



BANCO MÓVIL

PARA VERIFICACIÓN DE CAUDALÍMETROS EN SITIO COMO ESTRATEGIA DE APOYO AL SECTOR MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

CRISTHIAM LEONARDO HIGUERA

WILMER ALEXANDER SALINAS

EMERSON PAOLO VILLA

Instructor, Sena CDT

clhiguerar@sena.edu.co, wsalinas@sena.edu.co, evilla@sena.edu.co

Barrancabermeja.

RESUMEN

Para mantener la calidad de los procesos productivos no basta con adquirir la tecnología, sino que para asegurar su correcto funcionamiento también es necesario el mantenimiento de los equipos, una de estas tareas es la verificación y/o calibración. De acuerdo con información consultada en el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), en el departamento de Santander hasta el momento solo se encuentra 1 laboratorio acreditado para calibración de medidores de flujo tipo Coriolis CDT de GAS, y ningún laboratorio de transmisores electromagnéticos o ultrasónicos para medición

de líquidos. Este proyecto tiene el objetivo de seguir fortaleciendo los conocimientos sobre la medición de caudal de fluidos líquidos, por medio del desarrollo de una infraestructura metrológica destinada a la calibración de medidores de flujo mássicos, gravimétricos y volumétricos en el Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico CDT Barrancabermeja.

Palabras clave: Métodos de calibración de flujo; Calibración de flujo; Tipos de caudalímetros; Método volumétrico de calibrador de flujo; Método gravimétrico de calibrador de flujo.

ABSTRACT

To maintain the quality of the production processes, it is not enough to acquire the technology; to ensure its correct operation it is also necessary to maintain the equipment; one of these tasks is verification and/or calibration. According to information consulted at the National Accreditation Body of Colombia (ONAC), so far in the department of Santander there is only one laboratory accredited for the calibration of Coriolis CDT flow meters for GAS, and no laboratory for electromagnetic or ultrasonic transmitters for liquid measurement. The objective of this project is to continue strengthening knowledge on flow measurement of liquid fluids through the development of a metrological infrastructure for the calibration of mass, gravimetric and volumetric flow meters at the Industrial and Technological Development Center CIDT Barrancabermeja.

Keywords: Flow calibration methods; Flow calibration; Types of flow meters; Volumetric method of flow calibrator; Gravimetric method of flow calibration.

INTRODUCCIÓN.

En el sector OIL & GAS, la medición precisa del flujo es esencial para garantizar la calidad y la seguridad en las operaciones. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizan diversos métodos de medición, cada uno con sus propias características y ventajas.

Existen diversas tecnologías para la medición de flujo en aplicaciones industriales y científicas. Cada tecnología tiene sus propias ventajas

y desventajas, y la elección de la tecnología adecuada depende de factores como el tipo de fluido, el rango de caudal, la precisión requerida y las condiciones del entorno.

Actualmente en el centro industrial y del desarrollo tecnológico CIDT Barrancabermeja contamos con algunas de estas tecnologías, las cuales vamos a implementar en el banco para saber que tan eficientes son en el proceso de

medición y calibración de instrumentos para flujo, algunos de ellos son:

- **Medidores de caudal electromagnéticos Figura 1.**



Figura 1. Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

- **Medidores de caudal de placa orificio Figura 2.**



Figura2.Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

- **Medidores de caudal de efecto Coriolis Figura 3.**



Figura3. Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

- **Medidores de caudal de vórtex Figura 4.**



Figura 4. Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

Estas son algunas de las tecnologías más comunes para la medición de flujo, pero existen muchas otras tecnologías y variantes disponibles, cada una con sus propias características y aplicaciones específicas. La elección de la tecnología adecuada dependerá de los requisitos precisos de medición y las condiciones del

entorno en una aplicación particular.

Esta vigilancia tecnológica nos permitió identificar una variedad de métodos, algunos de los cuales serán implementados en el proyecto que se presenta, por esta razón se pretende implementar este banco pedagógico.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Cómo la creación e implementación de un banco móvil para la verificación de caudalímetros in situ puede optimizar los procesos de mantenimiento y aumentar la confiabilidad y eficacia de los sistemas de instrumentación industrial?

Este proyecto se enfoca en la capacitación y los beneficios que el banco móvil podría traer a los procesos de mantenimiento, y en cómo puede mejorar la confiabilidad y eficacia general de los sistemas de instrumentación industrial.

1.2. ANTECEDENTES.

En el trabajo “Evaluación de la tecnología del medidor de flujo másico tipo Coriolis para gas natural” (CASTELLANOS, F. E. 2006), explican el reporte N° 11 de la Asociación Americana del Gas (AGA), centrados en el objetivo principal de la normativa, luego de acuerdo al reporte del AGA N° 11 y en experiencias obtenidas por fabricantes y usuarios, se documentan las características técnicas del instrumento, además se detallan la teoría del instrumento de medición tipo Coriolis, comenzando con el conocimiento de sus características físicas y el reporte por la Norma AGA N°11, finalmente se presenta una guía de procedimientos para el usuario, de forma sencilla e ilustrativa, que contribuye a orientar al usuario en el conocimiento de aspectos de la tecnología del medidor Coriolis y en su uso adecuado. El documento final presenta el marco teórico y una guía de procedimientos para

el usuario, para adquirir una fundamentación precisa, relativamente rápida y en aspectos como selección, instalación, condiciones de operación, requisitos, calibración, operación, mantenimientos y problemas presentados del medidos de flujo masico tipo Coriolis. (DÍAZ & SOLANO, 2008) en el proyecto “Diseño y construcción de un banco para la calibración de medidores de flujo de gas de alto caudal utilizando patrones tipo turbina y rotativo”, desarrollan y validan un banco de calibración que incluye el sistema de tuberías para la conducción de flujo de aire, el sistema generador de flujo, el sistema regulador de flujo, los medidores patrones y un sistema de adquisición de datos en tiempo real el cual presenta una interfaz con la cual el metrólogo opera el banco. Este proyecto fue desarrollado por el Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas con el apoyo de Colciencias y la Universidad Industrial de Santander, con el fin de ampliar la infraestructura metrológica existente en Colombia para la calibración de medidores de gas de diámetros entre 3” y 12”, en un alcance entre 32 m³/h a 4500 m³/h y una incertidumbre de aproximadamente ± 0.3 %. Con la construcción del banco se logró fortalecer la infraestructura metrológica nacional en materia de calibración de medidores de gas de alto caudal, aumentando la capacidad de calibración de la Corporación CDT de GAS (actual 500 m³/h, alcanzado 4800 m³/h). Utilizando herramientas CAD presentan el diseño, permitiendo evaluar alternativas buscando

la mejor respecto a funcionalidad y espacio disponible. (DÍAZ & SOLANO, 2008) diseñaron y construyeron el sistema de líneas de flujo de aire cumpliendo con las especificaciones de instalación de los patrones y a su vez las recomendaciones dadas en el reporte AGA 7. (CARREÑO, 2019) a través del proyecto “Mejoramiento del proceso de calibración de medidores de flujo de gas, empleando la campana gasométrica del centro de metrología de fluidos de la corporación CDT de gas”, presenta un estudio enfocado principalmente en el modelo matemático implementado actualmente en los procesos de calibración de volumen de gas, para el cual se desarrolla un análisis a través de la cuantificación en términos de variación del mensurando fracción molar de vapor de agua despreciable en el fluido de calibración efecto despreciable de la película de líquido sellante adherida a la campana. Posteriormente, las mencionadas suposiciones son eliminadas por medio de la definición de un nuevo modelo matemático, incorporado a una herramienta informática para estimación de incertidumbre relativa a la medición de volumen de gas. Cuando las variaciones de presión y temperatura no son significativas en el volumen acumulado, la variación en términos de error no es perceptible, debido que los impactos individuales de las suposiciones involucradas se ven contrarrestados, especialmente entre el efecto de la película de aceite y la humedad en el fluido de calibración.



