea]. Available: <https://www.agritotal.com/nota/la-tecnologia-4-0-llego-al-sector-agropecuario-para-ponerse-a-su-servicio/>.
- [3] J. A. B, «Slideshare,» 26 10 2018. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/JhOnArDilaB/medidores-de-caudal-40736345>.
- [4] U. d. I. Andes, «Agronegocios e industria de alimentos,» 22 09 2017. [En línea]. Available: [https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/#:~:text=La%20producción%20lechera%20hace%20presencia,animales%20\(ANALAC%2C%202016\)](https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/#:~:text=La%20producción%20lechera%20hace%20presencia,animales%20(ANALAC%2C%202016)).
- [5] O. industrial, «Ordetec Industrial,» 14 02 2021. [En línea]. Available: <https://www.ordetec.com/blog/importancia-de-la-medicion-del-flujo-en-los-procesos-industriales/>.
- [6] C. Ganadero, 29 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/tiene-usted-un-buen-medidor-de-leche>.
- [7] C. Ganadero, 11 05 2017. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/sabe-usted-que-tipos-de-medidores-de-leche-existen-en-el-mercado>.
- [8] A. Rollán, 19 10 2020. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/cronica/mas-litros-mas-rapido-asi-se-adapta-el-hato-los-nuevos-tiempos>.
- [9] Sepia, «Sepia,» 30 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.sepia.mx/sabe-la-importancia-de-la-automatizacion-industrial/>.

- [10] HBM, «hbm,» [En línea]. Available: <https://www.hbm.com/es/0079/medicion-y-control-industrial/>.
- [11] «Actividades economicas,» [En línea]. Available: <https://www.actividadeseconomicas.org/2013/07/desarrollo-tecnologico.html>.
- [12] IYCSA, «IYCSA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.iyca.com.co/catalogos/soluciones-orientadas-a-la-industria-lactea>.
- [13] V. Grimblatt, «IEEE,» 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9068986/authors#authors>. [Último acceso: 2018].
- [14] P. A. N. A. A. A. Kapil Mehta, «IEEE,» 2022. [En línea]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/10701.7047ecst/meta>. [Último acceso: 2022].
- [15] M. A.-u. Z. S. A. M. e.-H. M. A. Muhammad Ayaz, «researchgate,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/334858202\\_Internet-of-Things\\_IoT-Based\\_Smart\\_Agriculture\\_Toward\\_Making\\_the\\_Fields\\_Talk](https://www.researchgate.net/publication/334858202_Internet-of-Things_IoT-Based_Smart_Agriculture_Toward_Making_the_Fields_Talk).
- [16] W. Qizhen Zong, «IEEE,» [En línea]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ucundinamarca.basededatosezproxy.com/document/5665455/authors#authors>.
- [17] I. A. a. o. Craig Michie, «CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS,» 2022. [En línea]. Available: [https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/internet-of-things-enhancing-animal-welfare-and-farm-operational-efficiency/8BF99BA8432D4E9BDD4465C52A033932?utm\\_campaign=share\\_aholic&utm\\_medium=copy\\_link&utm\\_source=bookmark](https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/internet-of-things-enhancing-animal-welfare-and-farm-operational-efficiency/8BF99BA8432D4E9BDD4465C52A033932?utm_campaign=share_aholic&utm_medium=copy_link&utm_source=bookmark).
- [18] Z. C. L. R. F. Y. D. W. H. L. Dai M, «Scopus,» 2019. [En línea]. Available: <https://www-scopus-com.ucundinamarca.basededatosezproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091440054&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=FLOWMETER+DATA+REMOTE+TRANSMISSION+DEVICE&s>

id=ae1822885045f0c2b8fc8ef5ad2bea4f&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY.

- [19] Z. J. FEI ZHANBO, «Modulo de transmisión de datos de caudalímetro basados en tecnología NB-IoT». Patente CN210348772U, 17 04 2020.
- [20] J. Y. Y. M. Wang He, «Desarrollo de caudalímetro con función IoT,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, p. 9, 2020.
- [21] M. J. MAYER, «WIPO,» 21 07 2015. [En línea]. Available: [https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX153411139&\\_cid=P20-KHTM10-42917-20](https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX153411139&_cid=P20-KHTM10-42917-20).
- [22] K. T. Y. O. ,. E. Tomomi Uchiyama, «sciencedirect,» 17 11 2020. [En línea]. Available: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S254266052030158X>.
- [23] J. G. Janis Kampras, «IEEE,» 15 03 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/document/8316297/figures#figures>.
- [24] Y. Y. F. Panduman, «EBSCOhost,» 09 2022. [En línea]. Available: <https://web-p-ebscohost-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=19accd0a-0f63-43d7-ad26-a6aa17409584%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=159033490&db=a9h>.
- [25] «Net cloud engineering,» 2020. [En línea]. Available: <https://netcloudengineering.com/conexiones-wireless-iot-industria/>.
- [26] X. Y. X. S. Y. L. LIN AISU.CHINA Patente 201811473655.5, 2019.
- [27] W. X. HU JUN.CHINA Patente 201721190250.1, 2018.
- [28] M. Gandhi, «autycom,» 19 11 2021. [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/caudalimetro-que-es-y-cual-es-su-utilidad/>.

