



Implementación de un equipo de pruebas para el análisis de pérdidas por accesorios en redes hidráulicas implementado en los laboratorios de fluidos de la corporación universitaria autónoma de Nariño

Esteban Guillermo Rodriguez García

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño, San Juan de Pasto-Colombia

tebanbillermo@gmail.com

Resumen- El presente artículo da a conocer cada una de las etapas que se siguieron, para la construcción de un equipo de pruebas para el análisis de pérdidas por accesorios, en redes hidráulicas, el cual se implementó en los laboratorios de fluidos de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño.

El transporte de fluidos a través de tuberías, es requerida en numerosas áreas de la ingeniería, siendo así, este equipo de gran utilidad. Para su construcción se usaron materiales de bajo costo, y adicionalmente se diseñó de tal forma que su ensamblaje sea sencillo, por tanto es objeto de implementarse en cualquier laboratorio

Representando así, una herramienta importante para la generación de proyectos investigativos, y una propuesta innovadora para aumentar el nivel educativo de la institución.

Abstract- This article presents each of the stages that were followed, for the construction of a test equipment for the analysis of losses due to accessories, in hydraulic networks, which was implemented in the fluid laboratories of the University Corporation Autonomous of Nariño.

The transport of fluids through pipes is required in many areas of engineering, thus, this equipment is very useful. Low-cost materials were used for its construction, and additionally it was designed in such a way that its assembly is simple, therefore it can be implemented in any laboratory.

Thus, representing an important tool for the generation of research projects, and an innovative proposal to increase the educational level of the institution.

I INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la investigación es implementar un equipo en el cual se pueda desarrollar prácticas relacionadas con las pérdidas por accesorios en tuberías de PVC en la corporación autónoma de Nariño, por medio del diseño y construcción de un equipo de pruebas, basados en equipos que se comercializan en el mercado y según las necesidades planteadas por estudiantes para mejorar el aprendizaje en las prácticas académicas.

Siguiendo los parámetros que plantea la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño de apoyar el desarrollo tecnológico agroindustrial de las regiones, es importante incentivar a nuestros estudiantes a realizar prácticas investigativas y de aprendizaje.

II METODOLOGÍA

En este proyecto de grado se seleccionó el método Deductivo-Inductivo en donde principalmente se identifica la necesidad de mejorar los espacios para el estudio de los estudiantes con equipos de laboratorio para prácticas investigativas y de aprendizaje en la corporación universitaria autónoma de Nariño como institución de educación superior, para proceder a investigar qué equipos existen en el mercado y elegir cual se va a implementar y establecer un diseño conceptual; a partir del estado del arte, pruebas, cálculos y demás estudios, se lleva a cabo las capacidades y conocimientos en el proceso de la implementación y construcción del equipo de laboratorio, para ello la Corporación Autónoma de Nariño promueve la investigación por medio de propuestas tecnológicas para ser implementados en prototipos permitiendo complementar el desarrollo profesional en el ámbito social y laboral.

Para el desarrollo de esta investigación se plasmaron unos objetivos que permitan satisfacer la necesidad encontrada en los estudiantes de ingeniería mecánica de la universidad Autónoma de Nariño, específicamente en la materia de mecánica de fluidos, para realizar un estudio más profundo de modo práctico y tecnificar el aprendizaje en los laboratorios académicos, generando innovación en la implementación de equipos para el laboratorio de la facultad.



III OBJETIVOS

Diseñar y construir un equipo de pruebas para el análisis de pérdidas por accesorios en redes hidráulicas para el laboratorio de mecánica de fluidos de la Corporación Autónoma de Nariño.

Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica y los cálculos correspondientes para la implementación de un equipo de laboratorio de mecánica de fluidos.
- Diseñar un equipo de laboratorio de mecánica de fluidos con herramientas útiles que mejore el aprendizaje de estudiantes y docentes.
- Implementar un sistema de laboratorio de ingeniería mecánica mejorando las competencias de las máquinas hidráulicas, mecánica y comportamiento de fluidos de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño.
- Elaboración de un manual operativo del funcionamiento del equipo dirigido a estudiantes y docentes de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño.

IV PRÁCTICAS EN LABORATORIO EN LAS UNIVERSIDADES

El uso de equipos de laboratorio es de gran importancia, estos permiten a los estudiantes mejorar su aprendizaje mediante la experiencia y llevar a cabo el método científico de prueba y error .

