

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE BOMBEO NEUMÁTICO MANUAL Y FUNCIONAL PARA LA CALIBRACION DE INDICADORES DE PRESION.

Brayan Eduardo Tarazona
Btarazona@correo.uts.edu.co

Estudiantes de la carrera Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico de las Unidades Tecnológicas de Santander.
Bucaramanga, Santander. Colombia
2019

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO:

Planteando la necesidad que existía en el laboratorio de instrumentación industrial, que se basaba en la falta de poseer herramientas que fueran portátiles y de uso manual a la hora de ajustar un indicador de presión, se planteó este proyecto como un desarrollo tecnológico, ya que dicho instrumento se adaptaba a la necesidad del laboratorio y de los estudiantes quienes podrán hacer uso de esta maleta que contiene una bomba FLUKE, y dos nanómetros, uno digital de uso exclusivo para la bomba y otro análogo para el desarrollo de la práctica de calibración, elementos que fueron seleccionados y adquiridos gracias al aprendizaje obtenido a lo largo de la carrera, a información bibliográfica, y al director del proyecto y docentes.

Posteriormente adquiridos estos instrumentos se realiza el montaje de manera que se respete la reglamentación dada por la NTC 17025, y se desarrollan procedimientos de calibración de dichos equipos. Para la validación del proyecto se elaboraron una serie de pruebas en donde se usa como dispositivo patrón el modulo existente ya en el laboratorio y la bomba manual implementada por los autores, en el cual se le inducía cierto error a los dos nanómetros análogos, tomando y registrando una serie de datos antes y después del ajuste para así realizar graficas que demostraran la efectividad del sistema adquirido con respecto al módulo, mostrando también cierto porcentaje de error.

Con el fin de facilitar el desarrollo de las diferentes actividades que se pueden realizar con este sistema se elabora un manual de prácticas que contiene 6 prácticas, 3 prácticas que son el ajuste de error de cero, de span o multiplicación y de angularidad con el módulo de calibración, y las mismas 3 practicas desarrolladas con el sistema de bombeo neumático manual y funcional.

Contenido

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO:.....	1
Lista de Tablas.....	2
Lista de Figuras.....	2
1. INTRODUCCION	3
2. DIAGNOSTICO INICIAL.....	3
2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO	3
3. OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO	3
3.1. OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.....	3
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO.....	3
4. DESARROLLO DE LA BOMBA NEUMATICA PORTATIL.....	4
4.1. INVESTIGACION PARA IDENTIFICAR LA PROBLEMÁTICA	4
4.2. DISEÑO DEL ESQUEMA DE CONEXION.....	4
4.3. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	4
4.3.1. BOMBA DE COMPROBACIONES MANUAL PORTATIL.....	4
4.3.2. MANOMETRO PATRON DIGITAL.....	5
4.3.3. MANOMETRO DE PRUEBA.....	5
4.3.4. SELECCIÓN DE TUBERIAS.	6
4.4. MONTAJE DEL SISTEMA DE BOMBEO PORTATIL.....	6
4.5. PRUEBAS DE HERMETICIDAD Y AJUSTES.....	6
5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO NEUMATICO MANUAL Y PORTATIL.....	7
5.1. ELEMENTOS PARA PRUEBAS	7



5.2.	PRUEBAS	7
5.2.1.	PRUEBAS EN MANOMETRO SECO	7
5.2.1.1.	PRUEBAS PRELIMINARES	7
5.2.1.2.	CALIBRACION	8
5.2.2.	PRUEBAS EN MANOMETRO DE GLICERINA.....	9
5.2.2.1.	PRUEBAS PRELIMINARES.....	9
5.2.2.2.	CALIBRACION	10
6.	PORCENTAJE DE ERROR DE LOS EQUIPOS DE CALIBRACION.....	11
6.1.	PORCENTAJE DE ERROR EN EL MANÓMETRO SECO.....	11
6.2.	PORCENTAJE DE ERROR EN EL MANOMETRO DE GLICERINA.....	11
6.3.	PORCENTAJE DE ERROR TOTAL DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN PORTÁTIL	12
6.4.	PORCENTAJE DE ERROR TOTAL CON EL MÓDULO DE CALIBRACIÓN.....	12
7.	RESULTADOS Y ANALISIS.....	12
7.1.	DERECHOS DE LOS USUARIOS	13
7.2.	DEBERES DE LOS USUARIOS.....	13
7.3.	NORMAS DE TRABAJO DE OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO.....	13
7.4.	NORMAS DE SEGURIDAD.....	14
7.5.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	14
7.5.1	EL PRE-INFORME O PLAN DE TRABAJO.	14
7.5.1.	EL INFORME.....	14
7.5.2.	COMPETENCIAS Y USO PARA INVESTIGACIONES.....	15
7.5.2.1.	UBICACIÓN DEL MATERIAL DE ESTUDIO.....	15
7.5.2.2.	MANEJO BOMBA PORTATIL.....	15
8.	REFERENCIAS	15

Lista de Tablas

Tabla 1	Componentes del diagrama.....	4
Tabla 2	Datos de pruebas preliminares manómetro ASHCROFT	8

Tabla 3	Datos de calibración manómetro ASHCROFT con el sistema portátil	8
Tabla 4	Datos de calibración manómetro ASHCROFT con el módulo de calibración	9
Tabla 5	Presiones promedio del manómetro ASHCROFT en ambos equipos de calibración	9
Tabla 6	Datos de pruebas preliminares manómetro RITHERM	9
Tabla 7	Datos de calibración manómetro RITHERM con el sistema portátil.....	10
Tabla 8	Resultados de calibración manómetro RITHERM con el módulo de calibración	10
Tabla 9	Presiones promedio del manómetro RITHERM en ambos equipos de calibración	10
Tabla 10	Error promedio preliminar de los equipos de calibración. Manómetro ASHCROFT	11
Tabla 11	Error promedio en las calibraciones de los equipos de calibración. Manómetro ASHCROFT.....	11
Tabla 12	Error promedio preliminar de los equipos de calibración. Manómetro RITHERM	12
Tabla 13	Error promedio en las pruebas de calibración de los equipos de calibración. Manómetro RITHERM.....	12
Tabla 14	Porcentaje de error total en el sistema portátil	12
Tabla 15	Porcentaje de error total en el módulo de calibración.....	12
Tabla 18	Formato de informe	15

