



SEDE GUAYAQUIL

CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

Ingeniero Industrial

TEMA:

Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas Neumático para la Calibración de Presión de Manómetros en el rango de 0 a 6 bar y Vacuómetros en el rango de 0 a 600 milibar, en la Universidad Politécnica Salesiana en la sede Guayaquil

AUTORES:

Boris Joel Carriel Montoya

Oscar Iván Villacís Vargas

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Armando Fabrizzio López Vargas

Guayaquil, Marzo de 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Marzo de 2015

Boris Joel Carriel Montoya

C.I. 092341577-2

Oscar Iván Villacís Vargas

C.I. 092556695-2

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto, están dedicados a Dios ya que por su misericordia me ha entregado salud y los recursos necesarios para poder culminar con éxito este pasaje de mi vida.

Mis más sinceros agradecimientos están dirigidos hacia la Sra. Rosa Gómez y el Sr. Marcos Quinto, mis suegros y padres ya que ellos cuidaron de mis hijos durante todo este tiempo que permanecí en la universidad, dotándolos de amor y respeto.

Mayra Quinto, mi esposa, quien con su ayuda desinteresada como esposa y amiga, me brindó su total apoyo, para la realización y culminación de esta tesis.

A mi familia que siempre estuvo atenta a la culminación de esta tesis, ya que siempre estuvieron atentos a mis necesidades y me brindaron su apoyo aunque no económico pero si sentimental y emocional.

Boris Joel Carriel Montoya

AGRADECIMIENTO

Agradezco la culminación de esta etapa de mi vida, principalmente a Dios Padre que me lleno de templanza y conocimiento para cumplir este objetivo tan anhelado

Doy las gracias a cada uno de mis familiares por su incondicional apoyo, ya que ellos han sido luz de buena a venturanza con sus consejos lo que me ha dado la fuerza necesaria para cumplir este objetivo.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana y la Fábrica de Envases Fadesa S.A., por ser las instituciones protagonista de este paso fundamental en mi vida como ser humano.

Un agradecimiento especial a mi tutor de tesis el Ing. Armando López Vargas, por su consejo y apoyo desinteresado que con su paciencia y dedicación guió este proyecto tan anhelado.

Agradezco a mi compañero de Tesis Boris Joel Carriel Montoya por ser la mano amiga que me brindó su apoyo durante este trabajo final en mi carrera universitaria.

Oscar Iván Villacís Vargas

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mi madre que me dio mucho durante tantos años a cambio de nada, a mi compañero de tesis Oscar Villacís el cual con su desempeño y dedicación aportó en gran porcentaje a la realización y culminación de esta tesis.

A mi esposa Mayra Quinto quien me apoyo y alentó en todo momento para continuar y me dio su confianza durante este largo trayecto en la universidad.

A mis suegros Marco Quinto y Rosa Gómez, los cuales con su apoyo incondicional, fueron un pilar fundamental para la finalización de esta tesis.

A mis profesores y maestros quienes con sus enseñanzas impartidas lograron formar, en mi última etapa estudiantil las bases necesarias para la realización de esta tesis, invirtiendo su tiempo en llegar a nosotros por diferentes métodos de enseñanza, pero con un solo objetivo, formar profesionales que ayuden al desarrollo de sus familias y de su país.

A todos los que aportaron con un granito de arena para poder concluir esta tesis.

Para ellos con mucho respeto y aprecio es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes les debo por su apoyo incondicional.

Boris Joel Carriel Montoya

DEDICATORIA

Es de gran regocijo dedicar este trabajo de grado a Dios Todo Poderoso. A mis padres la Ing. Com. Ignacia Salome Vargas Mendoza y el Ing. Agro. Teófilo Oscar Villacís López por su entera dedicación y apoyo incondicional durante cada etapa de mi vida. A mi compañera, esposa y amiga Econ. Linda Cristal Romero Arreaga por ser fuente de inspiración constante. A mi padrino Lcdo. Francisco Martínez por sus enseñanzas y palabras de afecto. A mis hermanos, Pedro Adrián y Geanella Alejandra, por ser parte de mi vida.

Oscar Iván Villacís Vargas

ÍNDICE

PORTADA	I
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
AGRADECIMIENTO	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	XX
RESUMEN	XXIII

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Título	3
1.3. Delimitación del problema	4
1.3.1. Temporal	4
1.3.2. Espacial	4
1.3.3. Académica	4

1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Hipótesis	5
1.6.	Variables e indicadores	5
1.6.1.	Variable independiente	5
1.6.2.	Variable dependiente	5
1.6.3.	Variable interviniente	5
1.7.	Descripción de la propuesta	5
1.7.1	Alcance del proyecto y beneficios	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Metrología	7
2.2.	Clasificación de la metrología	8
2.2.1.	Metrología legal	8
2.2.2.	Metrología industrial	11
2.2.3.	Metrología científica	11
2.3.	Magnitud	12
2.3.1.	Clasificación de las magnitudes físicas	13
2.4.	Sistemas de unidades	16
2.4.1.	Sistema internacional de unidades	17

2.4.2. Sistema cegesimal de unidades	17
2.4.3. Sistema técnico de unidades	18
2.4.4. Sistema anglosajón de unidades	18
2.5. Terminología metrológica	19
2.5.1. Con referencia al instrumento	19
2.5.2. Con referencia de la localización de la variación	21
2.5.3. Con referencia al ancho de la variación	21
2.5.4. Con referencia a la variación del sistema	22
2.6. Presión	23
2.6.1. Tipos de presión	23
2.7. Compresor	25
2.7.1. Tipología y clasificación de los compresores	25
2.8. Bombas de vacío	31
2.9. Dispositivos distribuidores y controladores de presión	32
2.10. Controladores de presión	33
2.10.1. Válvulas de dirección o distribuidores	33
2.10.2. Válvula anti-retorno	34
2.10.3. Válvulas de regulación de presión y caudal	34
2.11. Unidades de mantenimiento	35
2.11.1. Funcionamiento de las unidades de mantenimiento	35
2.11.2. Componentes de la unidad de mantenimiento	37

2.11.3. Selección de una unidad de mantenimiento de aire	42
2.11.4. Conservación de las unidades de mantenimiento	42
2.12. Instrumentos para medir presión positiva y negativa	44
2.12.1. Manómetro	44
2.12.2. Vacuómetros	45
2.12.3. Transductores de presión	45
2.12.4. Manovacúmetro	46
2.13. Tipos de bancos de ensayo metrológico de presión	46
2.13.1. Banco de pruebas con cargo o peso muerto	47
2.13.2. Banco de pruebas por contrastación de un manómetro patrón	48
2.13.3. Banco de pruebas usando bomba para generar presión y vacío	48
2.13.4. Banco de pruebas mediante simulación digital	49

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Marco metodológico	50
3.1.1. Investigación exploratoria	50
3.1.2. Investigación explicativa	50
3.1.3. Investigación descriptiva	50
3.2. Diseño de la investigación	50
3.2.1. Investigación de campo	51
3.2.2. Investigación documental	51

3.3.	Población y Muestra	51
3.3.1.	Población	51
3.3.2.	Muestra	52
3.4.	Procesamiento de datos	55
3.4.1.	Encuesta-Personal docente	55
3.4.2.	Encuesta-Estudiantes	61

CAPÍTULO IV

DISEÑO, SIMULACIÓN Y ENSAMBLE DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1.	Síntesis	68
4.2.	Estudio y elección de instrumentos patrones	68
4.2.1.	Jerarquía de calibración	69
4.2.2.	Elección de patrones de referencia	70
4.3.	Cálculo y elección del elemento generador de presión	74
4.4.	Selección de los accesorios neumáticos que forman la parte metrológica	78
4.5.	Diseño estructural del banco de pruebas	86
4.6.	Simulación neumática	86
4.7.	Ensamble	88
4.7.1.	Selección de materiales para el banco de prueba	88
4.7.2.	Construcción del banco de pruebas neumático	90
4.8.	Monitoreo y control de fugas	97

CAPÍTULO V

PUESTA EN MARCHA, PRÁCTICAS METROLÓGICAS Y RESULTADOS

5.1.	Elaboración de procedimiento de calibración	98
5.1.1.	Procedimiento de calibración de instrumentos de presión UPS-Guayaquil	99
5.2.	Ejercicio Modelo para la calibración de manómetro	112
5.2.1.	Cálculo de índice de calidad de la calibración de manómetros	112
5.2.2.	Registro de datos manómetros	113
5.2.3.	Cálculo de incertidumbre manómetros	114
5.2.4.	Cálculo de capacidad de manómetros	120
5.3.	Ejercicio Modelo para la calibración de vacuómetros	121
5.3.1.	Cálculo de índice de calidad de la calibración de vacuómetros	121
5.3.2.	Registro de datos vacuómetros	122
5.3.3.	Cálculo de Incertidumbre vacuómetros	123
5.3.4.	Cálculo de capacidad de vacuómetros	129

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

6.1.	Costo total del proyecto	130
6.1.1.	Costo de los materiales	130
6.1.2.	Costo de mano de obra	132
6.2.	Costo de inversión del proyecto	132
6.2.	Proyección económica	133
6.2.	Evaluación del Proyecto	134

Conclusiones	133
Recomendaciones	134
Bibliografía	135
Anexos	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de la metrología	8
Figura 2: Estructura general legal de metrología	10
Figura 3: Clasificación de las magnitudes físicas	13
Figura 4: Sistemas de unidades	16
Figura 5: Linealidad	21
Figura 6: Repetibilidad	21
Figura 7: Reproducibilidad	22
Figura 8: Tipología y clasificación de los compresores	26
Figura 9: Compresor de tornillo	28
Figura 10: Compresor de lóbulos	29
Figura 11: Válvulas direccionales	33
Figura 12: Válvula anti-retorno	34
Figura 13: Válvula reguladora de caudal	34
Figura 14: Unidad de mantenimiento	37
Figura 15: Filtro de aire	37
Figura 16: Válvula reguladora de presión	39
Figura 17: Lubricación de aire comprimido	41
Figura 18: Silenciador de aire	43
Figura 19: Manómetro	45
Figura 20: Vacuómetro	45
Figura 21: Transductor de presión	46
Figura 22: Manovacúmetro	46
Figura 23: Banco de pruebas con cargo o peso muerto	47
Figura 24: Banco de pruebas por contrastación de un manómetro patrón	48

Figura 25: Banco de pruebas usando bomba para generar presión y vacío	49
Figura 26: Banco de pruebas mediante simulación digital	49
Figura 27: Procesamiento de datos	55
Figura 28: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°1	56
Figura 29: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°2	57
Figura 30: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°3	59
Figura 31: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°4	60
Figura 32: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°5	61
Figura 33: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°1	62
Figura 34: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°2	63
Figura 35: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°3	64
Figura 36: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°4	65
Figura 37: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°5	67
Figura 38: Estructura piramidal de la jerarquía metrológica	69
Figura 39: Manómetro patrón	74
Figura 40: Vacuómetro patrón	74
Figura 41: Compresor de aire	75
Figura 42: Unidad de mantenimiento	78
Figura 43: Válvula reguladora de presión	79
Figura 44: Válvula reguladora de depresión	80
Figura 45: Válvula tipo venturi	81
Figura 46: Silenciador	82
Figura 47: Llave de paso	83
Figura 48: Conector rápido	84
Figura 49: Manguera flexible	85