1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar banco móvil para verificación de caudalímetros in situ.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.3.2.1. Realizar vigilancia tecnológica sobre sistemas de medición de flujo:

- Realizar la vigilancia tecnológica para identificación de métodos apropiados para la medición de la variable flujo.
- Analizar los resultados de la vigilancia tecnológica a partir del instrumento de recolección de datos.
- Desarrollar un artículo de revisión bibliográfica a partir de la vigilancia tecnológica.

1.3.2.2. Construir banco móvil para la verificación de instrumentos de medición de la variable flujo:

- Diseñar el modelo CAD de la integración de los módulos que conforman el banco móvil de verificación de flujo y su distribución en el ambiente de formación.
- Integrar los módulos que conforma el banco móvil de verificación de instrumentos de medición de la variable flujo.
- Ejecutar las respectivas pruebas de validación al prototipo.

1.3.2.3. Implementar procedimientos de mantenimiento para instrumentos de medición de la variable flujo:

- Documentar los procedimientos para realizar verificación metrológica de los instrumentos de medición de la variable flujo.
- Validar los procedimientos con aprendices de los programas impactados.



2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El objetivo del proyecto es analizar la tendencia de la investigación y explorar los beneficios que tiene la medición de flujo en la industria, utilizando los diferentes métodos a implementar en este banco móvil para la verificación de caudalímetros in situ, se empleó un análisis bibliográfico para tener en cuenta los diferentes estudios realizados en la medición de flujo y en los diferentes métodos utilizados como lo son método comparativo por medio del dispositivo tipo Coriolis, método gravimétrico por medio de las básculas o celdas de carga y método volumétrico por medio de tanques o equipo tipo serafín, estos datos fueron recolectados por medio de las bases de datos que encontramos en las biblioteca SENA, biblioteca UIS, Google School, Ieee, etc.

Estas bases de datos fueron de acceso libre, por esto pudimos tener acceso a tesis de grados, artículos realizados por diferentes entidades, y revistas, utilizamos también una ecuación de búsqueda la cual nos sirvió para obtener las palabras claves al momento de hacer la búsqueda en las bases de datos. “((Calibración de Flujo OR Tipos de Caudalímetros)) AND (Métodos de Calibración de Flujo industrial) AND (Método comparativo de Calibración de flujo OR Método Volumétrico de Calibración de flujo OR Método Gravimétrico de Calibración de Flujo) AND (Patrones de Calibración de Flujo)”. Al momento de filtrar la información por medio de los años y tipos de documentos con las palabras claves referentes en la industria pudimos observar que hubo una reducción en los resultados iniciales de búsqueda excluyendo así la información referente a medicina y otras ramas que utilizan medición de flujo, también se obtuvo información de los

laboratorios acreditados por la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) y se evidencio por medio de una tabla las diferentes magnitudes que pueden calibrar en cada uno de estos laboratorios cumpliendo las normas según la ONAC para que los equipos a prueba sean certificados y aptos para operarlos.

A continuación, dejaremos ver las distintas tecnologías con las que contamos actualmente en el laboratorio de instrumentación y control de procesos del Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico CIDT Barrancabermeja, los cuales son utilizados para el proceso de formación de los aprendices de diferentes técnicas y tecnologías de este centro, como lo son Operaciones de Plantas Petroquímicas, Instrumentación y Control de Procesos, Automatismos Mecatrónicos, entre otros programas de formación.

El diagrama de flujo de la estrategia de recolección de datos se presenta en la Figura 5.

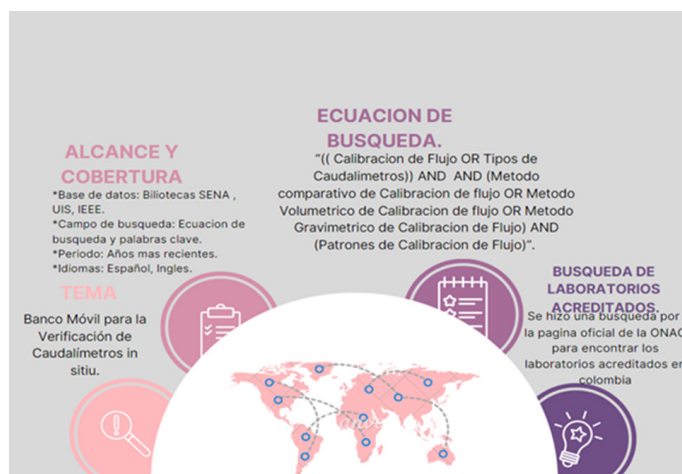


Figura 5. Diagrama de flujo de recolección de datos.

Fuente: Propia autoría.

3. DISEÑO METODOLÓGICO.

El presente proyecto de innovación se propone desarrollar mediante una metodología mixta, por medio de la cual se pretende generar herramientas que contribuyan a mejorar las capacidades del sector de instrumentación industrial que aporta con actividades de mantenimiento a la industria del Magdalena Medio. se contará con herramientas de ofimática para la toma y procesamiento de datos del diseño experimental, así como software libre para el modelado y desarrollo del prototipo. Con el fin de lograr este objetivo se trazaron 3 fases las cuales incluyen:

- **Fase1:** Análisis del estado del arte, durante esta primera fase se realizará búsqueda de información en las diferentes bases de datos con que cuenta Biblioteca SENA, dicha información será analizada y plasmada en un artículo de revisión para ser presentado en una revista y/o evento nacional. A continuación, se describe las actividades:
 - Realizar la vigilancia tecnológica para identificación de métodos apropiados para la medición de la variable flujo.
 - Analizar los resultados de la vigilancia tecnológica a partir del instrumento de recolección de datos.
 - Desarrollar un artículo de revisión bibliográfica a partir de la vigilancia tecnológica. Al finalizar la fase de análisis del estado del arte se contará con información relevante y de vanguardia sobre diversos métodos de medición de flujo que serán analizados y recopilados en artículo de revisión para presentar a revista nacional.
- **Fase 2:** Haciendo uso de herramientas computacionales se pretende lograr el diseño y construcción de banco móvil que permita la verificación de instrumentos de medición de la variable flujo. A continuación, se describe las actividades:
 - Diseñar el modelo CAD de la integración de los módulos que conforman el banco móvil de verificación de flujo y su distribución en el ambiente de formación.
 - Integrar los módulos que conforma el banco móvil de verificación de instrumentos de medición de la variable flujo.
 - Ejecutar las respectivas pruebas de validación al prototipo. Al concluir la Fase 2 se contará con un prototipo funcional de banco móvil para la verificación de medidores de flujo validado que permitirá la implementación de procedimientos técnicos que serán desarrollados en la siguiente fase.
- **Fase 3:** Durante esta fase se pretende documentar e implementar procedimientos de técnicos de verificación metrológica para instrumentos de medición de la variable flujo. A continuación, se describe las actividades:
 - Documentar los procedimientos para realizar verificación metrológica de los instrumentos de medición de la variable flujo.
 - Validar los procedimientos con aprendices de los programas impactados. A través de las actividades de la Fase 3 se realizarán prácticas de laboratorio con los aprendices durante el desarrollo de las competencias que ofrecen los programas de formación en el área de instrumentación utilizando

procedimientos técnicos para la operación, verificación y documentación de caudalímetros de prueba. Así mismo al finalizar el proyecto se pretende poner a disposición del sector productivo una herramienta que sirva de apoyo en las labores de mantenimiento de instrumentos de medición en la variable flujo.