Lista de Figuras

Figura 1	Diagrama de conexión sistema manual portátil.	4
Figura 2	Bomba de comprobaciones FLUKE 700PTP	5
Figura 3	Manómetro patrón digital modelo MGA-300-A-9V	5
Figura 4	Manómetro RITHERM modelo 1320.....	5
Figura 5:	Tubo niple galvanizado	6
Figura 6:	Conexión tee 1/4" NPT	6
Figura 7:	Reducción campana galvanizada de 1/2" a 1/4" NPT.....	6
Figura 8	Montaje del sistema con el manómetro de glicerina.....	6
Figura 9	Manómetro seco ASHCROFT 1279 con sello de diafragma tipo 100.....	7
Figura 10	Error de cero en el manómetro seco con ambos equipos de calibración.....	7
Figura 11	Identificación del error de cero en manómetro ASHCROFT	8
Figura 12	Manómetro seco calibrado utilizando los dos equipos de calibración	8

AutoAutores: BRAYAN EDUARDO TARAZONA



Figura 13 Grafica de calibración del manómetro ASHCROFT	9
Figura 14 Error de cero en el manómetro de glicerina con ambos equipos de calibración.	9
Figura 15 Identificación del error de cero en manómetro RITHERM	10
Figura 16 Manómetro de glicerina calibrado utilizando los dos equipos de calibración	10
Figura 17 Grafica de calibración del manómetro RITHERM	11
Figura 18 Modelo de pre-informe	14

1. INTRODUCCION

Las mediciones de presión son las más importantes que se hacen en la industria; sobre todo en industrias de procesos continuos, como el procesamiento y elaboración de compuestos químicos. La cantidad de instrumentos que miden la presión puede ser mucho mayor que la que se utiliza en cualquier otro tipo de instrumento. [1]

Los manómetros tienden presentar fallas por varias razones ya sea por la antigüedad, la instalación incorrecta y/o mala calidad de las piezas que lo conforman. Existen varios errores en los manómetros de los cuales hay tres que son fundamentales y fáciles de identificar que se son el error de cero, multiplicación y angularidad.

Lo que se busca principalmente con este proyecto es hacer que los estudiantes del laboratorio de instrumentación industrial puedan tomar medias con mayor precisión y rapidez, se implementaran equipos con mejor calidad y menos rango de error como lo es en este caso al bomba manual portátil, que va permitir a los estudiantes movilizar el quipo para hacer calibraciones y ajustes en todo el laboratorio.

Se va a promover el uso de equipos con esta calidad para que con el tiempo y con la presentación de más proyectos como este los equipos antiguo se descontinúen en la universidad. Así mejoraremos la calidad y el conocimiento de las personas que pasen por el laboratorio.

Para todo esto se llevaran a cabo varias pruebas con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la bomba manual la cual se dejara instalada en el laboratorio de instrumentación industrial junto a su respectivo manual de uso y algunas prácticas que se pueden hacer paso a paso y así aprender a manejar esta clase de equipos.

2. DIAGNOSTICO INICIAL

La preparación obtenida a lo largo de una carrera tecnológica, en este caso tratándose de la tecnología en operación y mantenimiento electromecánico que enseña a estudiantes a obtener capacidades para reaccionar a diferentes situaciones en campo, poniendo a flote su ingenio, como parte de esta preparación se práctica el oficio de saber las necesidades detectadas en la universidad, en este caso se detectó en el laboratorio de instrumentación industrial, el cual carecía y tenía la necesidad de adquirir un sistema en cual no presentara dimensiones muy grandes y cuyo transporte fuera fácil, de manera que una persona pueda transportarla sin ningún problema y que fuera didáctico y fácil de manipular, de tal manera que con energía de una persona se pueda crear una presión neumática, que sea necesaria para elaborar un procedimiento de ajuste de equipo de medición de presión.

2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Un proyecto de esta importancia abarcaría necesidades que son comunes en diferentes campos de la industria actual, pero básicamente este está delimitado para estudiantes de las unidades tecnológicas de Santander quienes tienen la necesidades capacitarse a modo de prácticas adquiridas en el laboratorio de instrumentación industrial, quienes verán reflejados sus conocimientos en el campo industrial.

3. OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO

3.1. OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO

Desarrollar un sistema de bombeo manual y funcional para la calibración de indicadores de presión.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO

- Seleccionar los equipos con ayuda de la información obtenida de fuentes bibliográficas referentes a los sistemas neumáticos para realizar el esquema de conexión del módulo.
- Efectuar el montaje del sistema basados en el esquema de conexión de los equipos para su adecuada operación.
- Desarrollar las respectivas pruebas en el laboratorio basados en la NTC 17025 utilizando el sistema ensamblado para calibrar los instrumentos de

Autores: BRAYAN EDUARDO TARAZONA



medición de presión.

- Realizar un manual de operación y prácticas con ayuda del director de trabajo de grado para aportar avances en el laboratorio brindando la documentación necesaria a la institución.