Figura 50: Paso 1- Simulación neumática	86
Figura 51: Paso 2- Simulación neumática	87
Figura 52: Paso 3- Simulación neumática	87
Figura 53: Paso 4- Simulación neumática	88
Figura 54: Estación de trabajo	89
Figura 55: Panel didáctico HID	89
Figura 56: Corte de partes y piezas del banco de pruebas neumático	90
Figura 57: Ensamble de perfiles del banco de pruebas neumático	91
Figura 58: Colocación de planchas y divisiones	91
Figura 59: Esmerilado de excesos de soldadura	92
Figura 60: Conformación de medidas para la elaboración de cajoneras	92
Figura 61: Conformación de medidas para la construcción de puertas en la zona del compresor	93
Figura 62: Acople de puertas y cajoneras	93
Figura 63: Ubicación del compresor dentro de la estructura	94
Figura 64: Conexión de la red primaria de aire	94
Figura 65: Instalación de los elementos neumáticos	95
Figura 66: Perforaciones para la sujeción del tendido neumático	95
Figura 67: Ubicación de los patrones de presión y vacío	96
Figura 68: Banco de pruebas metrológicas	96
Figura 69: Equipo controlador de fugas	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conceptos Específicos de Magnitud	12
Tabla 2: Conceptos Genéricos para Magnitudes Individuales	13
Tabla 3: Unidades Básicas	14
Tabla 4: Magnitudes Derivadas	15
Tabla 5: Magnitudes Suplementarias	16
Tabla 6: Terminología Metrológica con referencia al instrumento (Parte 1)	19
Tabla 6: Terminología Metrológica con referencia al instrumento (Parte 2)	20
Tabla 7: Terminología Metrológica con referencia de la localización de la variación	21
Tabla 8: Terminología Metrológica con Referencia al ancho de la variación (Parte 1)	21
Tabla 8: Terminología Metrológica con Referencia al ancho de la variación (Parte 2)	22
Tabla 9: Terminología Metrológica con Referencia a la variación del Sistema	22
Tabla 10: Estratificación de la Población UPS-G/Carrera Ing. Industrial	52
Tabla 11: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°1	56
Tabla 12: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°2	57
Tabla 13: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°3	58
Tabla 14: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°4	59
Tabla 15: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°5	60
Tabla 16: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°1	62
Tabla 17: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°2	63
Tabla 18: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°3	64
Tabla 19: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°4	65

Tabla 20: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°5	66
Tabla 21: Grado de Instrumento	73
Tabla 22: Elección de Instrumentos Patrones de Presión y Vacío	73
Tabla 23: Elección de Compresor de Aire	75
Tabla 24: Cálculo de red de distribución	76
Tabla 25: Datos Técnicos Unidad de Mantenimiento	78
Tabla 26: Datos Técnicos Regulador de Presión	79
Tabla 27: Datos Técnicos Regulador de Vacío	80
Tabla 28: Datos Técnicos Válvula de Vacío	81
Tabla 29: Datos Técnicos Silenciador	82
Tabla 30: Datos Técnicos Llave de paso	83
Tabla 31: Datos Técnicos Conector rápido	84
Tabla 32: Datos Técnicos Manguera flexible	85
Tabla 33: Materiales	90
Tabla 34: Tipos de Incertidumbres	109
Tabla 35: Manómetro Patrón vs Instrumento	112
Tabla 36: Incertidumbre por repetibilidad - Presión	115
Tabla 37: Incertidumbre debida a la histéresis del mesurando - Presión	116
Tabla 38: Incertidumbre expandida - Presión	119
Tabla 39: Vacuómetro Patrón vs Instrumento	121
Tabla 40: Incertidumbre por repetibilidad - Vacío	124
Tabla 41: Incertidumbre debida a la histéresis del mesurando - Vacío	125
Tabla 42: Incertidumbre expandida - Vacío	128
Tabla 43: Costo de materiales utilizados en el proyecto	131
Tabla 44: Inversión total del proyecto	132

Tabla 45: Costos de inversión inicial	133
Tabla 46: Estado de índices financieros	134

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
CEM	Centro Español de Metrología
ISO	Organización Internacional de Estándares
SI	Sistema Internacional de Unidades
CGS	Cegesimal de Unidades
CETOP	Comité Europeo de Transmisiones oleo hidráulicas y Neumática
HID	Human Interface Device (Dispositivo de Interfaz Humana)
UPS	Universidad Politécnica Salesiana
TUR	Traceability Uncertainty Ratio (Trazabilidad de Incertidumbre)
N	Newtons
Hz	Hertz
w/sr	watt per steradian (watt por esteroradian)
st	Stones
Kg	Kilogramos
ft	Feet (pies)
in o ”	Inches (pulgadas)
mm	Milímetros
m	Metros
Km	Kilómetros
Kg/m	Kilogramo por metro
P	Presión
F	Fuerza
A	Área
h	Altura
g	Gravedad
ρ	Densidad
Hg	Mercurio
mmHg	Milímetros de Mercurio
inHg	Pulgadas de Mercurio

°C	Grados Celsius
HR	Humedad Relativa
%	Porcentaje
Ø	Diámetro
Pa	Pascales
hPa	Hectopascal
m/s	Metros por segundo
m ³ /h	Metro cúbico por hora
m ³ /min	Metro cúbico por minuto
kp/cm ²	Kilopondio por centímetro cuadrado
PSI	Pound Square Inches (Libras sobre pulgada cuadrada)
T	Temperatura
kw/h	Kilovatio por hora
cfm	Cubic feet per minute (pie cúbico por minuto)
Hp	Horse Power (Caballos de fuerza)
mlb	Milibar



CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
NEUMÁTICO PARA CALIBRACIÓN DE PRESIÓN EN MANÓMETROS Y
VACUÓMETROS, EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

Autores:

Boris Joel Carriel Montoya

boris.carriel@holcim.com

Oscar Iván Villacís Vargas

ovillacis@fadesa.com.ec

Director:

Ing. Armando López

“Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas Neumático para la Calibración de Presión de Manómetros en el rango de 0 a 6 bar y Vacuómetros en el rango de 0 a 600 milibar, en la Universidad Politécnica Salesiana en la sede Guayaquil.”

Resumen

El presente trabajo de grado tiene por objetivo diseñar e implementar un banco de pruebas neumático para la calibración de manómetros y vacuómetros, que servirá como elemento pionero en el futuro desarrollo del laboratorio de metrología de la Universidad Politécnica Salesiana en la sede Guayaquil. Esta idea nació del estudio estadístico realizado al entorno de la facultad de ingeniería industrial, donde los estudiantes y personal docente transmitieron la necesidad mediante una encuesta de campo, cabe indicar que este proyecto se lo realiza en el lapso de año y medio, en el periodo 2013-2015. Dentro de los objetivos específicos esta ofrecer un mecanismo capaz de emitir un diagnóstico real y cuantificable que sea trazable mediante una certificación metrológica, además de que este prototipo sea el medio necesario para que las clases impartidas sean teórico-prácticas, fortaleciendo las competencias académicas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial.

Para el desarrollo del diseño se realizó el estudio mediante el cálculo de los patrones de medición, del dispositivo de generación de aire y de los elementos adicionales que conforman el banco de ensayos. Una vez realizada la adquisición y posterior ensamble de cada uno de los instrumentos y accesorios se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento, obteniendo como resultado final un diseño didáctico capaz de simular los procesos de presión y vacío observados en la industria.

PALABRAS CLAVE: Diseñar, Implementar, Metrología, Trazable, Neumático, Manómetros, Vacuómetros.

“Design and Implementation of a Pneumatic Test Bench used to calibrate Pressure Gauges from 0 to 6 bar and Vacuum Gauges from 0 to 600 mbar, at Universidad Politécnica Salesiana in Guayaquil.”

Abstract

This Project is intended to design and implement a pneumatic test bench used to calibrate pressure and vacuum gauges, which will be used as the first test bench part of the development of metrology laboratory at Universidad Politécnica Salesiana in Guayaquil. The idea was born with a statistical study that was made for Industrial Engineering School, where students and teachers determined that this was necessary after a field survey; must be mentioned that this project was finished after one and a half year, between 2013 and 2015. As part of the specific goals, this project can offer a mechanism capable of deliver an accurate and reliable result which can be monitored through a metrological certification, besides this prototype could be used in order to have theoretical and practical grades, creating stronger academic competencies of all Industrial Engineering students.

To develop this design, an analysis was made by calculating measurement patterns of the air measuring device and also of each element included in the test bench. Once the purchase order was placed and after that all parts were assembled, several trials were performed; at the end, a didactical design was able to simulate pressure and vacuum processes related to the industry.

KEY WORDS: To design, to implement, metrology, to monitor, pneumatic, gauge, vacuum.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de gestión de calidad de las organizaciones están orientados a cumplir un sin número de regularizaciones y normativas. Dentro de la parte técnica surge el control metrológico de todos los instrumentos que dan aceptación y valoración a su producto. Debido a esto las empresas deben tener como herramientas de trabajo equipos e instrumentos de medición totalmente confiables, capaces de optimizar todo tipo de actividad que se realice con respecto a su proceso de fabricación, además de garantizar que el resultado obtenido de estos controles tenga validez universal. Todo este cúmulo de características otorga un valor agregado significativo para el cliente final, ya que lo llena de confianza al saber que su producto cumple con todos los estándares de calidad.

Sabemos también que las mediciones de presión son las más importantes que se hacen en la industria, sobre todo en aquellas de procesos continuos. La cantidad de instrumentos que miden presión positiva y negativa es muy amplia e incluso podemos decir que es mucho mayor que en cualquier otro tipo de instrumento conocido.

En vista que la Universidad Politécnica Salesiana en su sede Guayaquil, no cuenta con un área de estudio en el campo metrológico y por ende con un mecanismo capaz de analizar, desarrollar y cuantificar esta magnitud tan utilizada dentro del campo industrial, se propuso desarrollar un banco de pruebas de presión neumático con características experimentales y didácticas, con el fin de que los estudiantes desarrollen sus prácticas metrológicas de presión y vacío; y así aportar con un elemento que en un futuro forme parte del laboratorio metrológico establecido dentro de la facultad de Ingeniería, el cual ayude a mejorar las competencias académicas de

los estudiantes de carrera Industrial y sea un elemento que sirva de soporte a la práctica docente.

Este diseño permitirá conocer los principios generales que facultan esta magnitud, los tipos de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros, los principios de instalación y la trazabilidad que deben mantener dichos instrumentos de medición para obtener la más exacta lectura.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil no cuenta con un laboratorio destinado a la realización de ensayos metrológicos, lo que conlleva a que muchos alumnos de las carreras técnicas no experimenten de forma práctica lo aprendido teóricamente en las aulas; esto además de dejar un vacío en el aprendizaje ha causado que muchos estudiantes cometan errores por desconocimiento del principio de funcionalidad y aplicación de instrumentos en la industria.

Al no gozar de un laboratorio íntegramente compuesto, no se cuenta con un mecanismo capaz de evaluar alguna de las magnitudes más utilizadas en los procesos industriales como son: Longitud, Masa, Temperatura y Presión; lo que conlleva a que tampoco exista un procedimiento de prácticas experimentales en el campo metrológico.