En la actualidad se distinguen dos ámbitos de estudio en el momento de enseñar en los planteles educativos , ambos van de la mano y no se han de contemplar como dos cosas distintas sino como un complemento . Por una parte, el aprendizaje consta de un contenido conceptual, al que se conoce como teoría, la cual generará una base científica para que el estudiante pueda desempeñar lo que conocemos como práctica, y el contenido experimental que es el complemento a la teoría.

Las distintas instituciones de educación superior en varios países como Estados Unidos e Inglaterra han modificado el contenido su sistema de educación debido a que los resultados académicos eran muy deficientes y el interés por la investigación por parte del alumnado era muy escaso, estos países invirtieron millones de dólares en proyectos de investigación para llevarlos a cabo para que los estudiantes que cursan los últimos años de secundaria, práctica que fue ampliada a todos los niveles educativos, fomentando la enseñanza más conceptual y no tan descriptiva; la actualización de material usado en los planteles educativos, incluyendo las prácticas de laboratorio permite relacionar la teoría con datos experimentales y relacionando la teoría con datos experimentales.

V PRÁCTICAS EN LABORATORIOS EN COLOMBIA

La siguiente tabla observamos el estudio del año 2020 de Scimago institutions rankings en él se analiza qué universidades del mundo son las mejores en innovación e impacto social. Según estos datos en Colombia han aumentado las universidades que realizan investigaciones descriptivas y exploratorias, aunque no todas las instituciones de educación superior cuentan con la completa adecuación de equipos y materiales en laboratorios, lo que nos lleva a apreciar la importancia de la implementación de equipos didácticos.

En Colombia las instituciones educativas están en el proceso de que todas las universidades tengan infraestructura para realizar investigaciones y prácticas de las carreras profesionales, por un lado el docente enseña la parte teórica necesaria para entender sobre el tema específico, así como ejercicios de análisis y cálculos que ayudan a los estudiantes a comprender y poner en práctica los conceptos basados en el tema que se esté trabajando

VI PRÁCTICAS QUE SE REALIZAN EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Rank	Rank Global	Institution	Rank	Rank Global	Institution
1	593	Universidad Nacional de Colombia	16	764	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
2	658	Universidad de Antioquia	17	765	Universidad CES
3	663	Pontificia universidad Javeriana	18	767	Universidad Cooperativa de Colombia
4	676	Universidad de los Andes	19	770	Universidad del Magdalena
5	704	Universidad del Rosario	20	771	Universidad del Atlántico
6	706	Universidad del Tolima	21	772	Universidad del Cauca
7	729	Universidad Antonio Nariño	22	777	Universidad ICESI
8	734	Universidad de Caldas	23	780	Universidad Libre
9	735	Universidad del Valle	24	788	Universidad Tecnológica de Pereira
10	739	Universidad el Bosque	25	789	Universidad Francisco de Paula Santander

En el proceso de aprendizaje que se lleva a cabo a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica existen distintas asignaturas en las cuales es necesario realizar prácticas de prueba y error para que el estudiante comprenda mejor la teoría que está aprendiendo y la ponga en práctica.

Como complemento del pensum con la parte teórica son las siguientes:

Transferencia de calor : Proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. En esta asignatura encontramos equipos para el estudio de conducción y convección de calor, intercambiador de calor, tubos concéntricos (agua-agua), (aceite térmico- agua)



Imagen 1. Intercambiador de calor de tubos concéntricos (aceite térmico-agua).

Con el equipo anterior los estudiantes pueden realizar prácticas que le permiten el estudio de equipos de proceso utilizados en la industria en materias relacionadas con la transferencia de calor, determinación del coeficiente total de transferencia de calor para un intercambiador de calor, estudio de un proceso de enfriamiento de agua por medio de una torre de enfriamiento de tiro inducido, entre otros.

Termodinámica: es la rama de la física que se enfoca en el estudio de los vínculos existentes entre el calor y las demás variedades de energía. Analiza, por lo tanto, los efectos que poseen a nivel macroscópico las modificaciones de temperatura, presión, densidad, masa y volumen en cada sistema, son para el estudio del punto de ebullición, estudio de la primera ley de la termodinámica, estudio de un ciclo de (refrigeración-enfriamiento de una cámara, estudio de aire acondicionado con ciclo de refrigeración.

Tabla 1. Clasificación de estudio Scimago institutions rankings.

VII PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TUBERÍAS Y ACCESORIOS



Imagen 2. Estudio de un ciclo de refrigeración-enfriamiento de una cámara).