4. DESARROLLO DE LA BOMBA NEUMÁTICA PORTÁTIL

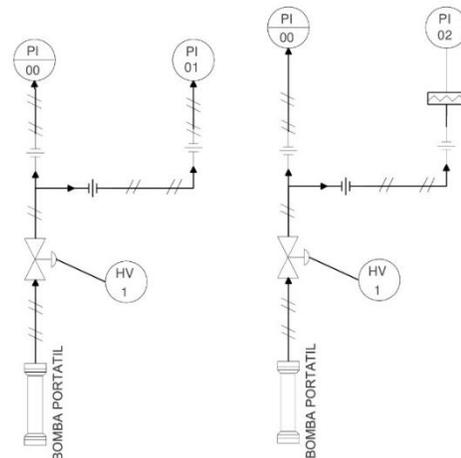
4.1. INVESTIGACION PARA IDENTIFICAR LA PROBLEMÁTICA

El laboratorio de instrumentación industrial no cuenta con un módulo didáctico que permita a los estudiantes emplear alternativas reales de campo para que puedan realizar prácticas de ajustes de errores en los indicadores de presión. Para la solución a esta problemática se plantea desarrollar un sistema portátil de calibración de indicadores de presión que no dependa de una fuente externa de aire comprimido que suelen utilizar los bancos de calibración convencionales. La mejor alternativa para ejecutar esta solución es utilizando una bomba de comprobaciones neumática manual portátil en el cual dispone de la instalación de dos instrumentos, uno de ellos para el manómetro patrón digital y el otro para un indicador de presión de prueba. Este sistema se almacena en una maleta para transportarla de una forma más cómoda y segura.

4.2. DISEÑO DEL ESQUEMA DE CONEXION.

Para dar cumplimiento a la solución del punto anterior, se elaboró un diagrama P&ID de conexión del sistema manual portátil utilizando el software EdrawMax que se observa a continuación.

Figura 1 Diagrama de conexión sistema manual portátil.



Fuente: Autores.

En la tabla 1 se encuentra la definición de los componentes para una completa interpretación.

Símbolo	Descripción
PI 00	Manómetro patrón digital
PI 01	Manómetro RITHERM
PI 02	Manómetro ASHCROFT con sello de diafragma
HV 1	Válvula reguladora (ajuste fino)

Tabla 1 Componentes del diagrama.

4.3. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.

La selección se realiza mediante criterios de selección basados en la información bibliográfica recopilada.

4.3.1. BOMBA DE COMPROBACIONES MANUAL PORTÁTIL.

Para que la bomba neumática portátil tenga una amplia aplicación en el desarrollo del sistema se selecciona una bomba de comprobaciones FLUKE 700 PTP que se muestra a en la figura 2.



Figura 2 Bomba de comprobaciones FLUKE 700PTP



Fuente: Autores.

Posee dos entradas que con la ayuda de un destornillador se puede seleccionar el tipo de presión de trabajo, ya sea para trabajar en vacío de hasta 13.9 psi o presiones manométricas de hasta 600 psi. Se acciona manualmente apretando con la mano el mango que también se le conoce como ajuste grueso, tiene una válvula de ajuste fino para mediciones más exactas y una válvula de drenaje para abrir el sistema. Cuenta con dos puertos NPT de 1/8 de pulgada y de 1/2 pulgada.

4.3.2. MANOMETRO PATRON DIGITAL.

La bomba de comprobaciones portátil al tener la capacidad de generar presiones manométricas significativas se selecciona un manómetro de referencia SSI Technologies que soporta la mitad de la presión nominal de la bomba y a su vez un instrumento moderno que se pueden apreciar las magnitudes vistas en un display LCD como se muestra en la figura 3

Figura 3 Manómetro patrón digital modelo MGA-300-A-9V



Fuente: Autores.

El manómetro patrón digital es un indicador de referencia que soporta presiones de hasta 300 psi, cuenta con la opción de cambiar la unidad de medida como el MPa, el bar y el psi. Cuenta con una pantalla LCD retro iluminada y su exactitud es de $\pm 1\%$ a escala completa, es un instrumento de medición de conexión vertical de 1/2 pulgada NPT donde se instala en la bomba de comprobaciones portátil.

4.3.3. MANOMETRO DE PRUEBA.

Se selecciona un indicador de presión con un rango inferior al de referencia para la realización de las prácticas de calibración. En la figura 4 se observa un manómetro RITHERM con glicerina.

Figura 4 Manómetro RITHERM modelo 1320



Fuente: Autores

El manómetro de glicerina RITHERM modelo 1320 es otro manómetro de proceso con rango de hasta 100 psi o 7
Autores:BRAYAN EDUARDO TARAZONA



bares, posee una exactitud de $\pm 1\%$ a escala completa, es de conexión vertical de $\frac{1}{2}$ pulgada NPT. Este indicador tiene la opción de calibrarse en caso de que se requiera para aprovechar al máximo el indicador de presión.

4.3.4. SELECCIÓN DE TUBERIAS.

Una vez seleccionado los equipos a utilizar para desarrollar el proyecto, se escogen las conexiones y las tuberías para el montaje del manómetro de prueba. El tipo de tubería y conectores seleccionados son de material galvanizado debido a que es económica y tiene la ventaja de protegerlas de la corrosión. A continuación se exponen los siguientes elementos seleccionados, todos con conexión de $\frac{1}{4}$ " NPT:

- Tubo niple de 10 centímetros de longitud (ver figura 5)

Figura 5: Tubo niple galvanizado



Fuente: [2]

- Conector en tee (ver figura 6)

Figura 6: Conexión tee 1/4" NPT



Fuente: [3]

- Reducción campana galvanizada (ver figura 7)

Figura 7: Reducción campana galvanizada de 1/2" a 1/4" NPT



Fuente: [4]

4.4. MONTAJE DEL SISTEMA DE BOMBEO PORTATIL

Al tener definidos los equipos y materiales se realizó el montaje del sistema soldando unos de los puertos de la conexión en tee a una base de acero dejando a disposición los otros dos restantes para la instalación del tubo niple, la campana reductora para instalar luego el manómetro de prueba y posteriormente la bomba portátil de prueba como se visualiza en la figura 8.

Figura 8 Montaje del sistema con el manómetro de glicerina.