Adicional a esto los sistemas de evaluación metrológicos no son de carácter didáctico y su costo es considerablemente elevado al momento de su adquisición.

1.2. Título

Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas Neumático para la Calibración de Presión de Manómetros y Vacuómetros, en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.3. Delimitación del Problema

1.3.1. Temporal.

El proyecto de tesis se lo plantea, se ejecuta y sustenta en lapso de Noviembre 2013 a Marzo 2015.

1.3.2. Espacial.

El proyecto de investigación se lo desarrollará dentro de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, considerando para su elaboración a los estudiantes egresados de la carrera de ingeniería industrial y a los docentes del área técnica.

1.3.3. Académica.

La delimitación académica es la obtención del título de “Ingeniero Industrial”

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar e Implementar un Banco de Pruebas Neumático para la Calibración de Presión de Manómetros y Vacuómetros, en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar, Simular y Construir un sistema híbrido para la generación de Presión y Vacío mediante accesorios neumáticos.
- Seleccionar los dispositivos, equipos y accesorios del Banco de Pruebas de presión.
- Elaborar el manual de prácticas para la calibración de manómetros industriales en el rango de 0 a 6 bar y vacuómetros en el rango de 0 a 600 milibares.
- Emitir un diagnóstico real y cuantificable que sea trazable mediante una certificación metrológica.

- Ofrecer un mecanismo de evaluación seguro y limpio mediante aire comprimido. Disminuir las emisiones de ruido generadas por el equipo generador de presión.

1.5. Hipótesis

¿El diseño y la implementación de un banco de pruebas neumático para calibración de presión y depresión permitirán que las clases impartidas sean teórico-prácticas, además de ser un mecanismo que contribuirá a fortalecer las competencias académicas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial?

1.6. Variables e Indicadores

1.6.1. Variable Independiente.

Diseñar e Implementar un Banco de Pruebas Neumático.

1.6.2. Variable Dependiente.

Calibración de presión de manómetros y depresión de vacuómetros en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.6.3. Variable Interviniente.

Competencias profesionales de la carrera de Ingeniería Industrial.

1.7. Descripción de la propuesta

1.7.1 Alcance del Proyecto y Beneficios.

Con este proyecto se abren las puertas por primera vez al estudio de la metrología experimental y práctica dentro de la Universidad politécnica en la sede Guayaquil.

El banco de pruebas neumático contará con un diseño de fácil operabilidad, capaz de simular los procesos de presión y vacío observados en los procesos productivos, lo cual permitirá la interacción plena del estudiante.

Este diseño contará con patrones trazables a las normas nacionales e internacionales, teniendo como sustento los respectivos certificados de calibración, garantizando así en un futuro todos los ensayos metrológicos.

Como acotación final debemos puntualizar que los sistemas de evaluación de presión y vacío actualmente ofertados en el mercado son totalmente independientes uno del otro, mientras que nuestro diseño es híbrido y tiene las bondades de realizar los dos controles en simultáneo.

Nota: *Este diseño es íntegramente de carácter didáctico, lo que se persigue demostrar es el correcto uso de elementos neumáticos para la generación de presión y vacío; Cualquier modificación para ampliar su rango de capacidad de maniobra va estar sujeta bajo el mismo esquema de diseño.*

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Metrología

La metrología es la ciencia que se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica. Algunas estadísticas señalan que entre un 60% y 80% de las fallas en una fábrica están relacionadas directamente con la falta de un adecuado sistema de aseguramiento metrológico. Este no solo se refiere al instrumento de medición, sino también al factor humano¹.

La metrología dentro de su campo abarca todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación.

La metrología es una herramienta clave para el comercio: un kilogramo, un metro o litro debe ser el mismo en Ecuador, España o Alemania. Entonces, tiene una gran importancia económica, ya que permite dar certeza respecto de las transacciones que se realizan.

Su aplicación es universal en muchas ciencias tan diversas como la medicina e industria farmacéutica, construcción, metalurgia, minería, la actividad pesquera y alimenticia, los sectores del cuero y textiles, el rubro del plástico y de la madera, entre otros.

¹ CELCIUS, 2014,
http://www.celsiusmetrologia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=36:i-que-es-la-metrologia&catid=13:noticias&Itemid=40, pág. 1.

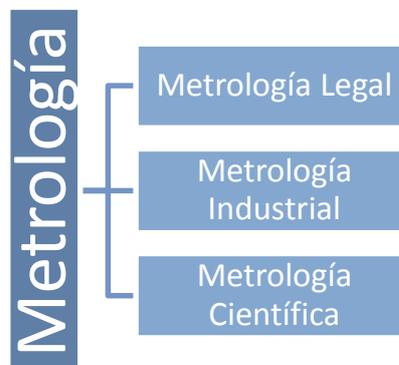
La metrología tiene como competencia el análisis de:

- a) Los métodos y procedimientos de medición.
- b) La evaluación y definición de los patrones de medida.
- c) La búsqueda de nuevas técnicas de medidas.
- d) El estudio de la técnica estadística para evaluar los resultados obtenidos durante la validación metrológica.

2.2. Clasificación de la Metrología

La metrología es tan extensa que existe un número muy amplio de subgrupos en las que se puede dividir esta ciencia de la medición. De manera resumida se la va a separar en tres grupos: Metrología Legal, Metrología Industrial y Metrología Científica, tal como lo indica la figura 1.

Figura 1: Clasificación de la Metrología



Fuente: Centro Nacional de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.2.1. Metrología Legal.

La Metrología Legal es la rama de la metrología, cuyo propósito es verificar la observancia de reglamentos técnicos y legales en lo referente a las unidades de medida, los métodos y procedimientos de medición, los instrumentos de medir y las

unidades materializadas². Es de suma importancia para las relaciones comerciales dentro de una sociedad, ya que mantiene la equidad y entre cada una de las partes, es decir que en términos de dinero al momento de realizar una transacción, el que produce, transforme, distribuya o el consumidor final está en su derecho que le den lo exacto en cuanto a la cantidad que se estableció, ni más ni menos. Los términos de medición como centímetro, metro, pulgada, etc.; son familiares en la sociedad, pero la importancia de ellos radica mucho más allá, el buen funcionamiento de los protocolos referentes a cada tipo de medición ya sea presión, masa, longitud, permite a los consumidores defenderse y establecer el equilibrio en las transacciones comerciales.

El comercio mundial, las exportaciones de los diferentes sectores de la economía a nivel internacional están en crecimiento, la importancia de la uniformidad mundial en las mediciones demanda un análisis efectivo para establecer los lineamientos a tomar en cuenta para evitar conflictos de interés y poder confiar en la corrección de los resultados de medición bajo una garantía gubernamental.

La correcta aplicación de la Metrología Legal promueve beneficios económicos y sociales. Alguno de ellos se detalla a continuación:

- Verificación de balanzas.
- Ayuda a evitar prácticas y competencia desleales.
- Obliga a las empresas a cumplir con disposiciones de fabricación o de servicios.
- Protege al consumidor de pagos en exceso
- Incrementa el nivel de calidad de los productos
- Aumenta la productividad

² Laboratorio Costarricense de Metrología, 2014, ¿Qué es la metrología Legal?, http://www.lacomet.go.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=177&Itemid=264

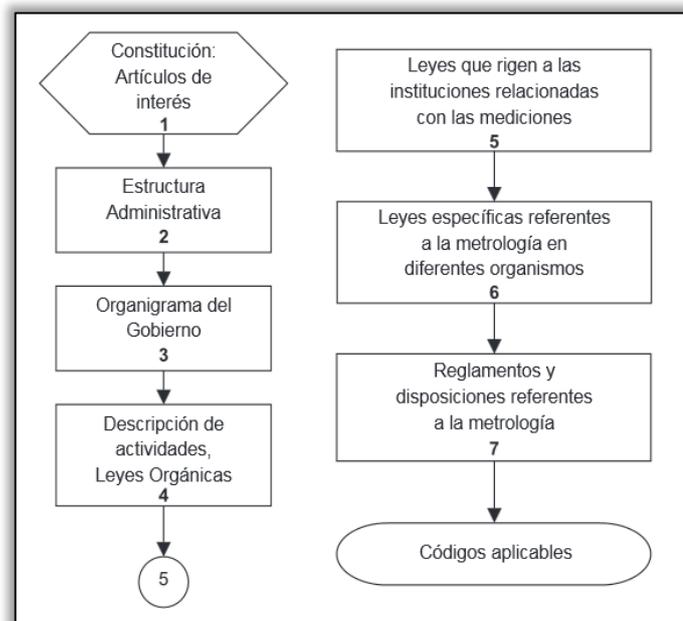
- Reduce los costos
- Disminuye los productos con defectos

En el Ecuador el INEN es el ente que se encarga de salvaguardar las mediciones nacionales hacia patrones internacionales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

Las leyes relacionadas con la metrología no son diferentes en cada país, las autoridades involucradas, con responsabilidades específicas, deben cubrir aspectos normativos, de responsabilidad de la infraestructura metrológica, de ejecución, de supervisión, de sanciones (Marbán & Pellecer, 2003). Cada país posee una estructura legal, financiera, económica, diferente de otra, por esta razón cada estructura legal se adapta a las necesidades de cada nación.

La figura 2 muestra a continuación un ejemplo general de una estructura legal de Metrología:

Figura 2: Estructura General Legal de Metrología



Fuente: Metrología Legal
Elaborado por: Marbán & Pellecer
Año: 2003

2.2.2. Metrología Industrial.

La metrología industrial constituye una herramienta fundamental para asegurar la calidad de los productos y procesos mediante la calibración de instrumentos de medición y la capacitación profesional del personal de la industria (Universidad Don Bosco, 2014, pág. 1).

Este tipo de metrología ayuda a las industrias en general a optimizar los diferentes procesos aportando un valor agregado al producto final, jugando un papel importante en términos de calidad conjuntamente promoviendo la competitividad Industrial.

“Las actividades que intervienen dentro del sistema de gestión son: la información sobre mediciones, las calibraciones, la trazabilidad, el servicio de calibración, el aseguramiento de la calidad, entre otras”. (Manuel Parra, 2012, pág. 3).

Cada una de las actividades que mejoran el sistema de gestión, contribuyen con el desarrollo de la compañía.

2.2.3. Metrología Científica.

Es la rama de la metrología que se ocupa de la organización y el desarrollo de los patrones de medida y de su mantenimiento (Centro Español de Metrología, 2014, pág. 1)

Es la parte de la Metrología que se ocupa a los problemas comunes a todas las cuestiones metrológicas. Se encarga de la investigación de unidades de medición, además de la custodia, mantenimiento y trazabilidad de los patrones, instrumentos, métodos y procedimientos; mediante un conjunto de acciones que apremian el desarrollo de patrones primarios de medición para las unidades base y derivadas del sistema internacional de unidades (SI). Se ocupa de los problemas teóricos y prácticos relacionados con las unidades de medida, como la estructura de un sistema

de unidades o la conversión de las unidades de medida en fórmulas (Manuel Parra, 2012, págs. 2,3). En términos sencillos se puede decir que dentro de la metrología científica se trabaja arduamente con el fin de mejorar las técnicas, y desarrollar nuevos procedimientos para la exactitud de las medidas con la meta de obtener procesos mucho más confiables.