- [29] R. C. Grados, «Cero Grados,» 30 09 2020. [En línea]. Available: <https://0grados.com/ultrasonico-electromagnetico-y-turbina-medicion-de-flujo-en-sistemas-de-agua/>.
- [30] A. Awalt, «digi key,» 02 04 2019. [En línea]. Available: <https://www.digikey.com.mx/es/blog/hall-effect-sensor-basics>.
- [31] Support, 15 07 2021. [En línea]. Available: [https://www.industriasgsl.com/blog/post/que\\_es\\_un\\_microcontrolador#:~:text=Es%20un%20equipo%20con%20las,el%20funcionamiento%20de%20un%20equipo..](https://www.industriasgsl.com/blog/post/que_es_un_microcontrolador#:~:text=Es%20un%20equipo%20con%20las,el%20funcionamiento%20de%20un%20equipo..)
- [32] D. R. E-Marmolejo., «hetpro store,» 09 2017. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>.
- [33] Cisco. [En línea]. Available: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/wireless/what-is-wifi.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/products/wireless/what-is-wifi.html).
- [34] Nutanix, «Nutanix,» [En línea]. Available: <https://www.nutanix.com/mx/info/what-is-dbaas#:~:text=Una%20base%20de%20datos%20es,la%20consulten%20para%20su%20uso..>
- [35] Sas, «Sas,» [En línea]. Available: [https://www.sas.com/es\\_co/insights/big-data/what-is-big-data.html#:~:text=El%20término%20](https://www.sas.com/es_co/insights/big-data/what-is-big-data.html#:~:text=El%20término%20).
- [36] Macrosig, «Macrosig,» 06 08 2021. [En línea]. Available: <https://www.macrosig.com/que-es-la-analitica-descriptiva/>.
- [37] D. Ortiz, «Cyberclick,» 2021 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/que-es-un-dashboard>.
- [38] Oracle, «Oracle,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot/>.
- [39] «Keepcoding,» 20 01 2022. [En línea]. Available: <https://keepcoding.io/blog/que-es-una-api-y-para-que-sirve/>.
- [40] U. d. Innovación, «Unidad de Innovación,» [En línea]. Available: <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de->

cursos/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas/composicion-fisico-quimica. [Último acceso: 06 08 2023].

- [41] krohne, «krohne,» [En línea]. Available: <https://krohne.com/es/aplicaciones-reales/medida-caudal-leche-cruda-alto-contenido-aire>. [Último acceso: 05 08 2023].
- [42] S. thermostat, «Smart thermostat,» [En línea]. Available: <https://www.smart-thermostat.eu/nodos-remotos-para-el-termostato-wifi/>. [Último acceso: 06 08 2023].
- [43] «Naylamp Mechatronics,» 2018. [En línea]. Available: [https://naylampmechatronics.com/blog/47\\_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html](https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html).

## ANEXO A. Manual de uso para el sistema de medición de leche

1. Inicialmente se debe realizar un acople entre el sistema que transporta el lácteo y el sistema de medición de caudal, esto se logra insertando la tubería en las roscas del caudalímetro sellado con teflón que se encuentran en los extremos de este Figura 44, Figura 45, para la prueba a escala realizada se optó para acoplarlo a un tubo de 1/2".



Figura 44. Conexión del sensor. Elaboración propia.



Figura 45. Conexión tubería con Sensor. Elaboración propia.

2. Después de realizar el acople se debe conectar el prototipo a una fuente de alimentación externa como en la Figura 46, en este caso una estación de baterías de litio, así se encenderá el microcontrolador para tomar los datos y la pantalla para mostrarlos, así se darán por terminadas las conexiones y los acoples que se deben realizar.

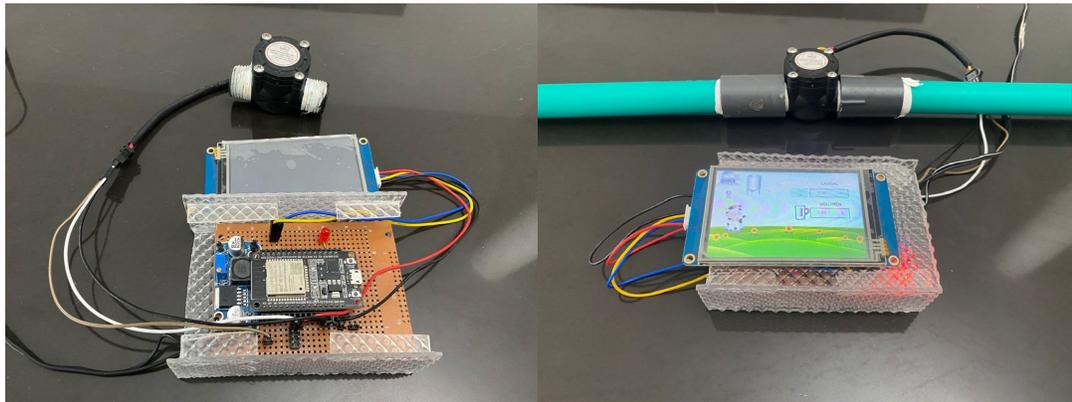


Figura 46. Conexión del Sensor. Elaboración propia.