Fuente: Autores

4.5. PRUEBAS DE HERMETICIDAD Y AJUSTES

En el laboratorio de instrumentación industrial con ayuda del director del trabajo de grado y docente Brayan Tarazona y con el laboratorista Cristian Ramírez se realizaron pruebas y ajustes en las cuales consistieron en determinar la hermeticidad de las conexiones tanto en la

Autores: BRAYAN EDUARDO TARAZONA



bomba portátil como en el sistema experimental en donde se encuentra instalado el manómetro de prueba para que el sistema de bombeo neumático manual y funcional lo puedan utilizar los estudiantes de forma segura.

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO NEUMÁTICO MANUAL Y PORTÁTIL

5.1. ELEMENTOS PARA PRUEBAS

Los siguientes instrumentos que se utilizaron para la realización de las pruebas fueron dos manómetros análogos de diferente constitución y el banco de calibración de manómetros del laboratorio para la validación del proyecto. El primero es un manómetro seco con un rango de 100 PSI prestado por director de trabajo de grado. En la figura 9 se observa el manómetro a realizar las pruebas. El segundo instrumento es el manómetro de glicerina mencionado en el punto 4.3.3.

Figura 9 Manómetro seco ASHCROFT 1279 con sello de diafragma tipo 100



Fuente Autores

5.2. PRUEBAS

Teniendo el sistema de calibración portátil completamente ensamblado, se realizan las pruebas simuladoras de las prácticas de laboratorio.

De las seis prácticas que se planteó, solamente dos se realizaron para comprobar que el sistema de calibración es igual de eficaz que un módulo de calibración estándar. Para ello en ambos manómetros de prueba se indujeron el error de cero debido a que es uno de los errores más fáciles de corregir.

Para empezar, primero se desperezaron los manómetros de prueba aplicándoles presión hasta llevarlos a la presión nominal que de los indicadores a calibrar con el fin que las piezas internas no se encuentren muy expuestas a las fricciones mecánicas y alteren significativamente las pruebas.

Luego se dividieron las pruebas preliminares y de calibración entre el manómetro seco y glicerina con ambos equipos de calibración.

Para todas las pruebas se trabajaron en intervalos de 25% con el propósito de realizar un procedimiento más simple y práctico.

5.2.1. PRUEBAS EN MANOMETRO SECO

5.2.1.1. PRUEBAS PRELIMINARES

En la figura 10 se observa el error de cero que los autores indujeron anteriormente.

Figura 10 Error de cero en el manómetro seco con ambos equipos de calibración.



Fuente: Autores



Luego se registraron los datos de las pruebas preliminares en la tabla 2 de ambos equipos de calibración y con un manómetro seco marca ASHCROFT. Dónde:

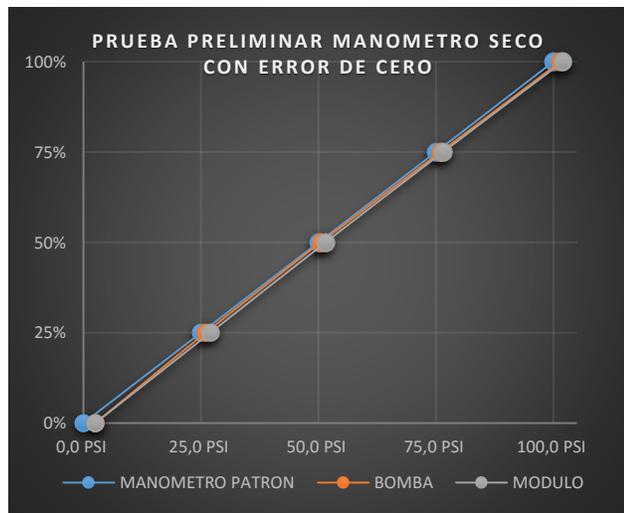
- Pct corresponde el porcentaje de medición.
- MP representa la medida patrón.
- SCP representa la medición obtenida por el sistema de calibración portátil.
- MC representa la medición obtenida por el módulo de calibración.

Manómetro Seco			
Pct (%)	MP (Psi)	SCP (Psi)	MC (Psi)
0	0	2,5	2,5
25	25	26	27
50	50	50,5	51,5
75	75	76	76,5
100	100	101,5	

Tabla 2 Datos de pruebas preliminares manómetro ASHCROFT

Con base en los datos de la tabla 2 se representan las curvas características de dichas mediciones las cuales demuestran el error de cero en la figura 11.

Figura 11 Identificación del error de cero en manómetro ASHCROFT



Fuente: Autores

5.2.1.2. CALIBRACION

Después de ajustar el manómetro (ver figura 12), bajo los lineamientos de la NTC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” [5], se realizaron cuatro pruebas.

Figura 12 Manómetro seco calibrado utilizando los dos equipos de calibración



Fuente: Autores

La tabla 3 representa las cuatro pruebas que constan de cuatro mediciones utilizando el sistema de calibración portátil, la tabla 4 representa las mismas condiciones de la tabla 3 con la diferencia que se utilizó el módulo de calibración. Donde:

- PPA significa la primera prueba que se realizó de forma ascendente.
- SPD significa la segunda prueba que se realizó de forma descendente
- TPA significa la tercera prueba realizada de forma ascendente.
- CPD significa la cuarta prueba realizada de forma descendente.

Manómetro Seco con Sistema de Calibración Portátil					
Pct (%)	MP (Psi)	PPA (Psi)	SPD (Psi)	TPA (Psi)	CPD (Psi)
0	0	0	0	0	0
25	25	25	25	25	25
50	50	49,5	49,5	49,5	49,5
75	75	74,5	74,5	74,5	74,5
100	100	99,5	99,5	99,5	99,5

Tabla 3 Datos de calibración manómetro ASHCROFT con el sistema portátil

5.2.2. PRUEBAS EN MANÓMETRO DE GLICERINA.

5.2.2.1. PRUEBAS PRELIMINARES.

Al igual que con el manómetro anterior, en la figura 14 los autores indujeron el error de cero para este indicador de presión.