El estudiante con este equipo de laboratorio puede hacer análisis termodinámico de un proceso de refrigeración, estudio de diagramas termodinámicos Presión- Entalpía y Presión- Entropía, la determinación de las pérdidas de calor en el sistema.

Mecánica de fluidos: es la rama de la mecánica de medios continuos, que de igual forma pertenece a la física, estudia el movimiento de los fluidos ya sea gases o líquidos, así como las fuerzas que los provocan. en los equipos se realiza el estudio de fenómenos de transporte, máquinas hidráulicas, hidrostática y flujo de fluidos.

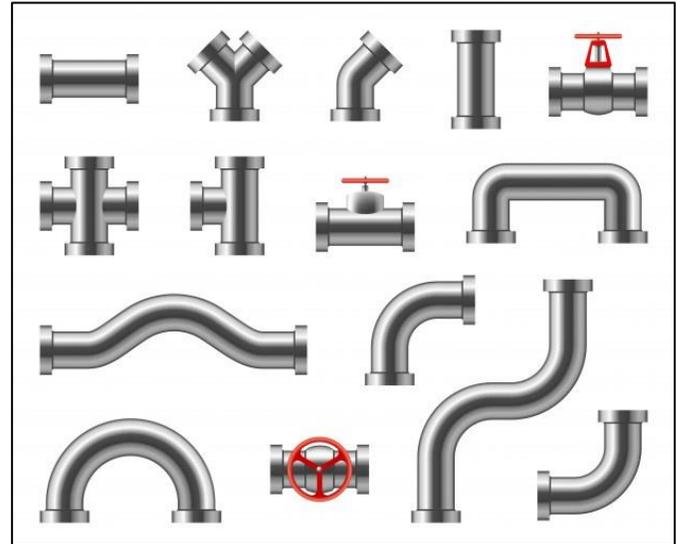


Imagen 4. Tuberías y válvulas de sistemas hidráulicos.

Se debe tener en cuenta en el momento de hacer el análisis de pérdidas menores provocados por los válvulas y accesorios que los coeficientes van a variar por el diámetro y por el material que vaya a analizar.

VIII IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE PÉRDIDAS POR ACCESORIOS EN REDES HIDRÁULICAS

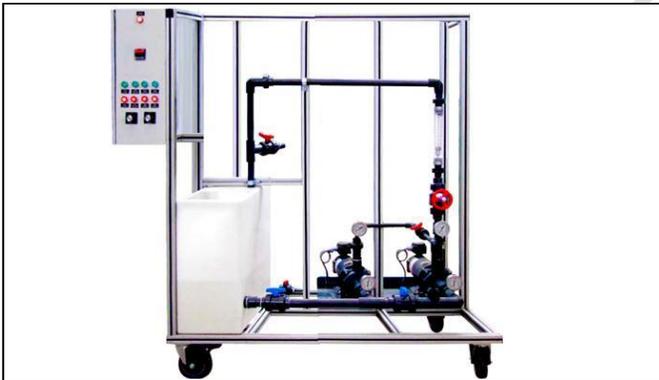


Imagen 3. Equipo para estudio de bombas en serie, paralelo a pequeña escala.

Este tipo de equipos de laboratorio le permite al estudiante determinar la energía suministrada a un cabezal de flujo por medio de un sistema a de bombeo, estudio de bombas en serie y paralelo, estudio de operación y características de bombas centrífugas, efecto de la variación del flujo sobre la presión de descarga en cada bomba y funcionamiento en circuito de agua cerrado.

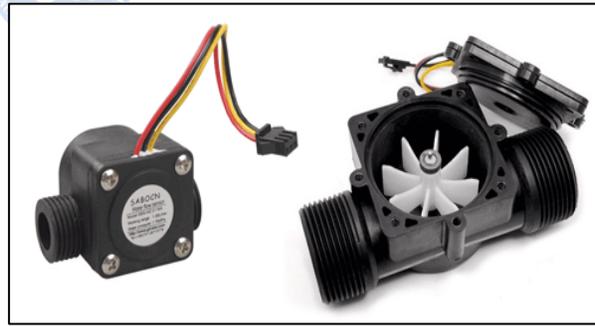
El laboratorio en cuestión, de la Corporación Autónoma de Nariño, no cuenta con un equipo para calcular pérdidas por fricción y por accesorios en redes hidráulicas, es decir para realizar prácticas en el área de mecánica de fluidos, el cual permitirá verificar posibles fallas de presión y pérdidas de velocidad en sistemas hidráulicos.