2.3. Magnitud

Según (JCGM, 2008) considera la magnitud como la “propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia”. (p.15)

Para estudiar un fenómeno se debe conocer las características del mismo, como: tiempo, velocidad, temperatura, fuerza, etc. Cada una de las propiedades del fenómeno son magnitudes. Un ejemplo sería el lanzamiento de un balón de fútbol en este evento intervienen la fuerza, el tiempo, la velocidad, entre otros, a cada característica se le puede dar un valor numérico. La tabla 1 presenta los conceptos específicos de magnitud.

Tabla 1: Conceptos Específicos de Magnitud

longitud, l	radio, r
	longitud de onda, λ
energía, E	energía cinética, T
	calor, Q
Carga eléctrica, Q	
Resistencia eléctrica, R	
Concentración de cantidad de sustancia del constituyente B, c_B	
Concentración de número de partículas del constituyente B, C_B	
Dureza Rockwell C, HRC	

Fuente: Vocabulario General de Metrología

Elaborado por: Centro Español de Metrología

Año: 2008

La tabla 2 detalla los conceptos genéricos para magnitudes individuales.

Tabla 2: Conceptos Genéricos para Magnitudes Individuales

radio del círculo A, r_A o $r(A)$
longitud de onda de la radiación D del sodio, λ_D o $\lambda(D; Na)$
energía cinética de la partícula i en un sistema dado, T_i
calor de vaporización de la muestra i de agua, Q_i
Carga eléctrica del protón, e
Valor de la resistencia eléctrica i en un circuito dado, R_i
Concentración: cantidad de sustancia de etanol en la muestra i de vino, $c_i(C_2H_5OH)$
Concentración: número de eritrocitos en la muestra i de sangre, $C(Erc; Sg_i)$
Dureza Rockwell C de la muestra i de acero, HRC_i

Fuente: Vocabulario General de Metrología

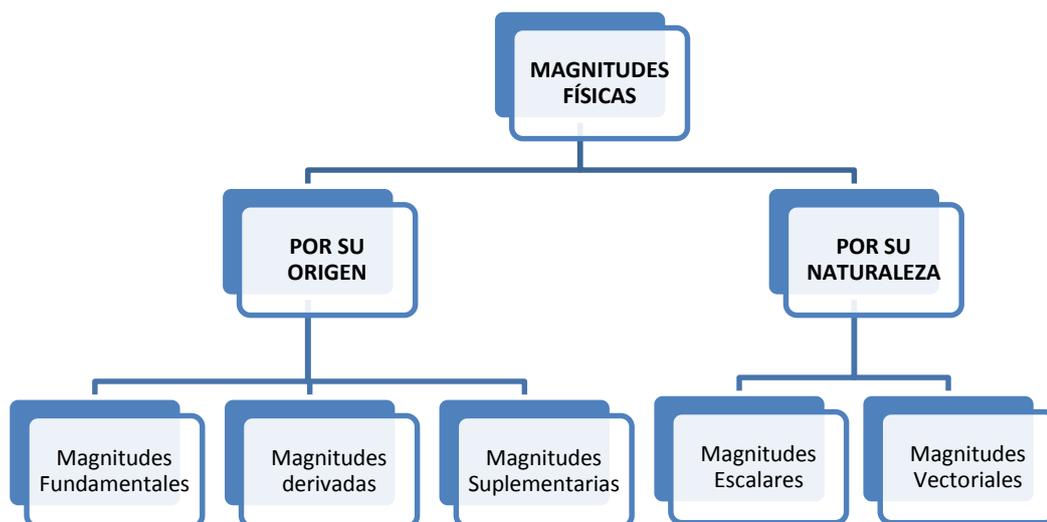
Elaborado por: Centro Español de Metrología

Año: 2008

2.3.1. Clasificación de las magnitudes físicas.

En la figura 3 se muestra con detalle la clasificación de las magnitudes físicas.

Figura 3: Clasificación de las Magnitudes Físicas



Fuente: Física General por E. Burbano, S. Burbano de Ercilla, C. Gracia Muñoz

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

POR SU ORIGEN:

Magnitudes Fundamentales.

Son aquellas magnitudes establecidas arbitrariamente y consideradas independientes, que sirven de base para escribir las demás magnitudes, como es el caso de la longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, intensidad luminosa y cantidad de sustancia, como lo indica la tabla 3.

Tabla 3: Unidades Básicas

Unidades Básicas			
Magnitud	Nombre	Símbolo	Rama de la Física
Longitud	metro	m	Mecánica
Masa	kilogramo	kg	
Tiempo	segundo	s	
Corriente eléctrica	Amper	A	Electromagnetismo
Temperatura	Kelvin	K	Termodinámica
Intensidad luminosa	candela	cd	Óptica
Cantidad de sustancia	mol	mol	Química Física

Fuente: Operaciones Básicas: Manual de aula por García, Esperanza

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Según (Moro Piñeiro, 2000, págs. 19,20) las unidades básicas se definen de la siguiente manera:

Metro: es la longitud recorrida por la luz en el vacío durante $1/299'792,458$ de segundo.

Kilogramo: masa del prototipo internacional del kilogramo conservado en BIPM

Segundo: duración de $9.192.631.770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

Amper: intensidad de una corriente constante que, mantenida en los conductores paralelos, rectilíneos de longitud infinita, de sección circular despreciable y situada a

una distancia de un metro el uno del otro en el vacío, produce entre estos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^7$ N por metro de longitud.

Kelvin: fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Candela: intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ HZ y cuya intensidad energética en esta dirección es de $1/683$ w/sr.

Mol: cantidad de substancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales (átomos, moléculas, iones, etc.) como átomos de carbono hay en $0,012$ kg de carbono 12.

Magnitudes Derivadas.

Una magnitud derivada es aquella que se obtiene mediante expresiones matemáticas a partir de las magnitudes fundamentales. En la tabla 4 aparecen algunas magnitudes derivadas junto a sus unidades.

Tabla 4: Magnitudes Derivadas

Unidades Derivadas				
Magnitud	Nombre	Símbolo	Definición	Magnitud Derivada de:
Fuerza	Newton	N	Kg m/s^2	Longitud, Masa y Tiempo
Energía	Joule	J	N m	Fuerza y Longitud
Presión	Pascal	Pa	N/m^2	Fuerza y Longitud
Potencia	Watt	w	J/s	Energía y Tiempo
Frecuencia	Hertz	Hz	1/s	Constante y Tiempo
Carga Eléctrica	Culombio	C	C	Corriente Eléctrica y Tiempo
Potencial Eléctrico	Voltio	V	J/C	Energía, Tiempo y Corriente Eléctrica
Momento de Fuerza	Torque	T	N m	Fuerza y Longitud

Fuente: Metrología: Aseguramiento metroológico Industrial Tomo 1 por el Instituto Tecnológico Metropolitano

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Magnitudes Suplementarias

Este tipo de unidades no son constantes físicas, se usan para evitar confundir dos unidades diferentes que tengan las mismas dimensiones. En la tabla 5 detalla con claridad estas magnitudes.

Tabla 5: Magnitudes Suplementarias

Unidades Suplementarias		
Magnitud	Nombre	Símbolo
Ángulo	radián	rad
Ángulo sólido	stero-radián	srad

Fuente: Magnitudes y Unidades SI Suplementarias propuestas como magnitudes y Unidades Básicas SI por Mario Melo Araya

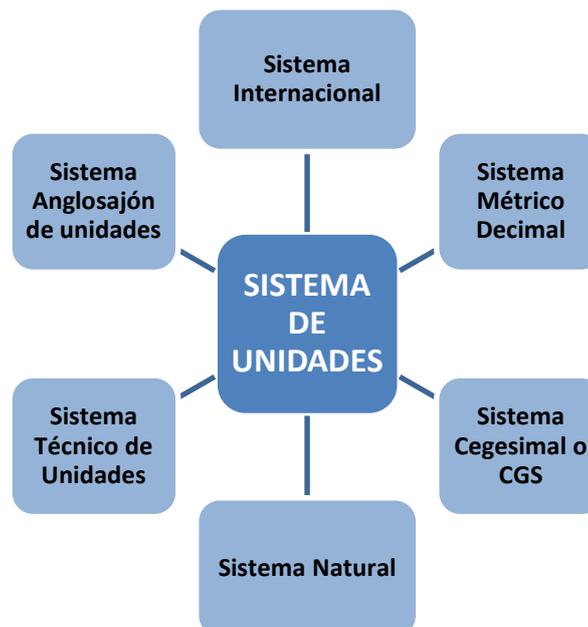
Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.4. Sistemas de Unidades

Se definen como el conjunto básico de unidades de medida a partir del cual se derivan el resto. En la figura 4 se muestra como evidencia los sistemas de unidades internacionalmente reconocidos a nivel de todo el mundo.

Figura 4: Sistema de Unidades



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_unidades

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Para nuestro estudio tomaremos como referencia el Sistema internacional de unidades, aunque se hará un breve repaso de los sistemas: SI, CGS, ST y el Sistema anglosajón de unidades.

2.4.1. Sistema Internacional de Unidades

El Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI, también denominado sistema internacional de medidas, es el más utilizado. Junto con el antiguo sistema métrico decimal, que es su antecesor. El SI también es conocido como sistema métrico, especialmente en las naciones en las que aún no se ha implantado para su uso cotidiano. Fue creado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

El sistema de magnitudes a utilizar con el SI, incluyendo las ecuaciones que relacionan las magnitudes, está formado, en realidad, por las magnitudes y ecuaciones de la física, bien conocidas por los científicos, técnicos e ingenieros³.

2.4.2. Sistema Cegesimal de Unidades

Según (Galán, 1987, pág. 10) El sistema cegesimal o sistema absoluto establecido por el congreso de Electricidad celebrado en París en el año 1881, mide todas las magnitudes en centímetros, gramos masa y segundos. Se le representa abreviadamente como C.G.S.

Este ha sido reemplazado casi en su totalidad por el Sistema Internacional de Unidades. Aunque en algunos campos técnicos perdura su existencia.

Este sistema cuenta con la ventaja de que la permitividad y la permeabilidad del vacío valen la unidad y, por tanto, que el desplazamiento resulta igual al campo eléctrico, y la inducción al campo magnético. (Ramírez & Jiménez, 2010, pág. 3.7)

³ Oficina Interacional de Pesas y medidas, Sistema Internacional de Unidades SI, 2001.

2.4.3. Sistema Técnico de Unidades

Un sistema técnico de unidades es cualquier sistema de unidades en el que se toman como magnitudes fundamentales la longitud, la fuerza, el tiempo y la temperatura.

No hay un sistema técnico normalizado de modo formal, pero es corriente aplicar este nombre específicamente al basado en el sistema métrico decimal y que toma el metro o el centímetro como unidad de longitud, el kilogramo-fuerza o kilopondio como unidad de fuerza, el segundo como unidad de tiempo y la kilocaloría o la caloría como unidad de cantidad de calor.