Figura 14 Error de cero en el manómetro de glicerina con ambos equipos de calibración.



Fuente: Autores.

Manómetro Seco con Modulo de Calibración					
Pct (%)	MP (Psi)	PPA (Psi)	SPD (Psi)	TPA (Psi)	CPD (Psi)
0	0	0	0	0	0
25	25	25	25	25	25
50	50	50	50	50	50
75	75	75	75	75	75
100	100	100	100	100	100

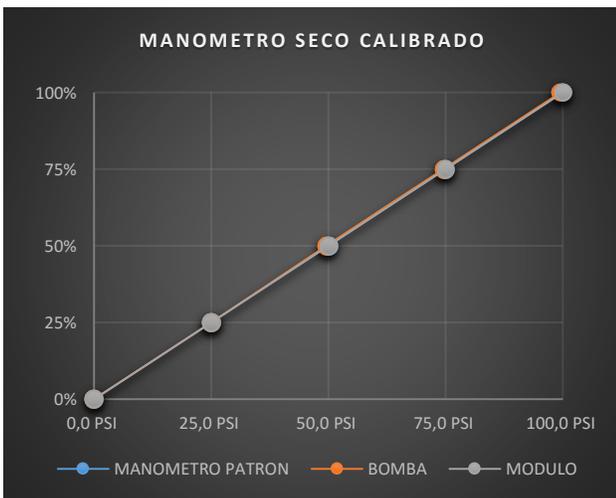
Tabla 4 Datos de calibración manómetro ASHCROFT con el módulo de calibración

Teniendo los datos de calibración de ambos equipos se promediaron dichos datos en la tabla 5 y posteriormente en la figura 13 se comprobó que el manómetro se encuentra calibrado y listo para operar.

Presión Promedio del Manómetro Seco		
MP (Psi)	SCP (Psi)	MC (Psi)
0	0	0
25	25	25
50	49,5	50
75	74,5	75
100	99,5	100

Tabla 5 Presiones promedio del manómetro ASHCROFT en ambos equipos de calibración

Figura 13 Grafica de calibración del manómetro ASHCROFT



Fuente: Autores.

Nuevamente se registraron los datos de las pruebas preliminares en la tabla 6 de ambos equipos de calibración y con en manómetro seco marca RITHERM. Dónde:

- Pct corresponde el porcentaje de medición.
- MP representa la medida patrón.
- SCP representa la medición obtenida por el sistema de calibración portátil.
- MC representa la medición obtenida por el módulo de calibración.

Manómetro de Glicerina			
Pct (%)	MP (Psi)	SCP (Psi)	MC (Psi)
0	0	9	9
25	25	32	34
50	50	56	57
75	75	80	80
100	100	106	107

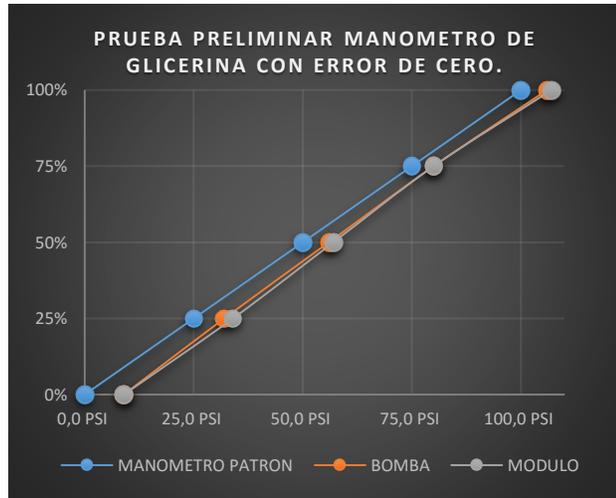
Tabla 6 Datos de pruebas preliminares manómetro RITHERM

Autores: BRAYAN EDUARDO TARAZONA



Con base en los datos de la tabla 6 se representan las curvas características de dichas mediciones las cuales demuestran el error de cero en la figura 15

Figura 15 Identificación del error de cero en manómetro RITHERM



Fuente: Autores.

5.2.2.2. CALIBRACION

Al ajustar el manómetro (ver figura 16), se realizó el proceso de toma de datos siguiendo el mismo procedimiento aplicado en el manómetro seco y resaltando la información obtenida en la tabla 7 y tabla 8.

Figura 16 Manómetro de glicerina calibrado utilizando los dos equipos de calibración



Fuente: Autores.

Autores: BRAYAN EDUARDO TARAZONA

Manómetro de Glicerina con Sistema de Calibración Portátil					
Pct (%)	MP (Psi)	PPA (Psi)	SPD (Psi)	TPA (Psi)	CPD (Psi)
0	0	0	0	0	0
25	25	27	27	27	27
50	50	50	50	50	50
75	75	74	74	74	74
100	100	98	98	98	98

Tabla 7 Datos de calibración manómetro RITHERM con el sistema portátil

Manómetro de Glicerina con Modulo de Calibración					
Pct (%)	MP (Psi)	PPA (Psi)	SPD (Psi)	TPA (Psi)	CPD (Psi)
0	0	0	0	0	0
25	25	28	28	28	28
50	50	50	50	50	50
75	75	74	74	74	74
100	100	98	98	98	98

Tabla 8 Resultados de calibración manómetro RITHERM con el módulo de calibración

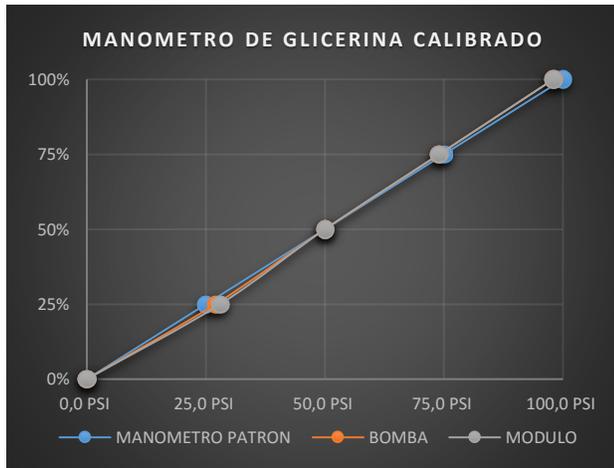
Una vez más, se promediaron las lecturas de las presiones adquiridas de ambos equipos en la tabla 9 y se graficaron dichos datos vistos en la figura 17.