La Corporación Autónoma de Nariño, se beneficia con la adecuación de espacios académicos para el aprendizaje teórico-práctico de sus estudiantes, para esto se requiere de un laboratorio de ingeniería mecánica que cuente con módulos, maquinaria y equipos adecuados. Se realiza la construcción de un equipo de pruebas para el análisis de pérdidas por accesorios en redes hidráulicas, debido a que el transporte de fluidos a través de tuberías es comúnmente requerido en numerosas áreas de la ingeniería, por ejemplo, conducción de agua de redes domiciliarias, en obras civiles, flujo de combustible en motores, entre muchos otros, además la medición y cálculo de pérdidas de

carga en sistemas de flujo constituyen un importante tema de estudio a tratar en la mayoría de carreras de ingeniería.

La disminución de agua en una red de tuberías se presenta por fricción o también llamadas pérdidas mayores, y pérdidas locales en accesorios o también llamadas pérdidas menores que se deben al paso de fluidos por puntos específicos en tuberías como estrechamientos, cambios de dirección, etc. En sistemas de tuberías que tengan muchos componentes y una longitud relativamente corta del tubo las pérdidas por accesorios pueden ser incluso mayores que las pérdidas por fricción.

El diseño de este equipo se realiza con materiales como PVC, ángulos de hierro, entre otros, con el fin de reducir costos en su creación pero que sea tan eficiente como un equipo que se consigue en el mercado y con características similares, con el fin de que sea implementado por estudiantes de la Aunar y posteriormente se dé a conocer esta opción de equipo a bajo costo en diferentes instituciones del departamento de Nariño.



Caudalímetro electrónico de turbina: este tiene una turbina colocada de frente al flujo del líquido, encapsulada en las paredes de un tubo, rota proporcionalmente al caudal. La turbina, fabricada con un compuesto de resina y polvo de alnico, genera un campo magnético que es leído y codificado por un Hall-Effect switch.

IX TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

A. Bomba periférica

Estas bombas son adecuadas para bombear líquidos neutros y limpios sin sólidos abrasivos, a temperaturas inferiores a 50 °C. Estos dispositivos son ideales donde se requieren presiones elevadas de agua, además son resistentes a la intemperie, son de bajo consumo eléctrico, y tienen un funcionamiento silencioso.



Imagen 5. Bomba Periférica

B. Caudalímetros

Es un instrumento de medición que no es mencionado a diario, pero si muy utilizado y de forma regular por muchas personas en diversos ambientes. Gracias a él se puede determinar el caudal con que un líquido es transportado por una tubería o sistema, así como la velocidad.

C. Tarjeta arduino

El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador que implementa el lenguaje de programación de arduino, las herramientas para transferir el firmware al microcontrolador y el bootloader ejecutado en la placa. La principal característica del software y del lenguaje de programación es su sencillez y facilidad de uso.

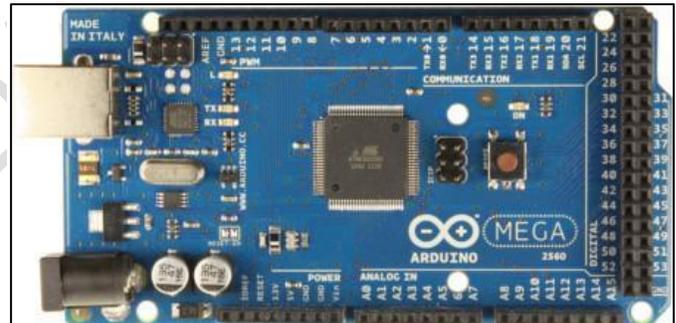


Imagen 7. Tarjeta arduino mega .

El arduino mega es una placa que contiene todo lo necesario para usar el microcontrolador, simplemente se necesita conectar a un ordenador mediante un cable usb, o alimentarla con un adaptador de corriente AC a DC .

D. Pantalla touch

Es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo. A su vez, actúa como periférico de salida, mostrando los resultados introducidos previamente.