4. DESARROLLO DE CONTENIDOS.

El estudio se limita a la investigación de los diferentes métodos de calibración de Caudalímetros publicada entre 2000 y 2023. El estudio también excluyó la revisión de editoriales y otros documentos además de libros y artículos de flujo en la medicina, para su análisis posterior. En última instancia, el estudio recuperó un total de 49 artículos, revistas y tesis. Aunque la búsqueda se limitó solo a artículos en inglés y en español.

En la búsqueda pudimos encontrar 28 artículos científicos, 3 artículos de investigación, 6 artículos, 5 revistas, 7 tesis de grado, los resultados pro año fueron los siguientes, en el 2000 1 articulo, en el 2001 1 artículo científico, en el 2002 1 artículo científico, en el 2006 1 articulo, en el 2009 2 revistas, en el 2010 1 artículo científico y 1 revista, en el 2011 2 artículos científicos, en el 2012 1 artículo científico y 1 tesis de grado, en el 2013 1 artículo de investigación, en el 2015 1 artículo científico, en el 2017 2 artículos científicos y 2 tesis de grado, en el 2018 1 tesis de grado, en el 2019 3 artículos científicos, 1 tesis de grado y 1 articulo, en el 2020 3 artículos científicos, 1 tesis de grado y 1articulo de investigación, en el 2021 4 artículos científicos, 2 artículos, 1 tesis de grado, 1 revista y 1 artículo de investigación, en el 2022 6 artículos científicos y 1 revista, en el 2023 1 artículo científico y por ultimo no pudimos identificar el año de 2 artículos científicos y 1 articulo.

Las características de años, tipos de documentos, resultados citados, total de resultados y base de datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Característica y datos.	
CARACTERISTICAS	DATOS
Años.	17.
Tipo de Documento.	5.
Resultados Citados.	49.
Base de Datos.	7.

Fuente. Propia autoría.

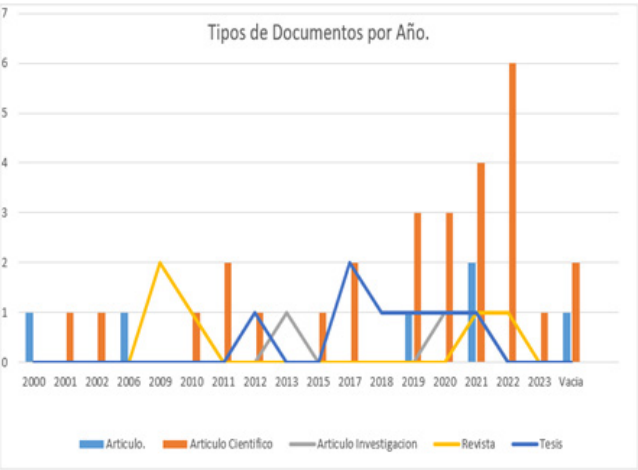
La totalidad de documentos encontrados por años, por base de datos y por tipos de documentos estarán en la siguiente Tabla 2.

Año de publicación.	Datos.	Base de Datos.	Datos.	Tipo de Documento	Datos.
2000.	1.	lee Biblioteca SENA.	15.	Articulo.	6.
2001.	1.	Biblioteca UIS.	12.	Articulo científico.	28.
2002.	1.	Google School.	5.	Artículo de Investigación.	4.
2006.	1.	lee.	9.	Revista.	5.
2009.	2.	Researchgate.	4.	Tesis de Grado.	6.
2010.	2.	ScienceDirect.	4.		
2011.	2.				
2012.	2.				
2013.	1.				
2015.	1.				
2017.	4.				
2018.	1.				
2019.	5.				
2020.	5.				
2021.	9.				
2022.	7.				
2023.	1.				
Vacia.	3.				
Total.	49.	Total.	49.	Total.	49.

Tabla 2. Totalidad de Documentos encontrados por año

Fuente: Propia Autoria

En la siguiente grafica se mostrará las publicaciones de los diferentes documentos por año



Grafica 1. Tipos de documentos por año

Fuente: Propia autoría

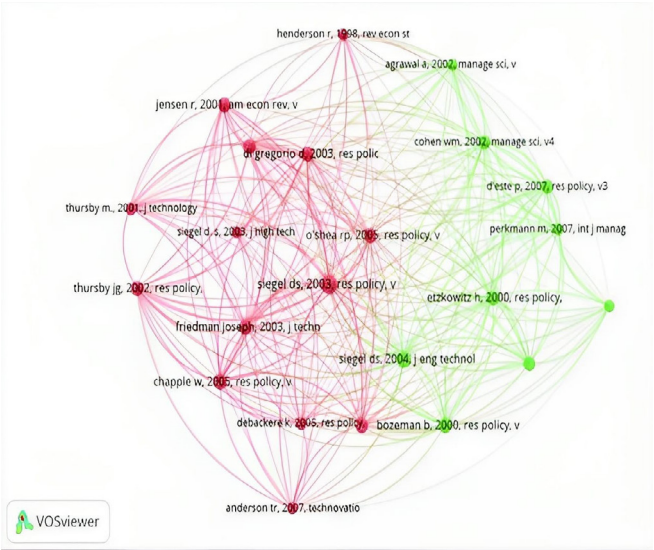


Figura 7.

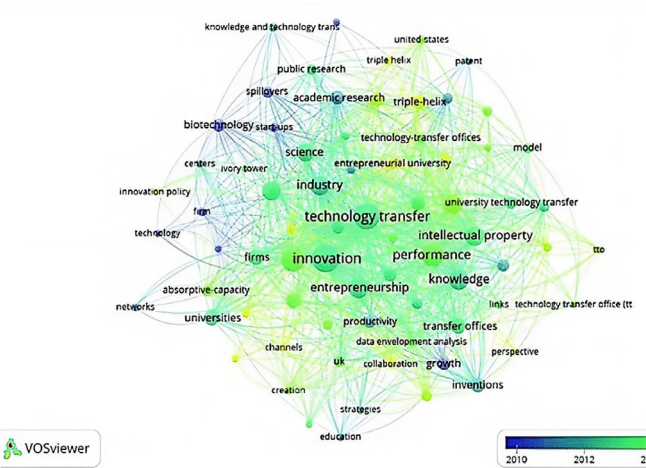


Figura 6.