Presión Promedio del Manómetro de Glicerina		
MP (Psi)	SCP (Psi)	MC (Psi)
0	0	0
25	27	28
50	50	50
75	74	74
100	98	98

Tabla 9 Presiones promedio del manómetro RITHERM en ambos equipos de calibración



Figura 17 Grafica de calibración del manómetro RITHERM



Fuente: Autores

6. PORCENTAJE DE ERROR DE LOS EQUIPOS DE CALIBRACION.

En base a los datos obtenidos de las pruebas preliminares y en los procesos de calibración en los dos manómetros, se determina el porcentaje de error utilizando la siguiente ecuación.

$$\% E (FS) = \frac{(P_{Teorico} - P_{Real}) \times 100}{PNMP}$$

Donde:

- % E (FS) es el porcentaje de error en escala completa (FS: Full Scale por sus siglas en ingles)
- PNMP es la presión nominal del manómetro de prueba
- $P_{Teorico}$ es la presión del manómetro patrón en una escala determinada en función del porcentaje.
- P_{Real} es la presión del manómetro de prueba.

Dado que las presiones nominales de los manómetros de prueba son de 100 Psi, la ecuación anterior se modifica y se convierte en una ecuación simplificada.

$$\%E (FS) = (P_{Teorico} - P_{Real})$$

6.1. PORCENTAJE DE ERROR EN EL MANÓMETRO SECO

Con la información recopilada en la tabla 2 que indican los valores de las pruebas preliminares se calcula el porcentaje de error que se presenta en el manómetro seco en los dos sistemas de calibración, los porcentajes de error se presentan en la tabla 10.

Manómetro Seco					
Pct (%)	MP (Psi)	SCP (Psi)	%E (FS)	MC (Psi)	%E (FS)
0	0	2,5	2,5	2,5	2,5
25	25	26	1	27	2
50	50	50,5	0,5	51	1
75	75	76	1	76,5	1,5
100	100	101,5	1,5	102	2
Promedio			1,3	Promedio	1,9

Tabla 10 Error promedio preliminar de los equipos de calibración. Manómetro ASHCROFT

Tomando los datos obtenidos en la tabla 5 que representan los valores promedios de las pruebas de calibración se determinó el porcentaje de error en los dos sistemas de calibración, representados en la tabla 11.

Presiones Promedio del Manómetro Seco					
Pct (%)	MP (Psi)	SCP (Psi)	%E (FS)	MC (Psi)	%E (FS)
0	0	0	0	0	0
25	25	25	0	25	0
50	50	49,5	0,5	50	0
75	75	74,5	0,5	75	0
100	100	99,5	0,5	100	0
Promedio			0,3	Promedio	0

Tabla 11 Error promedio en las calibraciones de los equipos de calibración. Manómetro ASHCROFT.

6.2. PORCENTAJE DE ERROR EN EL MANOMETRO DE GLICERINA.

Nuevamente se recopilan los datos de las pruebas preliminares de la tabla 6 en el cual se calculó el porcentaje de error que se presenta en los dos sistemas de calibración reflejados en la tabla 12.



Manómetro de Glicerina					
Pct (%)	MP (Psi)	SCP (Psi)	%E (FS)	MC (Psi)	%E (FS)
0	0	9	9	9	9
25	25	32	7	34	9
50	50	56	6	57	7
75	75	80	5	80	5
100	100	106	6	107	7
Promedio			6,6	Promedio	7,4

Tabla 12 Error promedio preliminar de los equipos de calibración. Manómetro RITHERM

Tomando los datos obtenidos en la tabla 9 que representan los valores promedios de las pruebas de calibración se determinó el porcentaje de error en los dos sistemas de calibración, representados en la tabla 13.

Presiones Promedio del Manómetro de Glicerina					
Pct (%)	MP (Psi)	SCP (Psi)	%E (FS)	MC (Psi)	%E (FS)
0	0	0	0	0	0
25	25	27	2	28	3
50	50	50	0	50	0
75	75	74	1	74	1
100	100	98	2	98	2
Promedio			1	Promedio	1.2

Tabla 13 Error promedio en las pruebas de calibración de los equipos de calibración. Manómetro RITHERM.

6.3. PORCENTAJE DE ERROR TOTAL DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN PORTÁTIL

Se calculó a través de los datos de la tabla 10, la tabla 11 que corresponden a los valores del manómetro seco y los datos de la tabla 12 y tabla 13 que son del manómetro de glicerina, se genera la tabla 14 que representan el porcentaje de error total obtenido en los dos manómetros utilizando el sistema de calibración portátil.

Sistema de Calibración Portátil.		Preliminar (%)	Calibración (%)	% E (FS) promedio
		Manómetro Seco	1,3	0,3
	Manómetro Glicerina	6,6	1	3,8
%E (FS) Promedio Total				2,3

Tabla 14 Porcentaje de error total en el sistema portátil

6.4. PORCENTAJE DE ERROR TOTAL CON EL MÓDULO DE CALIBRACIÓN.

Nuevamente se calculó a través de los datos de la tabla 10, la tabla 11 que corresponden a los valores del manómetro seco y los datos de la tabla 12 y tabla 13 que son del manómetro de glicerina, se genera la tabla 15 que representan el porcentaje de error total obtenido en los dos manómetros utilizando el módulo de calibración.