Figura 47. Conexión Microcontrolador, Pantalla Nextion. Elaboración propia.

3. Para el ingreso al cuadro de mando se debe ingresar al siguiente enlace "https://potencio1-162d2.web.app/" o en el código QR que se muestra a continuación, una vez este en esta página el usuario deberá ingresar un correo y una contraseña exclusiva para este y una vez pasen este filtro podrán tener acceso al cuadro de mando que mostrara la información deseada constantemente Figura 49.

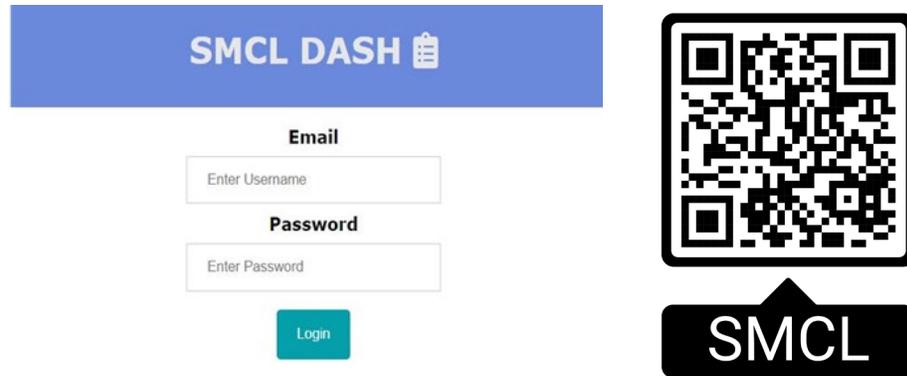


Figura 48. Ingreso app web (Cuadro de mando). Elaboración propia.

Fuente:



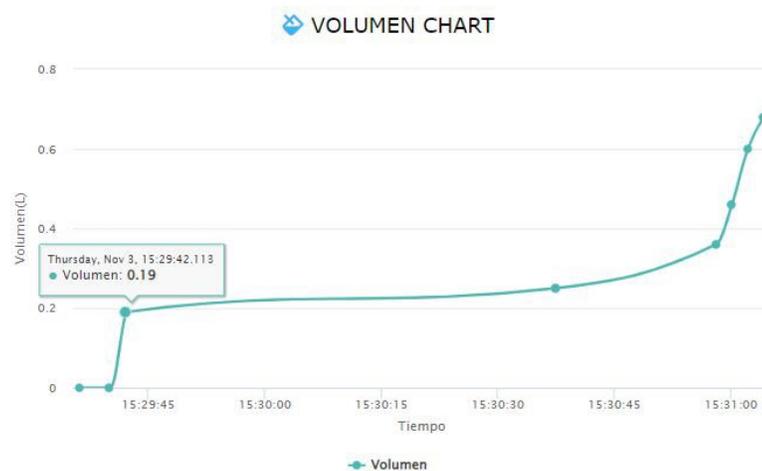
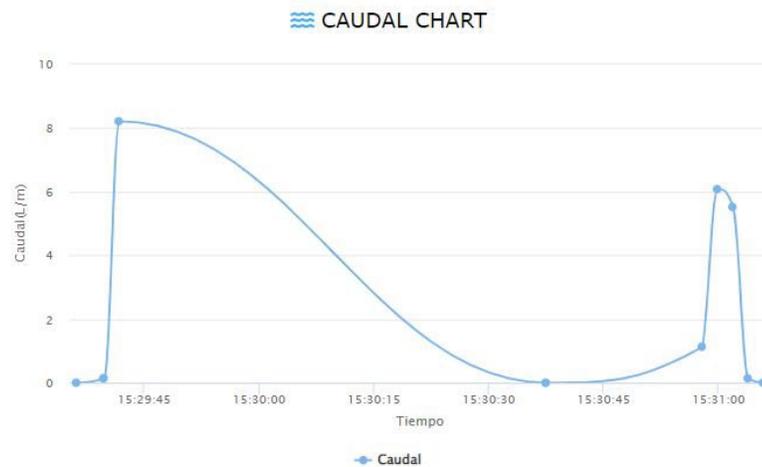


Figura 49. Visualización de la app web. Elaboración propia.

#### 4. Recomendaciones adicionales:

- En caso de ser un tubo diferente a  $\frac{1}{2}$ " el que transporte el lácteo se debe adicionar un acoplador para unir dicho tubo con el caudalímetro.
- La alimentación no necesita ser excesiva, con una alimentación de 5V se alimenta todos los componentes y funcionan de forma correcta.
- La pantalla mostrara los datos en tiempo real por si se desean ver los datos sin necesidad de ingresar al cuadro de mando, pero si se desea ver las gráficas estas solo estarán disponibles en el cuadro de mando.
- El flujo del lácteo que debe ingresar en el caudalímetro debe ser a una velocidad constante para poseer una mayor precisión en las medidas.
- Evitar golpes y peso excesivo sobre todo el sistema.