Figura 6 y Figura 7 son imágenes de la búsqueda por medio del programa VOSViewer utilizando información exportada por Lens.org usando las palabras claves de búsqueda.

Como resultados de la investigación que se realizó y la vigilancia tecnológica, obtuvimos información las tecnologías para medir flujo y cuáles son las más usadas en la industria a nivel internacional, tipo de medidores y comparándolos

con los que tenemos en nuestro laboratorio de instrumentación y control de procesos del SENA (CIDT) Barrancabermeja.

Tecnología	Condiciones de montaje	Restricciones		Clase	Marca	Modelo	Alimentación / Salida
		Aguas Arriba	Aguas Abajo				
Coriolis	Bridado 1"	3" 3 Ø	3" 3 Ø	150 LBS	SIEMENS	Sensor Mass 2100 Transmisor Mass 6000 IP67	Alimentación: 115/230 V AC Salida: 4-20 mA
Coriolis	Bridado 2"	Ninguna	Ninguna	150 PSI	Endress & Hausser	Proline Promass F 300	Alimentación: 85-264 V AC Salida: 4-20 mA
Vortex	Bridado 1 1/2"	30" 20 Ø	3.3" 5 Ø	150 LBS	SIEMENS	SITRANS FX 300	Alimentación: 30 V Salida: 4-20 mA

Conclusiones

En conclusión, la investigación destaca la variedad de métodos para medir el flujo, subrayando la importancia de elegir el caudalímetro adecuado según factores como el tipo de fluido, el rango de caudal y la precisión requerida. Se mencionan métodos comunes, como medidores de desplazamiento positivo, electromagnéticos, ultrasónicos, de turbina, Coriolis, volumétricos y gravimétricos.

La calibración es esencial para garantizar la precisión y confiabilidad de los dispositivos de medición de flujo. Se describen dos métodos: la calibración In situ, que implica la comparación directa con un equipo patrón mientras está en funcionamiento, y la calibración en laboratorio, que se realiza fuera de campo con equipos patrones altamente precisos. Estos procesos aseguran mediciones más precisas y confiables, cumpliendo con regulaciones y optimizando la eficiencia operativa.

La Organización Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) desempeña un papel crucial al proporcionar garantía y calidad en las mediciones de caudal en el país. Se mencionan cuatro laboratorios acreditados por la ONAC como referentes para la implementación de tecnologías. Además, se destaca la contribución de tesis de grado en la vigilancia tecnológica durante la investigación.

Se consideran las restricciones mecánicas de las tecnologías encontradas en el ambiente de formación del CIDT Barrancabermeja para garantizar el correcto funcionamiento de los instrumentos en el proyecto. En conjunto, el estudio aborda de manera integral la selección, calibración y aplicación de tecnologías de medición de flujo, resaltando la importancia de la adaptación local y la calidad en el proceso de implementación.

REFERENCIAS

- “SOLANO F. & ABRIL H. (2006). EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL MEDIDOR DE FLUJO MÁSIKO TIPO CORIOLIS PARA GAS NATURAL. Monografía para optar el título de Especialista en Ingeniería de Gas
- UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2006/120224.pdf>.”
- MANTILLA W. & RUGELES J.. (2012). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CAUDAL TIPO CORIOLIS POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO ESTÁTICO. [Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Mecánico, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/146797.pdf>.
- LOZA D. & RIOS E.. (2011). VALIDACIÓN DEL USO DE LOS MEDIDORES DE FLUJO MÁSIKO TIPO CORIOLIS COMO PATRONES DE REFERENCIA EN APLICACIONES DE TRANSFERENCIA DE CUSTODIA. [Artículo, CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA (CENAM)]. https://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra_revista/MetFlu8/4_Validacion_Medidores_de_Flujo_Masico_tipo_coriolis.pdf.
- ISO (Organización Internacional de Normalización). (1993). Medición del caudal de líquido en conductos cerrados - Pesaje método. [Tesis doctoral o de maestría, ISO]. https://kupdf.net/download/iso-4185-1980-_59bbec1f08bbc59309686e7a_pdf.
- LATORRE A. & MANTILLA J. (2012). DISEÑO DE UN BANCO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE FLUJO DE AGUA BASADO EN LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1063. [Proyecto de grado, UNIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA]. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3226/digital_24713.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CORDOVA M. & VELASQUEZ D. (2008). INSTALACION Y MONTAJE DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CAUDAL, PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACION DE LA FACULTAD DE MECANICA. [Tesis de grado, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO]. <https://core.ac.uk/download/pdf/234590062.pdf>.
- VAZQUEZ I. & ANAYA I... (2016). ESTUDIO DEL EMPLEO DE MEDIDORES DE FLUJO MASICO POR EFECTO CORIOLIS, INSTALADOS EN LA C.T. FRANCISCO PEREZ RIOS. [Tesis para obtener el título de ingeniera química, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO]. <http://132.248.9.195/ptd2016/agosto/0748295/0748295.pdf>.
- VESAGHATI M. & NAVAZI HM. (2023). EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO EN EL CAMBIO DE FASE DE UN FLUIDO TRANSPORTADOR DE DOBLE TUBO EN EL CAUDALIMETRO MASICO CORIOLIS... SCIENCE DIRECT. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/science/article/pii/S0889974623000312>
- PUSHNOV A. (2013). MEDICIÓN DEL CAUDAL DE UN FLUJO BIFÁSICO MEDIANTE UN CAUDALÍMETRO CORIOLIS. SPRINGER LINK. <https://link-springer-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/article/10.1007/s11018-013-0221-2>
- Michalski, “Procedimiento de calibración en seco del caudalímetro electromagnético para canales abiertos”, en IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 49, núm. 2, págs. 434-438, abril de 2000, doi: 10.1109/19.843092. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=843092&isnumber=18263>