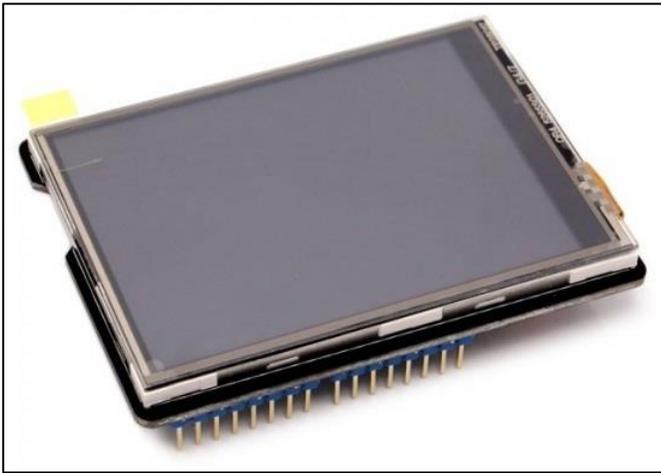


Imagen 8. Pantalla touch

- Tipo de fluido
- Altura máxima
- Potencia de bomba
- Velocidad
- Temperatura del fluido

2. Estructura en hierro fundido

- Peso de tubería con agua
- Diseño de red de la tubería
- Tipo de equipo a construir
- *Material de construcción*

3. Tarjeta arduino

- Fuente de poder
- Cantidad de caudalímetros

E. Las Válvulas de Control de flujo

Se utilizan para regular el Caudal de aceite aplicado a las distintas áreas de los sistemas hidráulicos. La función principal es reducir el flujo en su rama del circuito, lo cual tiene como resultado una reducción de velocidad en los actuadores.

X CÁLCULOS Y DISEÑO CONCEPTUAL



Imagen 9. Estructura de equipo de laboratorio

Para el diseño del equipo se verificó la distancia de la tubería de redes hidráulicas a utilizar. A partir de este valor se procedió a calcular la bomba que tenga las características necesarias. Los cálculos realizados se resumen a continuación:

1. Bomba periférica



Imagen 10. Equipo de laboratorio terminado

Análisis de resultados

Cuadro 7. Pérdidas por recorrido circuito 1

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	e/d	Factor fricción (f)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC 1"	68.05	166.0	2.1×10^{-2}	0.55	2.6×10^{-3} m/s	1×10^{-6} m ² /s	0.0015	43160	9×10^{-5}	0.078	1×10^{-6}
PVC 3/4"	147.5	21.81	3.7×10^{-3}	0.55	1.4×10^{-3} m/s	1×10^{-6} m ² /s	0.0015	30530	4.8×10^{-5}	0.023	4.2×10^{-7}
PVC 1"	205.9	28.48	6.3×10^{-3}	0.55	8.7×10^{-4} m/s	1×10^{-6} m ² /s	0.0015	24770	5.2×10^{-5}	0.024	2.4×10^{-7}
Total pérdidas tuberías circuito 1											6.7×10^{-7}

Cuadro 8 Pérdidas por accesorios circuito 1

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	
PVC 1/2"	2.6×10^{-3} m/s	1	9.18	2	1.5	2	0.81	8	0.30	5.2×10^{-10}
PVC 3/4"	1.4×10^{-3} m/s	1	8.5	4	1.38	4	0.75	10	0.18	1.9×10^{-10}
PVC 1"	8.7×10^{-4} m/s			4	0.46	3	0.69			2.9×10^{-11}
Total pérdidas tuberías circuito 1										7.39×10^{-10}

Total pérdidas Circuito 1 = 6.7×10^{-7} m

Imagen 11. Resultados C1.



Cuadro 9 Pérdidas por recorrido circuito 2

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	g/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC _{1/2"}	196.2	16.60	2.1 × 10 ⁻⁴	0.55	2.6 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	43160	9 × 10 ⁻¹	0.078	2*10 ⁻¹⁰
PVC 1"	416.1	28.48	6.3 × 10 ⁻⁴	0.55	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	24770	5.2 × 10 ⁻¹	0.024	8.5 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1											2 × 10 ⁻¹⁰

Cuadro 10 Pérdidas por accesorios circuito 2

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	
PVC 1/2"	2.6 × 10 ⁻³ m/s	1	9.18	2	1.5	0	0.81	4	0.30	4.5 × 10 ⁻¹⁰
PVC 3/4"	1.4 × 10 ⁻³ m/s	1	7.82	2	1.38	4	0.75	4	0.18	1.4 × 10 ⁻¹⁰
PVC 1"	8.7 × 10 ⁻³ m/s			4	0.46	3	0.69			1.4 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1										6 × 10 ⁻¹⁰

Total pérdidas Circuito 2 = 6 × 10⁻¹⁰ m

Imagen 12. Resultados C2.