El sistema técnico decimal toma como unidades mecánicas la fuerza, la longitud, el tiempo y la masa es una magnitud derivada de estas a través de la segunda ley de Newton. Se dice que este sistema es gravitatorio porque en él la fuerza constituye una magnitud fundamental. (Merian & Craige, 2002, pág. 7)

2.4.4. Sistema Anglosajón de Unidades

En los países de habla inglesa se utiliza otro sistema de unidades, debido al desarrollo tecnológico de estos, es necesario conocer. Este sistema tiene a la yarda como unidad de longitud, y como submúltiplos más extendidos el pie (ft) y la pulgada (inch). La unidad más empleada es la pulgada (”), cuya equivalencia en el sistema métrico es de 1”=25,4 milímetros. En la actualidad se utilizan dos sistemas para clasificar los submúltiplos de la pulgada: La pulgada fraccional que es la que se ha venido utilizando hasta ahora y la pulgada decimal, que ha tomado cierto relieve sobre todo en los dibujos de ingeniería. En este sistema los distintos órdenes de submúltiplos se corresponden de diez en diez. (Gómez Morales, Águeda Casado, García Jiménez, & Martín Navarro, 2011, pág. 100)

El sistema anglosajón de medidas sin embargo no es decimal. Así por ejemplo, en el caso de las distancias una yarda tiene 3 pies y un pie 12 pulgadas. Por esta razón es necesario utilizar un sistema o una sola familia cuando hay que combinar diferentes magnitudes (Aguilar Gutiérrez, 2000, pág. 25).

2.5. Terminología metrológica

La terminología metrológica es el conjunto de términos y definiciones de conceptos fundamentales de esta ciencia física y sus demás aplicaciones; esta terminología puede estar representada con diagramas conceptuales que representan sus relaciones.

Los conceptos que infieren el análisis de la terminología metrológica están ligados al estudio con referencia al instrumento, con referencia al valor y localización de la variación, con referencia al ancho de la variación y con referencia a la variación del sistema, como lo señalan las tablas 6, 7, 8 y 9.

2.5.1. Con referencia al instrumento

Tabla 6: Terminología Metrológica con referencia al instrumento (Parte 1)

Terminología	Concepto
Medición	Proceso que consiste en una comparación de magnitudes compatibles, para obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden aplicarse reglamentariamente a una magnitud.
Instrumento de medida	Dispositivo que se utiliza para realizar mediciones, solo o en conjunto con uno o varios equipos o instrumentos suplementarios.
Magnitud	Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.
Patrón	Medida materializada con un valor dado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia para realizar calibraciones a instrumentos o sistemas de medidas.

Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 6: Terminología Metrológica con referencia al instrumento (Parte 2)

Terminología	Concepto
Resolución	Menor denominación de la magnitud medida de un instrumento, que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente distinguida de forma significativa.
Rango	Conjunto determinado por las variaciones de los valores mínimo y máximo de una magnitud que pueden ser medidos por el instrumento o sistema de medición.
Valor de Referencia	Valor de una magnitud que se utiliza como base de comparación con valores de magnitudes de la misma naturaleza.
Valor Verdadero	Valor de una magnitud compatible con la definición de magnitud.
Calibración	Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados mediante un instrumento de medición o un sistema de medición, con valores representados por una medida de material o un material de referencia.
Calibración del Instrumento	Establece las condiciones metrológicas de un instrumento o material de referencia fundamental, para asegurar la trazabilidad de los mismos.
Verificación	Confirmación de evidencia objetiva mediante un examen, de que un elemento cumple las exigencias especificadas.
Ajuste	Operación destinada a poner un instrumento de medición en un estado de funcionamiento mediante componentes físicos o mediante programas con el fin de compensar la curva de calibración y así eliminar los errores sistemáticos.
Corrección	Valor que, introducido algebraicamente al resultado no corregido de una medición, compensa un error sistemático asumido.
Límites de error permisible	Son los valores extremos de un error permitido, por especificaciones dadas o regulaciones, para determinado instrumento de medición.
Error	El error de una medida se define como: Error = resultado de medición - valor verdadero De lo que se puede definir qué: El error es la diferencia entre un resultado individual de una medición y el valor verdadero.
Confirmación metrológica	Conjunto de operaciones que se requieren para garantizar que un elemento del equipo de medición se encuentra en condiciones de cumplimiento de los requisitos relacionados con su utilización propuesta.
Trazabilidad	Propiedad del resultado de una medición, por medio de la cual dicho resultado se puede relacionar con patrones de medidas adecuados, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.5.2. Con Referencia de la localización de la variación

Tabla 7: Terminología Metrológica con Referencia de la localización de la variación

Terminología	Concepto
Estabilidad	Capacidad de un instrumento de medida de conservar sus características metrológicas en el tiempo.
Linealidad	<p>La linealidad expresa la correlación de errores de sesgo múltiple e independiente sobre el intervalo de operación.</p> <p style="text-align: center;">Figura 5: Linealidad</p>  <p>Fuente: LEAN SIGMA–FASE DE MEDICIÓN Propósito y herramientas 1 Elaborado por: Armando Salmeron Año: 2010</p>
Exactitud	Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud.
Precisión	Es la capacidad de reiterar la misma medida cerca o dentro de una misma zona.
Confiabilidad	Capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado.
Desviación	La desviación estándar es el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

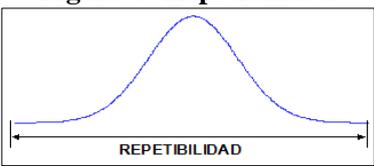
Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.5.3. Con Referencia al ancho de la variación

Tabla 8: Terminología Metrológica con Referencia al ancho de la variación (Parte 1)

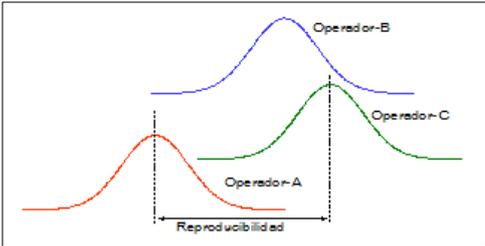
Terminología	Concepto
Repetibilidad	<p>Es la variación de las mediciones obtenidas con un instrumento de medición, cuando es utilizado varias veces por un operador, al mismo tiempo que mide las mismas características en una misma parte. Es referido como variación del equipo.</p> <p style="text-align: center;">Figura 6: Repetibilidad</p>  <p>Fuente: LEAN SIGMA–FASE DE MEDICIÓN Propósito y herramientas 1 Elaborado por: Armando Salmeron Año: 2010</p>

Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 8: Terminología Metroológica con Referencia al ancho de la variación (Parte 2)

Terminología	Concepto
Sensibilidad	Es la relación que existe entre la variación del instrumento y la del efecto medido, en otras palabras es la magnitud más pequeña que puede captar el instrumento.
Capacidad de medición	La capacidad de medición está directamente relacionada con las características y especificaciones metroológicas de los instrumentos de medición, dependiendo unilateralmente de rango de operabilidad.
Reproducibilidad	<p>Es la variación, entre promedios de las mediciones hechas por diferentes operadores que utilizan un mismo instrumento de medición cuando miden las mismas características en una misma parte.</p> <p style="text-align: center;">Figura 7: Reproducibilidad</p>  <p>Fuente: LEAN SIGMA–FASE DE MEDICIÓN Propósito y herramientas 1 Elaborado por: Armando Salmeron Año: 2010</p>
Estudio R&R	Es un métodos de estudio que enlaza el análisis de repetibilidad y reproducibilidad en un ensayo metroológico, ya que encuentra aplicación en los procesos de evaluación, validación y análisis de las mediciones. Este sistema se basa en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango estadístico (máximo - mínimo) o su representación como varianzas o desviaciones estándar.

Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.5.4. Con Referencia a la variación del sistema

Tabla 9: Terminología Metroológica con Referencia a la variación del Sistema

Terminología	Concepto
Capacidad	La capacidad es el atributo físico o químico que tiene un elemento para realizar una determinada tarea en los márgenes de tolerancia establecidos por el ente evaluador.
Rendimiento	Es el cociente entre el trabajo útil en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo total entregado en ese intervalo.
Incertidumbre de medición	Es la forma de que para un mensurado y su resultado de medición dado, no hay un solo valor, sino un número infinito de valores dispersos alrededor del resultado, que son consistentes con todas las observaciones datos y conocimientos que se tengan del mundo físico, y que con distintos grados de credibilidad pueden ser atribuidos al mensurado.

Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.6. Presión

La presión es una de las magnitudes de mayor uso en la industria a nivel mundial, dado que con ella es posible obtener el valor de diferentes variables de proceso como son: el nivel de líquidos, el flujo de un fluido y la velocidad del aire.

Se define como una magnitud física que mide la fuerza ejercida en dirección perpendicular por unidad de superficie. La presión atmosférica se mide a través de un barómetro

Al clasificar los tipos de presión encontramos dos grandes clasificaciones:

- a) La presión relativa la cual tiene como punto de referencia la presión atmosférica y
- b) La presión absoluta la cual tiene como referencia el cero absoluto de presión.

Las presiones mayores a la presión atmosférica se entienden mejor bajo el concepto de que la presión es igual a fuerza por unidad de área ($P = F/A$), mientras que las presiones alrededor de la atmosférica y de presión diferencial toman el concepto de presión hidrostática ($P = \rho \times \sum g \times \sum h$) y la presión de gas y el vacío absoluto relacionados con la ley de los gases ideales ($P = n \times \sum R \times \sum T / V$). (Gutierrez, 2002)

2.6.1. Tipos de presión

Presión atmosférica:

La presión necesaria para la vida en la tierra se conoce como presión atmosférica del aire. Se ocasiona por el peso de la atmósfera que rodea a la tierra hasta una altitud aproximada de 500 km. Desde la superficie de la tierra hasta esa altitud se produce una caída de presión constante, llegando a presión cero a los 500 km, es decir, presión absoluta cero. Para distinguirla de otros tipos de presión se caracteriza por el sufijo o subíndice atm. La presión atmosférica depende de los cambios climáticos,

tornándose como referencia la existente como valor medio a nivel del mar, denominado Atmósfera, o lo que es igual, 1,013 Bar o 760 mm Hg. Los cambios climáticos pueden hacer aumentar o disminuir la presión atmosférica en valores $\pm 5\%$. (Acedo Sánchez, 2006, pág. 26)

Según (Gutierrez, 2002) tenemos los siguientes tipos de presión:

Presión atmosférica normalizada:

Presión ejercida por la atmosfera bajo condiciones normalizadas, igual a 1 013,25 hPa (760 mmHg). La cual idealmente se presenta a una altitud de 0 m sobre el nivel medio del mar, temperatura ambiente de 20 $^{\circ}\text{C}$, humedad de 65 %HR y densidad del aire de 1,2 kg/m^3 .

Presión barométrica:

Presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (1013,25hPa).

Presión relativa:

También conocida como presión positiva o manométrica (en inglés gauge pressure). Presión mayor a la presión atmosférica local, medida con referencia a la presión atmosférica.

Presión relativa normalizada:

También conocida como presión a referencia constante o referencia sellada. Presión medida con referencia a la presión atmosférica normalizada de 1013,25 hPa.

Presión diferencial:

Es la presión que mide la diferencia entre dos presiones A o B, la presión relativa y vacío relativo son ejemplos de presión diferencial cuando la presión B es igual a la presión atmosférica local.