- Seminario IEE sobre instrumentos inteligentes y autovalidantes - Sensores y actuadores (Ref. nº 2001/179)
- https://www.researchgate.net/publication/228691700_TRAZABILIDAD_E_INCERTIDUMBRE_EN_LAS_MEDICIONES_DE_FLUJO_DE_HIDROCARBUROS
- K. Kolahi, T. Schroder y H. Rock, “Medición de densidad basada en modelos con caudalímetro Coriolis”, en IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 55, núm. 4, págs. 1258-1262, agosto de 2006, doi: 10.1109/TIM.2006.877719. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1658380&isnumber=34720>
- M. Pereira, “Medidores de flujo: Parte 1”, en IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 12, núm. 1, págs. 18-26, febrero de 2009, doi: 10.1109/MIM.2009.4762948. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4762948&isnumber=4762936>
- M. Pereira, “Tutorial 20: caudalímetros: parte 2 - Parte 20 de una serie de tutoriales sobre instrumentación y medición”, en IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 12, núm. 3, págs. 21-27, junio de 2009, doi: 10.1109/MIM.2009.5054549. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5054549&isnumber=5054537>
- Actas de la Conferencia de Tecnología de Medición e Instrumentación IEEE de 2010, Austin, TX, EE. UU., 2010, págs. 775-778, doi: 10.1109/IMTC.2010.5488001. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5488001&isnumber=5487988>
- Actas de la Conferencia IEEE 2010 sobre Tecnología de Instrumentación y Medición
- Conferencia internacional sobre ingeniería eléctrica y de control de 2011, Yichang, China, 2011, págs. 4674-4677, doi: 10.1109/ICECENG.2011.6057134. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6057134&isnumber=6056741>
- “Flow Measurement and Instrumentation, Volume 30,2013, Pages 112-122, ISSN 0955-5986, <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2013.01.003>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598613000095>)”
- Apaceiro, M. H., Labrador, Y. C. L., & Ramos, R. I. (2017). Calibración de los flujómetros patrones del Laboratorio de Calibración de Flujómetros para Combustibles Claros de CUPET. Boletín Científico Técnico INIMET, (2), 22-30.
- <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2200>
- IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 64, NO. 1, ENERO 2017
- Ibáñez, A., & Juan, B. (2017). Banco de contrastación de flujómetros. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/3377>
- Conferencia de control chino (CCC) de 2019, Guangzhou, China, 2019, págs. 7069-7074, doi: 10.23919/ChiCC.2019.8866150. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8866150&isnumber=8865119>
- IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 22, núm. 2, págs. 62-66, abril de 2019, doi: 10.1109/MIM.2019.8674638. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8674638&isnumber=8674619>
- “ISA Transactions, Volume 90, 2019, Pages 311-318, ISSN 0019-0578, <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.01.007>.

- (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057819300084>)”
- C. Ding, Y. Zhu, L. Liu, C. Tong y J. Ruan, “Investigación sobre un caudalímetro novedoso con pistones bidimensionales paralelos como unidades de medición”, en IEEE Access, vol. 7, págs. 110912-110927, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2933662. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8790679&isnumber=8600701>
- exposición internacional sobre ingeniería eléctrica y energética (EPE) de 2020, Iasi, Rumania, 2020, págs. 134 -137, doi: 10.1109/EPE50722.2020.9305572. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9305572&isnumber=9305023>
- “Flow Measurement and Instrumentation, Volume 76, 2020, 101815, ISSN 0955-5986,
- <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2020.101815>.
- (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598620301564>)”
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, págs. 1-13, 2021, art. 7504613, doi: 10.1109/TIM.2021.3126366. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9609098&isnumber=9259274>
- IEEE Sensors Journal, vol. 21, núm. 7, págs. 9288-9299, 1 de abril de 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3051329. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9321496&isnumber=9370028>
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21385>
- https://www.researchgate.net/publication/355091670_Calibracion_de_toberas_de_flujo_critico_por_metodo_volumetrico_Cd
- IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 70, 2021
- “Measurement: Sensors, Volume 18, 2021, 100321, ISSN 2665-9174,
- <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100321>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665917421002841>)”
- I. De Souza et al., “Calibración de un medidor de flujo volumétrico basado en turbina criogénica (CTVFM) usando nitrógeno líquido subenfriado y solución para sus problemas prácticos”, en IEEE Sensors Journal, vol. 21, núm. 10, págs. 12077-12083, 15 de mayo de 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3065309. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9374981&isnumber=9408328>
- H. Yang, L. Zhang, L. Li, H. Liang y J. Zou, “Análisis de errores y método de calibración de precisión del caudalímetro másico Coriolis de tubo en U bajo flujo pulsante”, en IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, págs. 1-13, 2021, art. 7504613, doi: 10.1109/TIM.2021.3126366. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9609098&isnumber=9259274>
- J. Zhang, Y. Yan, J. Liu y E. Jukes, “Detección temprana del desgaste de los caudalímetros de Coriolis a través del diagnóstico de rigidez in situ”, en IEEE
- Badger Meter. (2020). Medidores de flujo: ¿qué son y cómo funcionan?. Badger Meter. 50. <https://www.badgermeter.com/es-es/blog-es-es/medidores-de-flujo-que-son-y-como-funcionan/>
- Hart. (2021). Manual de instrucciones Proline Promass F 300. Hart. https://bdi-hprod-assetcentralapi-assetcentral-restsrv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EDBA7A0273589313299/BA01485DES_0421.pdf

- Honeywell. (2011). ST 3000 Smart Pressure Transmitter Quick Start Installation Guide. Honeywell. <http://www.accontrols.com/assets/docs/Honeywell%20Process%20Solutions/3.14%20Legacy%20Transmitters/3.13.1%20Honeywell%20Transmitters/ST300%20Pressure%20Transmitter%20Quick%20Start%20Guide.pdf>
- Honeywell. (2009). Transmisor Inteligente ST 3000 Versión 300 con Opciones de comunicación HART® Manual de seguridad. Honeywell. <https://www.motherwell.net.au/wp-content/uploads/2019/02/34-ST-25-31-SP.pdf>
- Endress and Hauser. (2016). Technical Information Proline Promass F 300 Coriolis flowmeter. Portal Endress. https://portal.endress.com/wa001/dla/5001053/2742/000/01/TI01221DEN_0216.pdf
- Siemens. (2010). Caudalímetros Coriolis SITRANS F C MASS 2100 Di 3-40. Siemens. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/364/45027364/att_30501/v1/MASS2100_3-40_OI_Es-es-ES.pdf
- Siemens. (2012). SITRANS F Vortex flowmeters SITRANS FX300. Siemens. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/895/29648895/att_78023/v1/MA_Siemens_Sitrans_FX300_R07_en.pdf
- Siemens. (2016). SITRANS F Caudalímetros electromagnéticos Transmisor MAG 6000 I / MAG 6000 I Ex de. Siemens. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/971/109485971/att_890726/v1/A5E38052951-AA_MAG_6000_I_OI_es_04-2016.pdf





MOBILE BENCH

FOR ON-SITE VERIFICATION OF FLOWMETERS AS A SUPPORT STRATEGY FOR THE INDUSTRIAL INSTRUMENTATION SYSTEMS MAINTENANCE SECTOR.

CRISTHIAM LEONARDO HIGUERA

WILMER ALEXANDER SALINAS

EMERSON PAOLO VILLA

Instructor, Sena CDT

clhiguerar@sena.edu.co, wsalinas@sena.edu.co, evilla@sena.edu.co

Barrancabermeja.

INTRODUCCIÓN.

In the OIL & GAS industry, accurate flow measurement is essential to ensure quality and safety in operations. To accomplish this task, various measurement methods are used, each with its own characteristics and advantages.

There are various technologies for flow measurement in industrial and scientific applications. Each technology has its own advantages and disadvantages, and the choice of the appropriate technology depends on factors

such as the type of fluid, flow range, required accuracy and environmental conditions.

Currently in the industrial and technological development center CDT Barrancabermeja we have some of these technologies, which we are going to implement in the bench to know how efficient they are in the process of measurement and calibration of instruments for flow, some of them are:

- * Electromagnetic flow meters



Figure 1. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

- Orifice plate flow meters



Figure2. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

- Coriolis effect flow meters



Figure 3. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

- **Vortex flow meters**



Figure 4. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

These are some of the most common conditions in a particular application. technologies for flow measurement, but there are many other technologies and variants available, each with its own specific characteristics and applications. The choice of the appropriate technology will depend on the precise measurement requirements and environmental

This technology watch allowed us to identify a variety of methods, some of which will be implemented in the project presented, which is why we intend to implement this pedagogical bench.