Módulo de Calibración		Preliminar (%)	Calibración (%)	% E (FS) promedio
		Manómetro Seco	1,9	0
	Manómetro Glicerina	7,4	1,2	4,3
%E (FS) Promedio Total				2,62

Tabla 15 Porcentaje de error total en el módulo de calibración.

7. RESULTADOS Y ANALISIS

La razón por la cual el modulo tiene un porcentaje de error mayor es porque los autores que realizaron las pruebas quedaron expuestos al error de paralaje ya que el manómetro patrón que está instalado en el módulo es un instrumento análogo a diferencia del otro sistema desarrollado que consta de un patrón digital y está claro que los indicadores digitales están diseñados para suprimir los errores de paralaje e interpolación.

También se observó que el manómetro seco que según su fabricante, posee una exactitud de $\pm 0,5\%$ (escala completa) se encuentra dentro de sus parámetros. A diferencia del manómetro de glicerina que presenta una exactitud de $\pm 1\%$ (escala completa) se presentaron irregularidades en algunas medidas ya que en dichas lecturas registradas no cumple con las especificaciones del fabricante, por lo que se dedujo que este manómetro revisando la gráfica de ajuste presenta un leve error de histéresis.

En base a los resultados obtenidos en las pruebas, se cumplió el objetivo de desarrollar un sistema de bombeo neumático manual y funcional para la calibración de indicadores de presión siguiendo los lineamientos de la



normatividad vigente para entregar un sistema práctico y eficaz para que los estudiantes al fin logren reforzar los conocimientos teóricos en una serie de prácticas definidas. Para la realización y ejecución exitosa del proyecto se requirió conocimiento previo de las asignaturas de instrumentación industrial y neumática básica por parte de los autores, también se consultaron investigaciones relacionadas con el tema para dar soporte al proyecto.

Se entrega a la universidad un sistema práctico ya que no es robusto como otros módulos de calibración y de fácil transporte almacenados en una maleta, también cuenta con la opción de calibrar vacuómetros gracias a que la bomba neumática manual posee esa característica, el manómetro patrón digital que cuenta con la opción de alternar la unidad de presión convirtiéndolo en un equipo bastante amplio para calibrar manómetros de diferentes unidades de medida.

7.1. DERECHOS DE LOS USUARIOS

Los equipos y materiales que van a utilizar los estudiantes deben encontrarse en perfecto orden y aseo.

Solicitar el buen estado de los elementos y equipos.

Exigir la verificación del funcionamiento de los equipos y elementos solicitados.

Los estudiantes tienen derecho a la clase práctica, orientada por el docente y el conocimiento con anterioridad de las prácticas a realizar.

Obtener permisos en casos necesarios.

Recibir un trato cortés.

Recibir las advertencias necesarias que le permitan trabajar cumpliendo todas las normas de seguridad y de obligatorio cumplimiento.

7.2. DEBERES DE LOS USUARIOS

Dejar en perfecto estado de orden y aseo todos los equipos y manuales utilizados en la práctica.

En caso de ocasionar algún daño a los materiales y equipos lo debe reparar o pagar.

Debe mantener el orden y la disciplina durante la práctica.

Debe hacer un buen uso de los equipos y materiales durante las prácticas.

Preservar, cuidar y mantener en buen estado el material de enseñanza, instalaciones, equipos y bienes del laboratorio.

Cumplir con las normas de respeto y convivencia para el logro de una formación integral.

Cumplir con las normas de seguridad del laboratorio.

Solicitar al docente la aclaración de las dudas que se tengan de la práctica a realizar.

Avisar inmediatamente al docente acerca de las anomalías que se presenten en los equipos.

Acatar las instrucciones del docente y respetar sus decisiones de acuerdo con lo dispuesto en este reglamento.

Respetar a sus compañeros y trabajar en equipo en la realización de la práctica.

Mantener el área de trabajo en óptimas condiciones.

7.3. NORMAS DE TRABAJO DE OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO

El laboratorio debe permanecer en perfecto orden y aseo.

Cumplir con el horario de laboratorio establecido, para la realización de las prácticas.

Está prohibido el ingreso de comidas, bebidas, cigarrillos.

Está prohibido el ingreso de estudiantes con inadecuada presentación personal.

Está prohibido facilitar o propiciar el ingreso al laboratorio de personas no autorizadas.

Quince (15) minutos después de iniciar la práctica de laboratorio no se permite el ingreso de estudiantes al aula.

Todo estudiante debe estar debidamente preparado para la realización de la práctica.

Al finalizar la práctica el material y los equipos de trabajo deben dejarse limpios y ordenados.



La no presentación del pre informe y del informe el día de la práctica se calificará con cero (0.0).

La pérdida o deterioro por mal uso de un elemento, aparato o equipo, se cobra al estudiante responsable de la pérdida o deterioro. En caso de no encontrarse un responsable único, el grupo de la práctica correspondiente asumirá la responsabilidad y cubrirá los costos de reparación o de sustitución del equipo.

7.4. NORMAS DE SEGURIDAD

Quítese todos los accesorios personales que puedan producir accidentes como son anillos, pulseras, collares.

Está prohibido fumar, beber o comer en el laboratorio, así como dejar encima de la mesa del laboratorio algún tipo de prenda.

El pelo largo se llevará siempre recogido.

Sobre la mesa de trabajo solo debe hallarse el instrumental requerido para llevar a cabo la práctica.

Manipule los equipos de manera responsable y cuidadosa.

Si alguno de los equipos presenta anomalías repórtelo inmediatamente.

7.5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para evaluar la práctica del laboratorio se considerarán los instrumentos y porcentajes que el evaluador o guía de la práctica considere a su criterio.

En el caso de ser una investigación por parte de tesis o semilleros de investigación solo se tendrá en cuenta los resultados obtenidos para el análisis de las pruebas.