Cuadro 11 Pérdidas por recorrido circuito 3

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	g/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC _{1/2"}	218.2	21.81	3.7 × 10 ⁻⁴	0.55	1.4 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	30530	6.8 × 10 ⁻¹	0.023	7*10 ⁻¹¹
PVC 1"	366.5	28.48	6.3 × 10 ⁻⁴	0.55	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	24770	5.2 × 10 ⁻¹	0.024	4 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1											4.7 × 10 ⁻¹¹

Cuadro 12 Pérdidas por accesorios circuito 3

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	
PVC 3/4"	1.4 × 10 ⁻³ m/s	1	8.5	2	1.38		0.75	6	0.18	1.2 × 10 ⁻¹⁰
PVC 1"	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1	7.82	7	0.46	4	0.69			5.2 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1										1.7 × 10 ⁻¹⁰

Total pérdidas Circuito 3 = 4.7 × 10⁻¹⁰ m

Imagen 13. Resultados C3

Cuadro 13 Pérdidas por recorrido circuito 4

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	g/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC _{1/2"}	407	16.60	2.1 × 10 ⁻⁴	0.55	2.6 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	43160	9 × 10 ⁻¹	0.078	6.5*10 ⁻¹⁰
PVC 1"	208.9	28.48	6.3 × 10 ⁻⁴	0.55	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	24770	5.2 × 10 ⁻¹	0.024	2.4 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1											3 × 10 ⁻¹⁰

Cuadro 14 Pérdidas por accesorios circuito 4

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)	
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K		
PVC 1/2"	2.6 × 10 ⁻³ m/s	2	9.18	2	1.5	6	0.81	6	0.30	9.5 × 10 ⁻¹⁰	
PVC 3/4"	1.4 × 10 ⁻³ m/s			8.5	4	1.38		0.75	6	0.18	6.6 × 10 ⁻¹¹
PVC 1"	8.7 × 10 ⁻³ m/s			4	0.46	3	0.69			1.4 × 10 ⁻¹¹	
Total pérdidas tuberías circuito 1										1 × 10 ⁻⁹	

Total pérdidas Circuito 4 = 3 × 10⁻¹⁰ m

Imagen 14. Resultados C4.

Cuadro 15 Pérdidas por recorrido circuito 5

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	g/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC _{1/2"}	397.4	21.81	3.7 × 10 ⁻⁴	0.55	1.4 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	30530	6.8 × 10 ⁻¹	0.023	1.4*10 ⁻¹¹
PVC 1"	203.9	28.48	6.3 × 10 ⁻⁴	0.55	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	24770	5.2 × 10 ⁻¹	0.024	2.4 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1											3.8 × 10 ⁻¹¹

Cuadro 16 Pérdidas por accesorios circuito 5

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)	
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K		
PVC 1/2"	2.6 × 10 ⁻³ m/s			9.18		1.5		0.81	4	0.30	4 × 10 ⁻¹¹
PVC 3/4"	1.4 × 10 ⁻³ m/s	2	8.5	4	1.38	4	0.75	6	0.18	2.6 × 10 ⁻¹⁰	
PVC 1"	8.7 × 10 ⁻³ m/s			4	0.46	3	0.69			1.4 × 10 ⁻¹¹	
Total pérdidas tuberías circuito 1										3.4 × 10 ⁻¹⁰	

Total pérdidas Circuito 5 = 3.8 × 10⁻¹¹

Imagen 15. Resultados C5.

Cuadro 17 Pérdidas por recorrido circuito 6

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	g/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC 1"	565.4	28.48	6.3 × 10 ⁻⁴	0.55	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	24770	5.2 × 10 ⁻¹	0.024	5.8 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1											5.8 × 10 ⁻¹¹

Cuadro 18 Pérdidas por accesorios circuito 6

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)	
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K		
PVC 1/2"	2.6 × 10 ⁻³ m/s			9.18	2	1.5	2	0.81	8	0.30	2.3 × 10 ⁻¹⁰
PVC 3/4"	1.4 × 10 ⁻³ m/s			8.5	4	1.38		0.75	4	0.18	6.2 × 10 ⁻¹¹
PVC 1"	8.7 × 10 ⁻³ m/s	2	7.82	4	0.46	7	0.69			8.4 × 10 ⁻¹¹	
Total pérdidas tuberías circuito 1										3.7 × 10 ⁻¹⁰	

Total pérdidas Circuito 6 = 6.1 × 10⁻⁹

Imagen 16. Resultados C6.