1.1. PROBLEM STATEMENT.

How can the creation and implementation of a mobile bench for on-site flowmeter verification optimize maintenance processes and increase the reliability and efficiency of industrial instrumentation systems?

This project focuses on the training and benefits that the mobile bench could bring to maintenance processes, and how it can improve the overall reliability and efficiency of industrial instrumentation systems.

1.2. BACKGROUND.

In the work “Evaluation of the technology of the Coriolis type mass flow meter for natural gas” (CASTELLANOS, F. E. 2006), they explain the report N° 11 of the American Gas Association (AGA), focusing on the main objective of the regulation, then according to the report of the AGA N° 11 and in experiences obtained by manufacturers and users, the technical characteristics of the instrument are documented, in addition the theory of the Coriolis type measuring instrument is detailed, starting with the knowledge of its physical characteristics and the report by the AGA Norm N° 11, finally a guide of procedures for the user is presented, in a simple and illustrative way, that contributes to orient the user in the knowledge of the physical characteristics and the report by the AGA Norm N° 11, finally a guide of procedures for the user is presented, in a simple and illustrative way, that

contributes to orient the user in the knowledge of the physical characteristics of the Coriolis type mass flow meter for natural gas. Finally, a simple and illustrative guide of procedures for the user is presented, which contributes to orient the user in the knowledge of aspects of the Coriolis meter technology and in its adequate use. The final document presents the theoretical framework and a guide of procedures for the user, to acquire a precise and relatively fast foundation in aspects such as selection, installation, operating conditions, requirements, calibration, operation, maintenance and problems presented by the Coriolis type mass flow meters. (DÍAZ & SOLANO, 2008) in the project “Design and construction of a bench for the calibration of high flow gas flow meters using turbine and rotary standards”, develop and validate a calibration bench that includes the piping system for the conduction of air flow, the flow generator system, the flow regulator system, the standard meters and a real time data acquisition system which presents an interface with which the metrologist operates the bench. This project was developed by the Gas Technology Development Technological Development Center with the support of Colciencias and the Industrial University of Santander, in order to expand the existing metrological infrastructure in Colombia for the calibration of gas meters with diameters between 3” and 12”, in a range between 32 m³ /h to 4500 m³ /h and an uncertainty of approximately ± 0.3 %. With the construction of the bench it was possible to strengthen the national metrological infrastructure for the calibration of high flow gas meters, increasing

the calibration capacity of the Corporación CDT de GAS (current 500 m³/h, reaching 4800 m³/h). Using CAD tools, they presented the design, allowing to evaluate alternatives looking for the best in terms of functionality and available space. (DÍAZ & SOLANO, 2008) designed and installation of the standards and the recommendations given in the AGA 7 report (CARREÑO, 2019).

(CARREÑO, 2019) through the project “Improvement of the calibration process of gas flow meters, using the gasometric bell of the fluid metrology center of the CDT gas corporation”, presents a study focused mainly on the gas flow meters, using the gasometric bell of the fluid metrology center of the gas CDT corporation”, presents a study focused mainly on the mathematical model currently implemented in the gas volume calibration processes, for which an analysis is developed through the quantification in terms of variation of the measurand mole fraction of negligible water vapor in the calibration fluid negligible effect of the sealing liquid film adhered to the bell. Subsequently, these assumptions are eliminated by defining a new mathematical model, incorporated into a computer tool for uncertainty estimation related to gas volume measurement. When pressure and temperature. When pressure and temperature variations are not significant in the accumulated volume, the variation in terms of error is not perceptible, because the individual impacts of the assumptions involved are counterbalanced, especially between the effect of the oil film and the moisture in the calibration fluid.



1.3. OBJECTIVES.

1.3.1. GENERAL OBJECTIVE.

To develop a mobile bench for in situ verification of flowmeters.

1.3.2 SPECIFIC OBJECTIVES.

1.3.2.1. To perform technological surveillance on flow measurement systems:

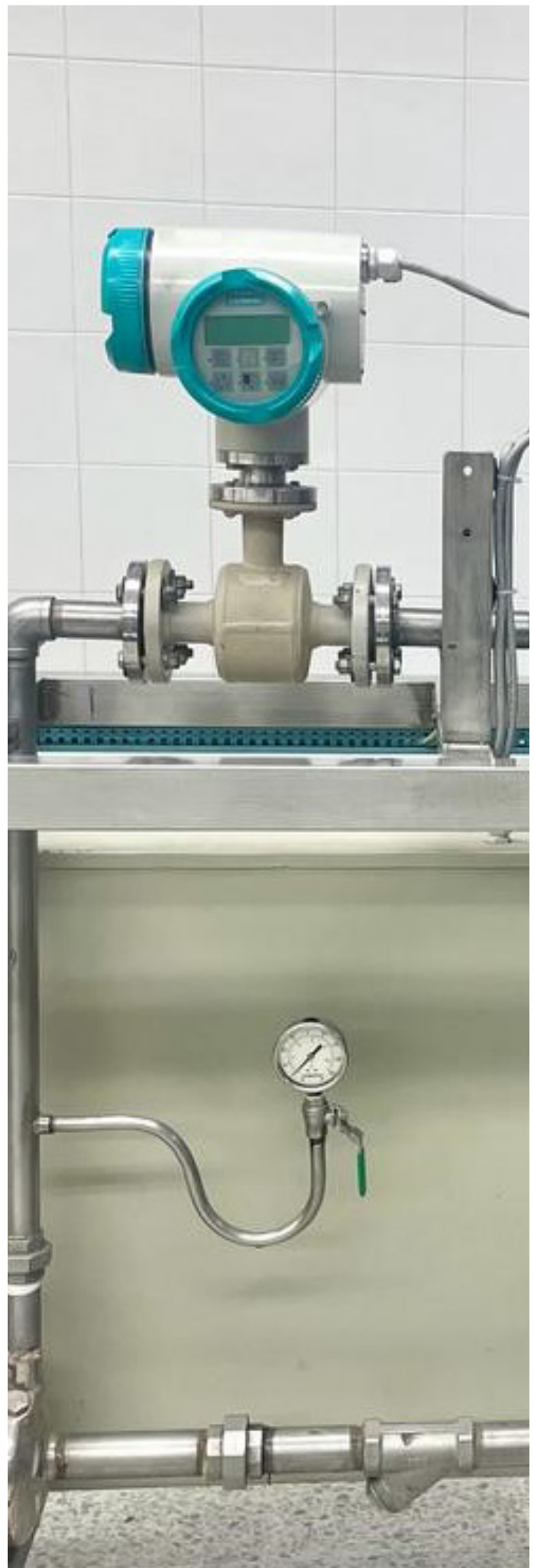
- Conduct technology watch to identify appropriate methods for the measurement of the flow variable.
- Analyze the results of the technology watch based on the data collection instrument.
- Develop a literature review article based on the technology watch.