7.5.1 EL PRE-INFORME O PLAN DE TRABAJO.

Se presenta al iniciar cada experiencia, es un documento escrito a mano en computador que se elabora teniendo en cuenta la información suministrada necesaria para la realización de las pruebas. En el plan de trabajo el equipo refleja lo que va a ser su actividad en la práctica del día. En la figura 18 se visualiza el modelo del pre-informe

Figura 18 Modelo de pre-informe

IDENTIFICACIÓN									
PRACTICA N°					FECHA:				
NOMBRE DE LA PRÁCTICA:									
INTEGRANTES									
NOMBRE:					CÓDIGO:				
NOMBRE:					CÓDIGO:				
INGENIERIA ELECTROMECHANICA		GRUPO				DOCENTE:			
RESULTADOS DE APRENDIZAJE									
MARCO TEÓRICO									
PROCEDIMIENTO (MONTAJE Y EJECUCIÓN)									
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS									
<ul style="list-style-type: none"> • • • 									

Fuente: [6]

7.5.1. EL INFORME

Generalmente se entrega una semana después de haber realizado la práctica, aunque puede variar según las indicaciones del docente. Es un documento escrito a mano, en la figura 19 se muestra el formato del informe propuesto.

Tabla 16 Formato de informe

 <p>Elaborado por: Pedro Javier Almeida Castillo Gabriel García Carvajal Daniel Fernando Torres Salamanca Versión 1 – 22/Abril/2019</p>		<p>UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER</p>	
IDENTIFICACIÓN			
PROGRAMA ACADÉMICO	TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO		
ASIGNATURA: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL			
UNIDAD TEMÁTICA	CALIBRACION DE INDICADOR LOCAL DE PRESION TIPO BOURDON EN C		
PRACTICA 1	Ajuste Error Cero: Bomba Neumática Portátil.		
COMPETENCIA		CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
<p>Reconoce los instrumentos de medición local de presión, su tipología y los diferentes tipos de errores que pueden presentar.</p>		<ul style="list-style-type: none"> Identifica el tipo de error que presenta el indicador de presión local tipo Bourdon. Aplica el procedimiento de mantenimiento y calibración con base a la NTC-17025 	
ACTIVIDADES			
<p>1. MATERIALES Y EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Manómetro patrón digital marca SSI Technologies modelo MGA-300-A-9V Manómetro local tipo Bourdon marca RITHERM Rango 0-100 PSI (0-7 BAR) Tipo Bourdon C, con Glicerina. Manómetro local tipo Bourdon marca ASHCROFT Rango 0-100 PSI Tipo Bourdon C, con sello de diafragma Bomba manual neumática FLUKE 700PTP. Kit de destornilladores. Extractor y fijador de aguja Martillo de goma. Brocha de 1" Probador de fugas <p>2. INSUMOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Una botella de glicerina industrial Una botella de vasol desodorizado Toallas de papel Toalla o lamina Jabón en polvo. <p>3. PRECONCEPTOS</p> <p>3.1. CALIBRACIÓN.</p> <p>Es la comparación de las magnitudes medidas de un instrumento de proceso con respecto a un patrón de referencia en el cual se determina mediante los resultados el tipo de error que presenta el elemento de medida. No debe confundirse calibración con ajuste, ya que el ajuste consiste en corregir los errores que presentan los medidores por medio de métodos establecidos por una entidad de metrología. (Yepes Piquera, 2016)</p>			

3

Fuente Autores

7.5.2. COMPETENCIAS Y USO PARA INVESTIGACIONES.

Para la realización de la practica se procura que el estudiante adquiera las competencias necesarias sobre la temática tratada, realizando la operación de un sistema de bombeo neumático manual y funcional para la calibración de indicadores de presión. Es necesario tener en cuenta la siguiente guía práctica de manejo, la cual nos indicara los parámetros y condiciones iniciales para la operación del mismo.

7.5.2.1. UBICACIÓN DEL MATERIAL DE ESTUDIO.

Este sistema de bombeo de calibracion portatil se ubicara en el laboratorio de instrumentacion para su uso, se puede colocar encima de cualquier superficie plana



7.5.2.2. MANEJO BOMBA PORTATIL

Para el manejo adecuado de la bomba de calibracion portatil se deja un manual de practicas e instrucciones del equipo de utilizacion para que cualquier estudiante de las Unidades Tecnologicas de Santander pueda interacturar con el, pueda realizar investigaciones con el fin de mejorar el sistema o potenciar la herramienta.

8. REFERENCIAS

- [L. J. Castillo, «Manómetros,» [En línea]. Available: 1 <https://www.monografias.com/trabajos15/manometros/manometros.shtml>.
- [Doitcenter, «Niple galvanizado de 1/4",» [En línea]. 2 Available:] <https://www.doitcenter.com.pa/products/niple-galvanizado-de-1-9>. [Último acceso: 15 Julio 2019].
- [Homedepot, «Tee galvanizada 1/4 npt,» [En línea]. 3 Available:] <http://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/valvulas-y-llaves/te-galvanizada-1-4-527699>. [Último acceso: 15 Julio 2019].
- [Homedepot, «REDUCCION CAMP GALV 1/2X1/4 4 (13X6MM),» [En línea]. Available:] <https://www.homedepot.com.mx/valvulas-y-llaves/reduccion-campana-galvanizada-1-2-x-1-4-604745>. [Último acceso: 15 Julio 2019].
- [ICONTEC, «NTC 17025 Requisitos generales para la 5 competencia de los laboratorios de ensayo y calibracion.,» 26 Octubre 2005. [En línea]. Available:] https://www.invima.gov.co/images/pdf/red-nal-laboratorios/resoluciones/NTC-ISO-IEC_17025-2005.pdf.
- [F. H. Hormiga Barrera, J. Gonzalez Martinez y J. Pinto 6 Ayala, *SISTEMA PORTÁTIL FUNCIONAL, PARA LA CALIBRACIÓN DE INDICADORES E INTERRUPTORES DE PRESIÓN.*, Bucaramanga: Repositorio Institucional UTS, 2019.