2.7. Compresor

Para producir aire comprimido se utilizan compresores, que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Todos los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central de generación. De esta manera no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada consumidor.

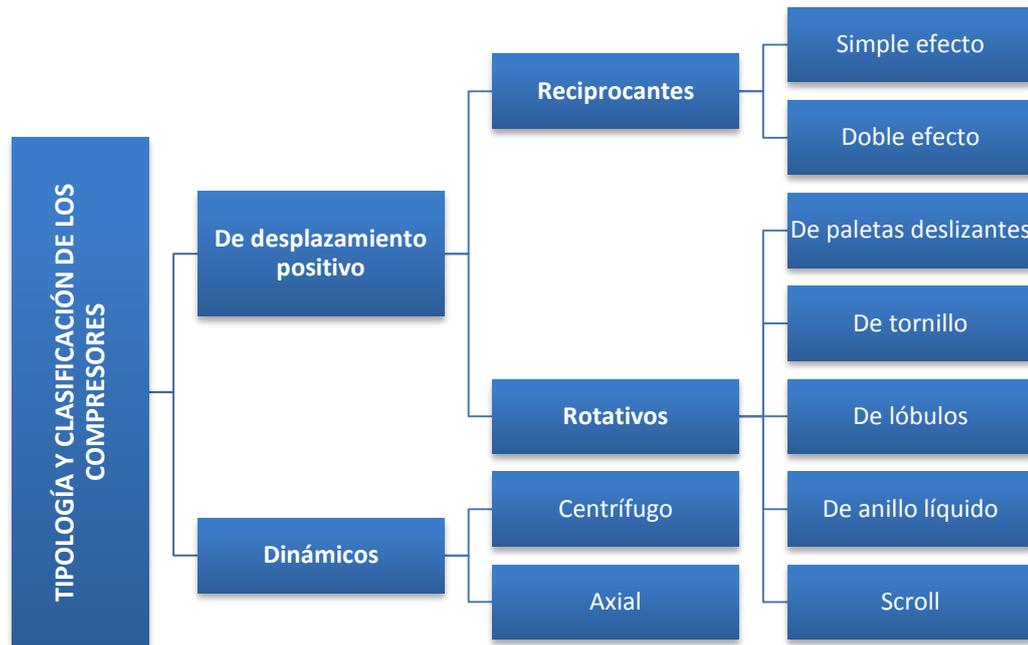
El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías. Las centrales de generación pueden ser fijas, como en la mayoría de las industrias, o móviles, como en la construcción o en máquinas que se desplazan frecuentemente.

Como norma general, al planificar una instalación, es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionarla, con el fin de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación posterior en el equipo generador supone gastos mayores que si se tiene en cuenta desde un principio.

2.7.1. Tipología y clasificación de los compresores

La práctica industrial moderna requiere, para múltiples usos, la compresión de gases y vapores.

Figura 8: Tipología y Clasificación de los compresores



Fuente: Dpto. Ingeniería Energética, Universidad de Sevilla – Prof. Juan F. Coronel Toro

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

El accionamiento de herramientas neumáticas y mecanismos de potencia, el enfriamiento intenso y concentrado, etc. son aplicaciones corrientes que demandan aire comprimido. Existe una gran diversidad de equipos para la compresión de aire y otros gases como se puede observar en la figura 8.

Compresores de desplazamiento positivo

Son unidades donde el incremento de presión se logra introduciendo un volumen de gas en espacio determinado, que posteriormente es reducido por medios mecánicos.

Estos tipos de compresores incrementan la presión directamente, reduciendo el volumen del gas. Sus características principales son las altas presiones y el bajo volumen que mueven. Se utilizan principalmente donde se requieren altas presiones.

Compresores Reciprocantes

Son los más antiguos y conocidos entre los compresores de desplazamiento positivo. En estos equipos el elemento principal de compresión es un pistón que se mueve alternativamente dentro de un cilindro, lográndose así la reducción del volumen del gas a comprimir, estos compresores pueden ser de doble o simple efecto, según si una o ambas caras del pistón realicen compresión sobre el fluido.

Los de simple efecto comprimen el aire en la parte superior del cilindro y normalmente son del tipo entrocado.

Los de doble efecto requieren un acople mediante crucetas, para procurar que el movimiento del vástago sea lineal, con lo cual puede lograrse una reducción en el largo del pistón, creándose dos cámaras de compresión, una por arriba y otra por abajo del mismo.

Compresores rotativos

Compresor de paletas deslizantes

Este tipo de compresores consiste básicamente de una cavidad cilíndrica dentro de la cual está ubicado en forma excéntrica un motor con ranuras profundas.

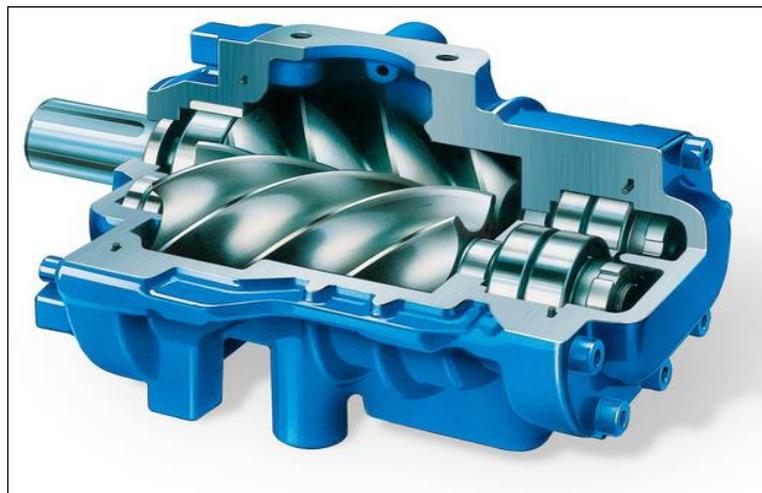
Unas paletas rectangulares se deslizan libremente dentro de las ranuras de forma que al girar el motor la fuerza centrífuga empuja las paletas contra la pared del cilindro. El gas al entrar, es atrapado en los espacios que forman las paletas y la pared de la cavidad cilíndrica es comprimida al disminuir el volumen de estos espacios durante la rotación.

Compresor de tornillo

La compresión por rotores paralelos puede producir-se también en el sentido axial con el uso de lóbulos en espira a la manera de un tornillo sin fin, como lo ilustra la figura 9. Acoplando dos rotores de este tipo, uno convexo y otro cóncavo, y haciéndolos girar en sentidos opuestos se logra desplazar el gas, paralelamente a los dos ejes, entre los lóbulos y la carcasa.

Las revoluciones sucesivas de los lóbulos reducen progresivamente el volumen de gas atrapado y por consiguiente su presión, el gas así comprimido es forzado axialmente por la rotación de los lóbulos helicoidales hasta primera descarga.

Figura 9: Compresor de Tornillo



Fuente:<http://www.logismarket.com.mx/tubrivalco/compresor-de-tornillo-lubricado/1813170746-3599752143-p.html>

Elaborado por: Mecalux México S.A de C.V.

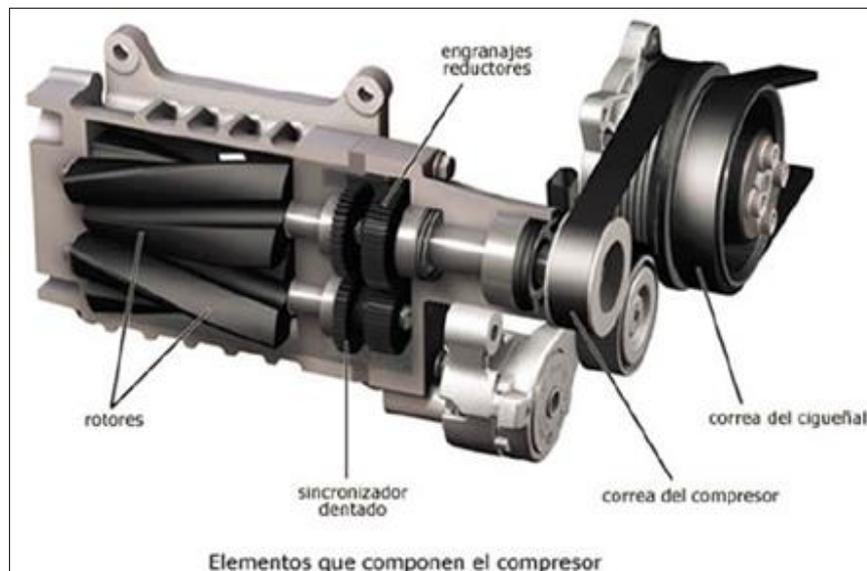
Año: 2014

Compresor de lóbulos (roots)

Se conocen como compresores de doble rotor o de doble impulsor aquellos que trabajan con dos rotores acoplados, montados sobre ejes paralelos, para una misma etapa de compresión. Una máquina de este tipo muy difundida es el compresor de

l6bulos mayor conocida como "Roots", de gran ampliaci3n como sobre alimentador de los motores di6sel o sopladores de gases a presi3n moderada. Los rotores, por lo general, de dos o tres l6bulos est1n conectados mediante engranajes exteriores. El gas que entra al soplador queda atrapado entre los l6bulos y la carcasa; con el movimiento de los rotores de la m1quina, por donde sale, no pudieron regresarse debido al estrecho juego existente entre los l6bulos que se desplazan por el lado interno, como lo indica la figura 10.

Figura 10: Compresor de L6bulos



Fuente: <http://www.volkspage.net/technik/tsi/>

Elaborado por: Volkswagen

Año: 2006

Compresor de anillo l6quido

Funciona con la intervenci3n de un l6quido auxiliar que, alternativamente, llena y abandona los alvéolos del rotor. En las paredes frontales de los laterales se encuentran aberturas colocadas de modo que una de ellas se comunica con los alvéolos que se vacían, mientras que la otra se comunica con los alvéolos que se llenan. Así, mientras que de una abertura el aire (o gas) es continuamente aspirado, por la otra 6l es descargado.

De ese modo, el aire (o gas) anteriormente aspirado se comprime, procesándose el transporte de aire (o gas) continuo y regular. El grado máximo de compresión alcanzada, depende de la energía adquirida por el líquido en movimiento y por lo tanto, de la naturaleza del mismo, como asimismo de la velocidad de rotación de los rotores. Los compresores pueden también suministrarse con separadores de líquidos auxiliares.

Compresor Tipo Scroll

Este compresor utiliza dos espirales para realizar la compresión del gas, las espirales se disponen cara contra cara siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga, la inferior es la espiral motriz.

Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies, el centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil, el movimiento orbital permite a las espirales crear bolsas de gas, y, como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen.

Compresores Dinámicos

Son máquinas de flujo continuo en donde se transforma la energía cinética (velocidad) en presión. En un compresor dinámico, el aumento de presión se obtiene comunicando un flujo de gas, cierta velocidad o energía cinética, que se convierte en presión al desacelerar el gas, cuando este pasa a través de un difusor. Este tipo de

compresores son los más utilizados en la industria, por su construcción sencilla, libre de mantenimiento ya que permite un mantenimiento continuo durante largos periodos. En este tipo de compresores tenemos: los centrífugos y los axiales.