1.3.2.3. To build a mobile bench for the verification of instruments for measuring the flow variable:

- Design the CAD model of the integration of the modules that make up the mobile flow verification bench and its distribution in the training environment.
- Integrate the modules that make up the mobile bench for the verification of flow measurement instruments.
- Execute the respective validation tests to the prototype.

1.3.2.3. Implement maintenance procedures for flow variable measurement instruments:

- Document procedures for metrological verification of flow variable measurement instruments.
- Validate the procedures with trainees of the impacted programs.



2. MATERIALS AND METHODS.

The objective of the project is to analyze the research trend and explore the benefits of flow measurement in the industry, using the different methods to be implemented in this mobile bench for the verification of flowmeters on site, a bibliographic analysis was used to take into account the different studies carried out in flow measurement and the different methods used such as the comparative method by means of the Coriolis type device, the gravimetric method by means of scales or load cells and the volumetric method by means of tanks or seraphim type equipment, gravimetric method by means of scales or load cells and volumetric method by means of tanks or seraphim type equipment, these data were collected by means of the databases found in the SENA library, UIS library, Google School, Ieee, etc.

These databases were of free access, for this reason we could have access to thesis of degrees, articles made by different entities, and magazines, we also used a search equation which served us to obtain the key words at the moment of making the search in the databases. "(Flow Calibration OR Types of Flowmeters) AND (Industrial Flow Calibration Methods) AND (Comparative Flow Calibration Method OR Volumetric Flow Calibration Method) OR Gravimetric Flow Calibration Method) When filtering the information by years and types of documents with the keywords referring to the industry we could see that there was a reduction in the initial search results thus excluding information relating to medicine and other branches that use flow measurement, we also obtained information from the laboratories accredited by the ONAC (National Accreditation

Body of Colombia) and was evidenced by a table the different magnitudes that can calibrate in each of these laboratories meeting the standards according to the ONAC so that the equipment to be tested are certified and suitable to operate them. Next, we will show the different technologies that we currently have in the instrumentation and process control laboratory of the Industrial and Technological Development Center CIDT Barrancabermeja, which are used for the training process of the apprentices of different techniques and technologies of

different techniques and technologies of this center, such as Petrochemical Plant Operations, Instrumentation and Process Control, Instrumentation and Control of Processes and Process Control of Petrochemical Plants, Mechatronic Automation, among other training programs.

The flow chart of the data collection strategy is presented in Figure 5.

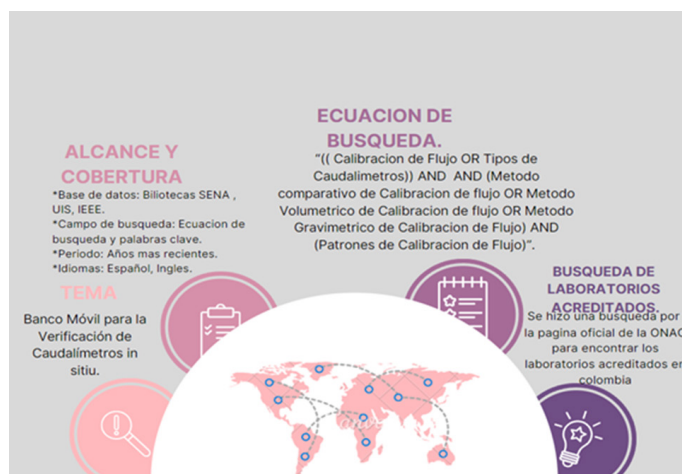


Figure 5. Data collection flow chart.

Source: Own authorship.

3. METHODOLOGICAL DESIGN.

- **Phase 1:** Analysis of the state of the art, during this first phase information will be searched in the different databases available in the SENA Library, this information will be analyzed and included in a review article to be presented in a magazine and/or national event. The activities are described below: - Conduct technological surveillance to identify appropriate methods for measuring the flow variable. - Analyze the results of the technology watch based on the data collection instrument. - Develop a literature review article based on the technology watch. At the end of the state of the art analysis phase, there will be relevant and state-of-the-art information on various flow measurement methods that will be analyzed and compiled in a review article to be submitted to a national journal.
- **Phase 2:** Using computational tools, we intend to design and build a mobile bench that will allow the verification of flow measurement instruments. The activities are described below: - Design the CAD model of the integration of the modules that make up the mobile flow verification bench and its distribution in the training environment. - Integrate the modules that make up the mobile bench for the verification of flow measurement instruments. - Execute the respective validation tests to the prototype. At the end of Phase 2, there will be a functional prototype of a validated mobile bench for flow meter verification that will allow the implementation of technical procedures that will be developed in the next phase.
- **Phase 3:** During this phase it is intended to document and implement procedures for metrological verification technicians for measuring instruments of the flow variable. The activities are described below: - Document the procedures to perform metrological verification of flow variable measuring instruments. - Validate the procedures with trainees of the impacted programs. Through the activities of Phase 3, laboratory practices will be carried out with the apprentices during the development of the competencies offered by the training programs in the instrumentation area using technical procedures for the operation, verification and documentation of test flowmeters. Likewise, at the end of the project, a tool will be made available to the productive sector to support the maintenance of flow measurement instruments.



4. CONTENT DEVELOPMENT.

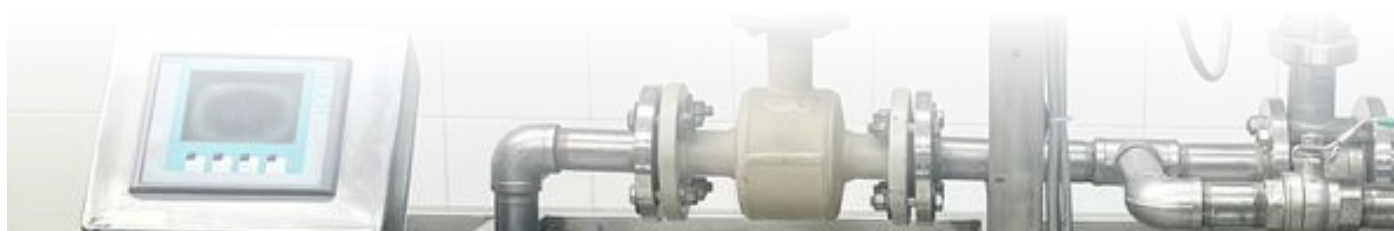
The study was limited to research on different methods of calibrating flowmeters published between 2000 and 2023. The study also excluded the review of editorials and other papers in addition to books and articles on flow in medicine for further analysis. Ultimately, the study retrieved a total of 49 articles, journals, and theses. Although the search was limited to articles in English and Spanish only.

In the search we were able to find 28 scientific articles, 3 research articles, 6 articles, 5 journals, 7 graduate theses, the results pro year were as follows, in 2000 1 article, in 2001 1 scientific article, in 2002 1 scientific article, in 2006 1 article, in 2009 2 journals, in 2010 1 scientific article and 1 journal, in 2011 2 scientific articles, in 2012 1 scientific article and 1 graduate thesis, in 2013 1 research article, in 2015 1 scientific article, in 2017 2 scientific articles and 2 degree thesis, in 2018 1 degree thesis, in 2019 3 scientific articles, 1 degree thesis and 1 article, in 2020 3 scientific articles, 1 degree thesis and 1 research article, in 2021 4 scientific articles, 2 articles, 1 degree thesis, 1 journal and 1 research article, in 2022 6 scientific articles and 1 journal, in 2023 1 scientific article and finally we could not identify the year of 2 scientific articles and 1 article.