Cuadro 19 Pérdidas por recorrido circuito 7

	Longitud (m)	Dímetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	g/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC _{1/2"}	68.05	16.60	2.1 × 10 ⁻⁴	0.55	2.6 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	43160	9 × 10 ⁻¹	0.078	1*10 ⁻¹⁰
PVC _{3/4"}	167.5	21.81	3.7 × 10 ⁻⁴	0.55	1.4 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	30530	6.8 × 10 ⁻¹	0.023	4.2*10 ⁻¹¹
PVC 1"	405.1	28.48	6.3 × 10 ⁻⁴	0.55	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1 × 10 ⁻⁶ m ² /s	0.0015	24770	5.2 × 10 ⁻¹	0.024	4.2 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1											4.3 × 10 ⁻¹¹

Cuadro 20 Pérdidas por accesorios circuito 7

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	
PVC 1/2"	2.6 × 10 ⁻³ m/s	1	9.18	2	1.5	2	0.81	8	0.30	3 × 10 ⁻¹⁰
PVC 3/4"	1.4 × 10 ⁻³ m/s	1	8.5	4	1.38	4	0.75	10	0.18	1.8 × 10 ⁻¹⁰
PVC 1"	8.7 × 10 ⁻³ m/s	1	7.82	4	0.46	7	0.69			5 × 10 ⁻¹¹
Total pérdidas tuberías circuito 1										5.3 × 10 ⁻¹⁰

Total pérdidas Circuito 7 = 4.3 × 10⁻¹¹

Imagen 17. Resultados C7.



Cuadro 21 Pérdidas por recorrido circuito 8

	Longitud (m)	Díámetro nominal (mm)	Área (m ²)	Caudal máximo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Rugosidad (mm)	Re	ϵ/d	Factor fricción (F)	Pérdidas por recorrido (m)
PVC ^{1/2"}	190.4	16.60	$2.1 \cdot 10^{-4}$	0.55	$2.6 \cdot 10^{-2}$ m/s	$1 \cdot 10^{-6}$ m ² /s	0.0015	43160	$9 \cdot 10^{-3}$	0.078	$3 \cdot 10^{-3}$
PVC ^{3/4"}	212.2	21.81	$3.7 \cdot 10^{-4}$	0.55	$1.4 \cdot 10^{-2}$ m/s	$1 \cdot 10^{-6}$ m ² /s	0.0015	30830	$6.8 \cdot 10^{-3}$	0.023	$7.2 \cdot 10^{-3}$
PVC ^{1"}	363.9	28.48	$6.3 \cdot 10^{-4}$	0.55	$8.7 \cdot 10^{-3}$ m/s	$1 \cdot 10^{-6}$ m ² /s	0.0015	24770	$5.2 \cdot 10^{-3}$	0.024	$3.7 \cdot 10^{-3}$
Total pérdidas tuberías circuito 1											$4.2 \cdot 10^{-3}$

Cuadro 22 Pérdidas por accesorios circuito 8

	Velocidad (m/s)	Válvula de globo		Tee de 90°		Codo de 90°		Contracción súbita		Pérdida por accesorios (m)
		Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	Cant.	K	
PVC 1/2"	$2.6 \cdot 10^{-2}$ m/s	1	9.18	2	1.5	2	0.81	8	0.30	$3 \cdot 10^{-10}$
PVC 3/4"	$1.4 \cdot 10^{-2}$ m/s	1	8.5	4	1.38	4	0.75	10	0.18	$1.8 \cdot 10^{-10}$
PVC 1"	$8.7 \cdot 10^{-3}$ m/s	1	7.82	4	0.46	7	0.69			$5 \cdot 10^{-11}$
Total pérdidas tuberías circuito 1										$5.3 \cdot 10^{-10}$

Total pérdidas Circuito 8 = $4.2 \cdot 10^{-3}$ m

Imagen 18. Resultados C8.