Compresores centrífugos

El compresor centrífugo es un tipo de compresor que puede presentar un flujo radial, diagonal o una combinación de ambos. Las velocidades periféricas de las secciones medidas de entrada y salida son sustancialmente diferentes.

Este compresor cuenta con una pieza rotatoria y no requiere de aceites lubricantes ni de sellos de gas, lo que supone:

- Bajo costo de manufactura
- Poco mantenimiento
- Bajo costo de reparaciones
- Bajo costo de reemplazo

Compresores axiales

En estos compresores, el flujo del aire es paralelo al eje o al árbol del compresor y no cambia de sentido como en los centrífugos, cada etapa consta de aspas rotatorias y fijas. En un diseño de reacción de 50% la mitad del aumento de la presión ocurre en las aspas del rotor y las de la segunda mitad en las del estator.

2.8. Bombas de vacío

Las bombas de vacío son aquellos dispositivos que se encargan de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, formando un vacío parcial, también llegan a extraer sustancias no deseadas en el producto, sistema o proceso.

El funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo de las bombas de vacío.

Dos características esenciales de las bombas de vacío son la presión límite o también llamada presión mínima de entrada y el tiempo necesario para alcanzar dicha presión. Ambos factores no dependen necesariamente del tipo de bomba sino del recipiente a evacuar.

2.9. Dispositivos distribuidores y controladores de presión

Debe garantizar la presión y velocidad del aire en todos los puntos de uso. En las instalaciones neumáticas, al contrario de las oleo hidráulicas, no es necesario un circuito de retorno de fluido, ya que éste se vierte directamente a la atmósfera por un silenciador después de haber sido usado.

Criterios de diseño: Para que la red satisfaga las necesidades de la instalación debe mantener:

- Velocidad de circulación adecuada, de 6 a 10 m/s.
- Pérdida de presión baja, no superior a 0,1 kp/cm².
- Ser capaces de soportar posibles modificaciones futuras en cuanto a consumo.
- El material utilizado suele ser acero o plástico reforzado, dependiendo del uso.

Dimensionado de las tuberías

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con:

- El caudal

- La longitud de las tuberías
- La pérdida de presión (admisible) la presión de servicio la cantidad de estrangulamientos en la red.

En la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. Un nomograma ayuda a encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

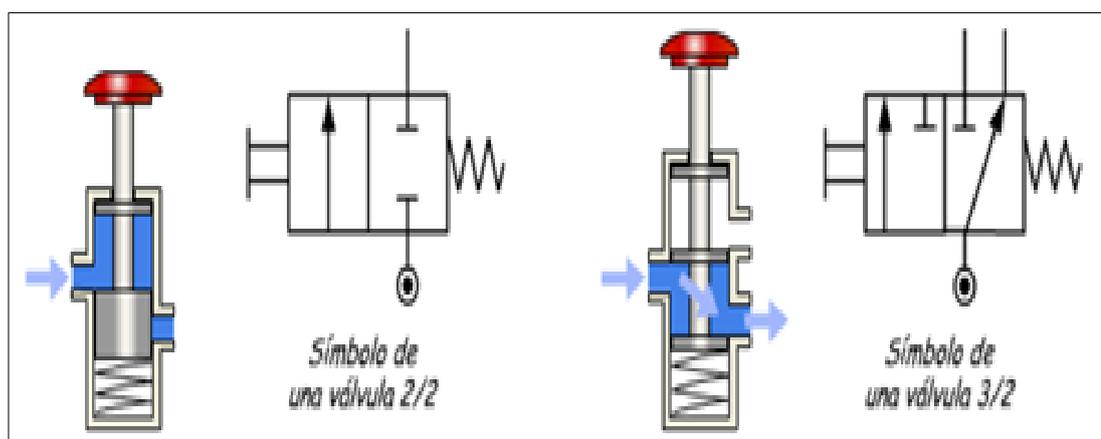
2.10. Controladores de presión

Son los encargados de regular el paso de aire desde los acumuladores a los elementos actuadores. Estos elementos, que se denominan válvulas, pueden ser activados de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos. La clasificación de estas válvulas se puede hacer en tres grandes grupos.

2.10.1. Válvulas de dirección o distribuidores

Estos elementos se definen por el número de orificios (vías), las posiciones posibles, así como la forma de activación y desactivación. La desactivación mecánica suele hacerse por muelle, como se evidencia en la figura 11.

Figura 11: Válvulas direccionales



Fuente: Festo – Fundamentos de Neumática

Elaborado por: Los Autores

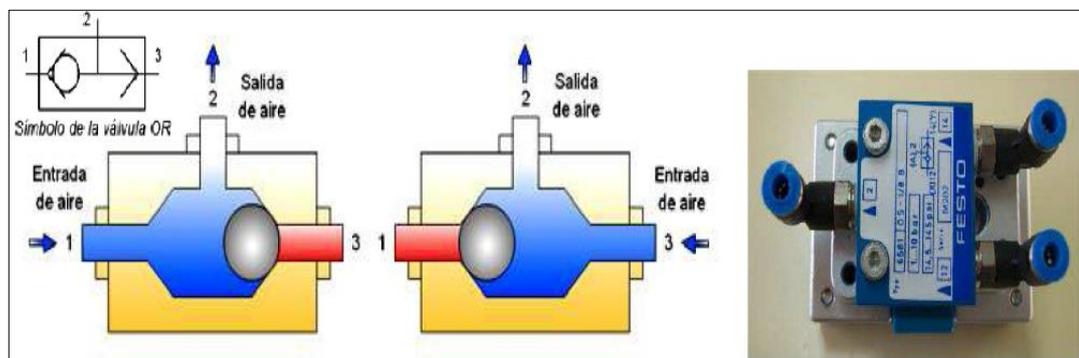
Año: 2014

2.10.2. Válvula Anti-retorno

La válvula anti-retorno permite el paso del aire en un determinado sentido, quedando bloqueado en sentido contrario.

La válvula selectora tiene dos entradas y una salida, permitiendo la circulación de aire a través de una de sus entradas, bloqueándose al mismo tiempo la otra entrada por efecto de la primera, como lo muestra la figura 12.

Figura 12: Válvula anti-retorno



Fuente: Festo –Fundamentos de Neumática

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.10.3. Válvulas de regulación de presión y caudal

Son elementos que en una misma instalación neumática nos permite disponer de diferentes presiones y por tanto de diferentes caudales, como lo indica la figura 13.

Figura 13: Válvula Reguladora de Caudal



Fuente: Festo – Fundamentos de Neumática

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2.11. Unidades de Mantenimiento

La limpieza del aire comienza en la aspiración, disponiendo un filtro grueso a la entrada del compresor. A veces también se dispone en este punto de una unidad de refrigeración para el secado y enfriamiento del aire, con el que se consigue eliminar parte de la humedad y aumentar el rendimiento de compresor.

La limpieza y refrigeración continúa en el propio compresor, cuando se realiza la compresión en varias etapas, y a la salida del compresor, donde se dispone una unidad de refrigeración, seguida del correspondiente depósito de purga y del depósito acumulador. La limpieza del refrigerador continúa a lo largo de la red realizando un diseño adecuado de la misma.

Con ello, el aire llega a la toma del circuito sin ser apto para su utilización, por lo que en circuitos pequeños se disponen a la entrada de una unidad de mantenimiento y en circuitos de dimensiones elevadas, se dispone una unidad de mantenimiento para cada una de sus partes.

La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido.
- Regulador de presión.
- Lubricador de aire comprimido.

2.11.1. Funcionamiento de las unidades de mantenimiento.

Los filtros del aire comprimido retienen las partículas sólidas y las gotas de humedad contenidas en el aire. Los filtros llamados Ciclónicos tienen doble función: El aire al entrar pasa a través de placas que fuerzan una circulación rotativa, así las grandes

partículas sólidas y el líquido se depositan en las paredes del vaso o copa, por la acción centrífuga. Luego el aire atraviesa el elemento filtrante principal, de malla metálica, papel, o metal sinterizado. Este filtro de entre 20 a 40 micrones retiene las partículas sólidas. Esta acción de filtrado se denomina "mecánica" ya que, afecta a la contaminación mecánica del aire, y no a su contenido de humedad.

Las partículas más grandes, son retenidas por el filtro sinterizado, mientras que los líquidos son desviados al vaso del filtro. El líquido condensado en el vaso o copa del filtro se debe vaciar periódicamente, de lo contrario podría ser arrastrado por la corriente del aire comprimido al circuito.

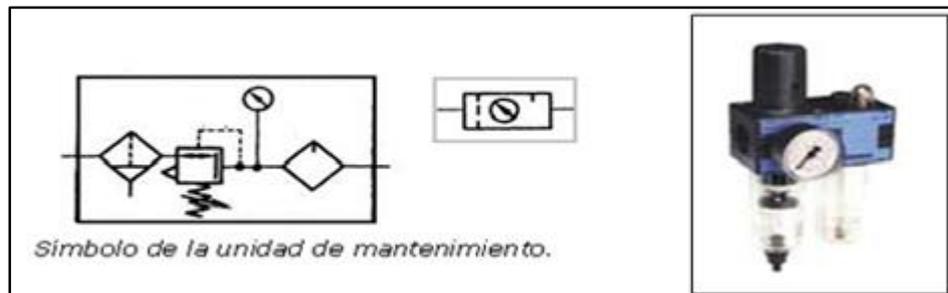
Los filtros más finos, de hasta 0.01 micras, se encargan de filtrar las partículas más pequeñas e incluso mínimas gotas de agua que pudieran quedar en el aire comprimido.

La Válvula Reguladora o Regulador de presión mantiene la presión de trabajo constante en el lado del usuario, independientemente de las variaciones de presión en la Red Principal y del consumo. Obviamente, para lograr esto, la presión de entrada del regulador debe ser siempre superior a la de trabajo, tal cual como se evidencia en la figura 14.

El Lubricador del aire comprimido, tiene la importante función de Lubricar de modo suficiente a todos los elementos neumáticos, en especial a los activos. El aceite que se utiliza en la lubricación es aspirado de un pequeño depósito de la misma Unidad de Mantenimiento, mezclado con la corriente del aire comprimido, y distribuido en forma de "niebla" o micro pulverización. Para que esta tarea sea efectiva el caudal debe de ser suficientemente fuerte.

En instalaciones especiales, de baja presión o con sensores específicos, deberá evitarse el uso de aire lubricado, mediante el uso de toma diferente para la conexión de esos elementos.

Figura 14: Unidad de Mantenimiento



Fuente: <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2010/03/unidad-de-mantenimiento1.doc>.

Elaborado por: Rafael Ramírez

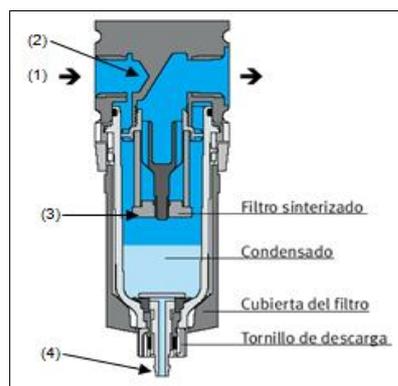
Año: 2010

2.11.2. Componentes de la unidad de mantenimiento.

Filtro de aire

Son muchos los tipos de filtros existentes en el mercado, pero todos ellos tienen la misma misión de retener las partículas sólidas y el agua condensada.