The characteristics of years, types of documents, results cited, total results and database are shown in Table 1.

Table 1. Characteristics and data.	
CHARACTERISTICS	DATA
Years.	17.
Type of Document.	5.
Results Cited.	49.
Database.	7.

Source. Authorship.



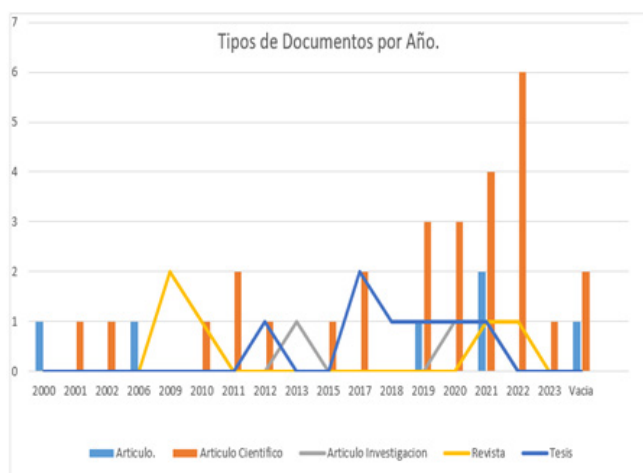
The total number of documents found by year, by database and by type of document is shown in Table 2 below.

Año de publicación.	Datos.	Base de Datos.	Datos.	Tipo de Documento	Datos.	
2000.	1.	leee Biblioteca SENA.	15.	Articulo.	6.	
2001.	1.	Biblioteca UIS.	12.	Articulo científico.	28.	
2002.	1.	Google School.	5.	Artículo de Investigación.	4.	
2006.	1.	leee.	9.	Revista.	5.	
2009.	2.	Researchgate.	4.	Tesis de Grado.	6.	
2010.	2.	ScienceDirect.	4.			
2011.	2.					
2012.	2.					
2013.	1.					
2015.	1.					
2017.	4.					
2018.	1.					
2019.	5.					
2020.	5.					
2021.	9.					
2022.	7.					
2023.	1.					
Vacia.	3.					
Total.	49	Total.	49	Total.	49	

Table 2. Total number of documents found by year

Source: Own Authorship

The following graph shows the publications of the different documents by year Graph 1.



Graph 1. Types of documents by year

Source: Own authorship

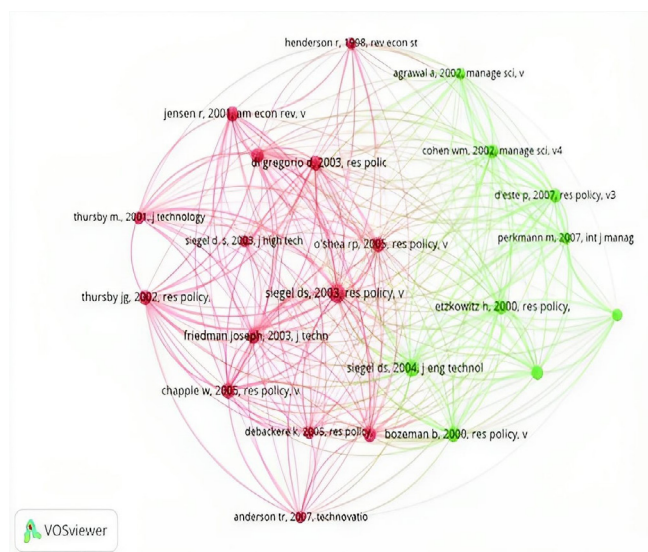
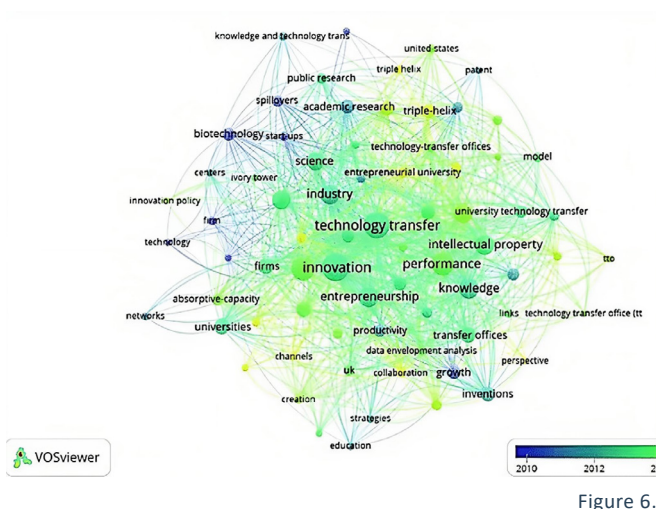


Figure 7 and Figure 8 are images of the search by means of the VOSViewer program using information exported by Lens.org using the search keywords.

As a result of the research and technological surveillance, we obtained information on the technologies to measure flow and which are the most used in the industry at international level, type of meters and comparing them with the ones



we have in our laboratory of instrumentation and process control of SENA (CIDT) Barrancabermeja.

Technologies	Installation conditions	Restrictions		Class	Brand	Model	PWR / Out
		Upstream	Downstream				
Coriolis	Bridado 1"	3" 3 Ø	3" 3 Ø	150 LBS	SIEMENS	Sensor Mass 2100 Transmisior Mass 6000 IP67	PWR:115/230 V AC Out: 4-20 mA
Coriolis	Bridado 2"	Ninguna	Ninguna	150 PSI	Endress & Hausser	Proline Promass F 300	PWR: 85-264 V AC Out: 4-20 mA
Vortex	Bridado 1 ½"	30" 20 Ø	3.3" 5 Ø	150 LBS	SIEMENS	SITRANS FX 300	PWR: 30 V Out: 4-20 mA

Conclusions

In conclusion, the research highlights the variety of methods to measure flow, underlining the importance of choosing the right flowmeter according to factors such as the type of fluid, the flow range and the required accuracy. Common methods are mentioned, such as positive displacement, electromagnetic, ultrasonic, turbine, Coriolis, volumetric and gravimetric meters.

Calibration is essential to ensure the accuracy and reliability of flow measurement devices. Two methods are described: in-situ calibration, which involves direct comparison with a standard equipment while in operation, and laboratory calibration, which is performed off-site with highly accurate standard equipment. These processes ensure more accurate and reliable measurements, complying with regulations and optimizing operational efficiency.

The National Accreditation Organization of Colombia (ONAC) plays a crucial role in providing assurance and quality in flow measurements in the country. Four laboratories accredited by ONAC are mentioned as references for the implementation of technologies. In addition, the contribution of graduate theses in technological surveillance during the research is highlighted.

The mechanical restrictions of the technologies found in the training environment of CIDT Barrancabermeja are considered to guarantee the correct operation of the instruments in the project. Overall, the study comprehensively addresses the selection, calibration and application of flow measurement technologies, highlighting the importance of local adaptation and quality in the implementation process.