XIII CONCLUSIONES

- Después de investigar sobre la importancia de equipos de laboratorios en distintos planteles educativos ya sea para prácticas e investigaciones se estableció la necesidad de implementar un equipo de laboratorio para la materia mecánica de fluidos en la corporación universitaria autónoma de Nariño para realizar varios procesos de experimentación y comprobación del conocimiento teórico aprendido.
- Se construye el equipo de laboratorio basándose en diseños obtenidos en la presente investigación de equipos que existen en el mercado global pero con materiales que encontramos en nuestro medio.
- Finalmente se logra implementar (por motivo de la pandemia no se ha podido implementar hasta la fecha actual) un equipo de pruebas por pérdidas en accesorios en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño que pueda cumplir con los objetivos planteados al inicio esta investigación.

X RECOMENDACIONES

- El sistema de sistema de control como trabajo futuro se puede mejorar por medio programación C++, configurando su rendimiento y manejo
- Permitir incorporar nuevos circuitos de líneas hidráulicas para realizar modificaciones en la longitud de la tubería y obtener un aprendizaje más didáctico y practico
- Realizar investigación de otros fenómenos físicos de los fluidos (FFF) con sensores, herramientas que permitan analizar cavitación, pseudocavitación, golpe de ariete,
- Para futuras investigaciones relacionadas con este tipo de equipos se recomienda verificar con anterioridad qué, los materiales usados para su elaboración se comercializan en

la región donde se vaya a implementar, de lo contrario se deberán elegir otros materiales o se deberá verificar su existencia en los mercados de otros países. Para esta investigación se usó materiales no existentes en la región, como en el caso de accesorios de PVC para tuberías como, caudalímetros, reducciones o acoples, etc., y una tarjeta Arduino, una fuente de poder y un relee, esto en cuanto a la parte electrónica de este prototipo y adicionalmente una motobomba.

XI BIBLIOGRAFÍA

- AMR. (15 de mayo de 2018). *Unal.edu.co*. Obtenido de <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/1964-profesor-obtuvo-galardon-internacional-por-primera-vez-para-el-pais>
- B., J. M. (20 de junio de 2018). *La republica*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/empresas/conozca-las-universidades-colombianas-que-lograron-clasificar-al-indice-sir-world-2740472>
- Generatoris. (2019). *Generatoris*. Obtenido de <http://www.generatoris.com/>
- Gutiérrez, C. A. (Diciembre de 2006). *Revista Q*. Obtenido de https://revistas.upb.edu.co/index.php/revista_Q/article/view/7883
- Interempresas. (09 de Septiembre de 2010). *Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Laboratorios/Articulos/42932-Nuevas-tecnologias-en-el-laboratorio.html>
- UN, A. d. (04 de Noviembre de 2014). *Universia.net*. Obtenido de <https://noticias.universia.net.co/ciencia-ntt/noticia/2014/11/04/1114480/importancia-laboratorios-gestar-saberes.html>
- (s.f.). Obtenido de Disponible en <https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulo-86417.html>
521020. (s.f.).
- Altecdust. (s.f.). Altecdust. Obtenido de <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>
- Andrés Arián Guzmán Muñoz, S. I. (2014). Obtenido de <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123>



456789/1462/1/Guzman_Munoz_Andres_Ar
ian.pdf

Ascencio Silva Jonathan Ricardo, M. F. (2013).
Academia.edu. Obtenido de
https://www.academia.edu/7363014/LABORATORIO_4_HIDR%C3%81ULICA_I_PERRIDAS_POR_ACCESORIOS_Presentado_por

aunar. (11 de enero de 2019). *aunar virtual*.
Recuperado el 21 de febrero de 2019, de
<http://aunar.edu.co>

Colciencias. (14 de 09 de 2017). *legado web Colciencias*. Obtenido de COLCIENCIAS.
¿Qué es un proyecto de innovación tecnológica? [En line]. [Citado 14 Oct, 2017]
Disponible en internet:
<http://legadoweb.colciencias.gov.co/faq/ques-un-proyecto-de-innovacion-tecnologica>.

Colombia, T. (07 de junio de 2018). *Toda Colombia*.
Obtenido de
<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/narino.html>

COPASO. (s.f.). Obtenido de
http://copaso.upbga.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf

definición, C. (s.f.). *Concepto definición*. Obtenido de
<https://conceptodefinicion.de/fluido/>

educación, M. d. (s.f.).

Ministerio de Educación Colombiano. (s.f.). Obtenido de
<https://www.mineduccion.gov.co/1621/articulo-86417.html>

MOOT, R. (2015). *Mecánica de fluidos*. 7 ed. En R. MOOT. México D.f.: Pearson educación.

tecnochile. (s.f.). *Tecno chile*. Obtenido de
<http://www.tecnochile.cl/content/16-motobombas>