Figura 15: Filtro de aire



Fuente: La guía Norgren para el tratamiento del aire

Elaborado por: Norgren

Año: 2010

La Figura 15 representa un filtro Norgren de purga manual. La separación de las impurezas sólidas y líquidas es obtenida por la acción conjunta del efecto de choque,

debido a un cambio de dirección, seguido de un centrifugado y finalmente por el paso a través de un elemento filtrante de bronce sintetizado.

El aire llega por el orificio (1). Se produce una primera separación de condensaciones por efecto del choque contra la pared (2), que desvía el aire hacia la parte inferior.

Este pasa seguidamente a través de un deflector de aletas, que le comunica un efecto de torbellino importante. Bajo el efecto de la fuerza centrífuga, las partículas pesadas, sólidas y líquidas, son despedidas contra la pared de la cuba, y deslizándose a lo largo de ella van a depositarse al fondo.

Al final, el flujo de aire atraviesa un elemento filtrante de bronce sintetizado (3), fácilmente desmontable para su limpieza. Este filtro es calibrado a 64 o 40 micras para los filtros standard, pudiéndose obtener una filtración mayor usando cartuchos calibrados a 25, 10 y 5 micras.

Las impurezas depositadas en el fondo de la cuba no corren riesgo de ser agitadas gracias a una zona de clama creada por el separador, reforzando la acción de los retenes.

El sedimento, líquido y sólido, se puede evacuar fácilmente bajo el efecto del aire comprimido y maniobrando la llave de purga. Deben evacuarse al llegar el nivel a una determinada altura, a partir de la cual los sedimentos son arrastrados por el aire.

Las cubas de material plástico-transparente están previstas para una presión máxima de 10.5 bares y una temperatura de 50° C y las cubas metálicas para una presión de 18 bar y una temperatura de 90° C.

Existen filtros de purga automática en los que la depuración se obtiene por efecto del choque a la entrada, paso por un cartucho filtrante y finalmente por centrifugación.

En la limpieza de la cuba de plástico se debe utilizar agua jabonosa o petróleo, excluyendo cualquier otro disolvente (bencina, tricloroetileno, etc.) que provoca su destrucción.

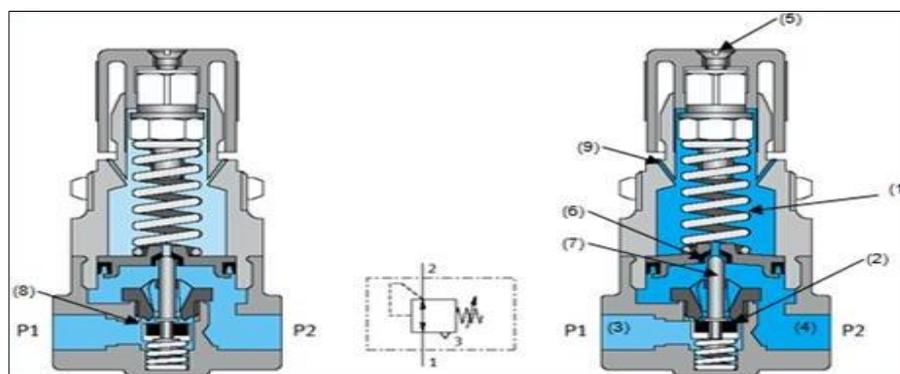
Los filtros se caracterizan por el diámetro de las conexiones de entrada, por el tamaño del elemento filtrable y por su curva característica, la cual muestra el caudal del filtro en función de la presión de trabajo y de la caída de presión (Ramírez Restrepo, 2009).

Regulador de presión y manómetro

Con el fin de alargar la vida del motor que acciona el compresor, el sistema de regulación del motor se tara a una presión máxima a la cual el motor se para, y a una presión mínima a la cual se produce el arranque del motor, lo que hace que la presión de la red fluctúe entre los valores tarados.

Con el regulador se consigue una presión prácticamente uniforme e independiente de la presión de entrada, siempre que ésta sea superior a la de salida, y con ello el funcionamiento uniforme del circuito, menor consumo del mismo y un menor desgaste de su elemento, como lo indica la figura 16.

Figura 16: Válvula reguladora de presión



Fuente: <http://es.slideshare.net/jcasas17/neumatica-1>

Elaborado por: jcasas17

Año: 2011

El regulador de presión de la, es un regulador con escape, cuyo funcionamiento es el siguiente: si el resorte (1) está completamente destensado la válvula de cierre (2) permanece sobre el asiento, impidiendo el paso del aire del orificio (3) de entrada al orificio (4) de salida.

Si se actúa sobre el tornillo de regulación (5), el resorte (1) presiona contra la membrana (6) y ésta desplaza a la varilla (7), abriendo la válvula (2) que permite el paso del aire del orificio de entrada al de salida. La presión de salida se transmite a través del orificio (8) bajo la membrana (6) hasta alcanzar el equilibrio con la fuerza del resorte (1), momento en el cual se interrumpe la circulación. Cuando por consumo se produce un descenso la presión de salida, el resorte (1) reacciona sobre la membrana (6) produciendo el ciclo descrito anteriormente.

Si por efecto de una acción externa sobre el actuador o calentamiento del circuito, la presión de salida tiende a aumentar por encima del taraje del resorte (1), la membrana (6) se eleva, despegándose el apoyo de la varilla (7), permitiendo entonces, la evacuación del aire exterior a través del orificio (9), hasta que se produzca el equilibrio entre la presión de servicio y el resorte (1).

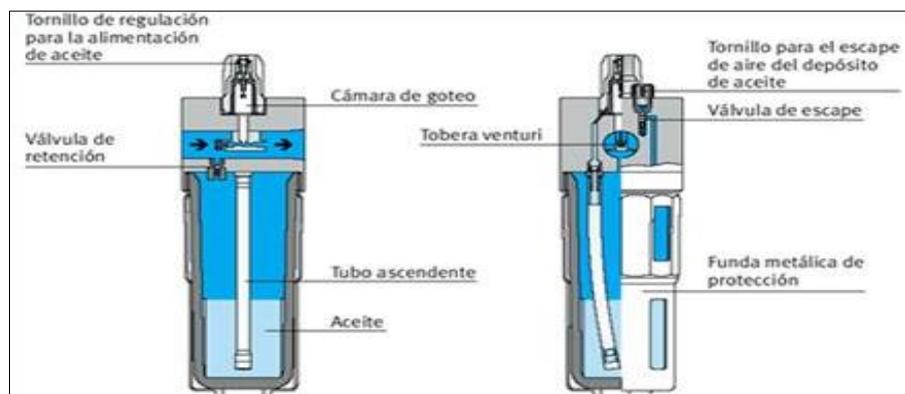
En cuanto al símbolo, la normativa CETOP establece que las válvulas de infinitas posiciones se representan mediante un único cuadrado. Como la válvula se encuentra abierta en posición de reposo, se dibujará con las vías de entrada y salida unidas. El muelle (1) es regulable y mantiene la válvula abierta. A la acción del muelle (1) se opone la presión de salida, que si sube por encima de la de taraje, hace que el aire de salida circule hacia e escape. Por tanto el aire circula desde la entrada hacia la salida, pero también puede circular desde la salida hacia el escape. Se denomina

manómetro al aparato utilizado para medir presiones relativas. El más utilizado es el manómetro de Bourdon (Ramírez Restrepo, 2009).

Lubricación

Tiene como objetivo disminuir el desgaste de las partes móviles del sistema, introduciendo una película de aceite entre las mismas, que evite el rozamiento entre sus superficies.

Figura 17: Lubricación de aire comprimido



Fuente: <http://es.slideshare.net/jcasas17/neumatica-1>

Elaborado por: jcasas17

Año: 2011

El mejor sistema para lubricar una instalación neumática consiste en introducir el aceite en forma de niebla en el propio aire comprimido, pues éste llega a todos los puntos de la instalación, siendo el transporte ideal para el aceite de lubricación.

Para conseguir una buena lubricación la niebla de aceite tiene que ser muy fina y la instalación tiene que tener un buen diseño, que asegure que el aceite no se precipite antes de llegar a los consumidores más alejados, como se evidencia en la figura 17.

Los lubricadores son los elementos encargados de producir la nebulización del aceite y de introducirla en el aire comprimido. El funcionamiento de todos ellos está basado en el efecto de Venturi, encontrándose fundamentalmente dos tipos de aparatos (Ramírez Restrepo, 2009).

- De “Niebla de aceite” (oil-fog) utilizado para distintas cortas.
- De “Micro-niebla de aceite” (micro-fog) utilizado para distintas alejadas.

2.11.3. Selección de una unidad de mantenimiento de aire.

Para la selección de una unidad de mantenimiento deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- El caudal total de aire en m³/h es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.
- La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad, y la temperatura no deberá ser tampoco superior a 50°C (valores máximos para recipiente de plástico).

2.11.4. Conservación de las unidades de mantenimiento

Es necesario efectuar en intervalos regulares los trabajos siguientes de conservación.

Filtro de aire comprimido

Debe examinarse periódicamente, el nivel del agua condensada no debe sobrepasar la altura indicada en la mirilla de control. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla.

Regulador de presión

Siempre que esté precedida por un correcto sistema de filtrado, no necesita más mantenimiento que comprobar la ausencia de fugas.

Lubricador de aire comprimido

Verificar el nivel de aceite y, si es necesario, añadir hasta el nivel marcado. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con disolventes, dado que pueden dañarlos. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales de la viscosidad y componentes adecuados.

Silenciador AMTE

Se utilizan para disminuir el nivel de ruidos en las conexiones de escape de equipos neumáticos. La figura 14 muestra físicamente el elemento expuesto.

Figura 18: Silenciador de aire



Fuente: Directindustry
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Tuberías

Para que la distribución de aire sea fiable es conveniente acatar una serie de puntos:

- Dimensiones correctas del sistema de tuberías.
- Elección correcta de los materiales.
- Resistir el caudal del aire.
- Correcta configuración del sistema de tuberías.
- Un buen mantenimiento.

Tratándose de instalaciones nuevas debe tenerse en cuenta una posible ampliación posterior. Concretamente, la tubería principal debería tener dimensiones mayores a

las que se necesitan para el sistema actual. Es recomendable instalar cierres y válvulas de bloqueo adicionales.

Para la distribución de aire se puede seguir la siguiente configuración:

Tubería principal

Es aquella que sale del depósito y conduce la totalidad del caudal de aire comprimido. Velocidad máxima 8 m/s.

Tubería secundaria

Son aquellas que se derivan de la principal, se distribuyen por las áreas de trabajo y de la cual se desprenden las tuberías de servicio. Velocidad máxima de 10 a 15 m/s.

Tubería de servicio

Se desprenden de las secundarias y son las que alimentan a los equipos neumáticos. Velocidad máxima de 15 a 20 m/s.

2.12. Instrumentos para medir presión positiva y negativa

Dentro del campo industrial existen un sin número de elementos para medir presión y depresión, pero los más conocidos son: El Manómetro, el Vacuómetros, Los Transductores de Presión y el Manovacúmetro.

2.12.1. Manómetro

Un manómetro es un aparato que sirve para medir la presión positiva de gases o líquidos contenidos en recipientes cerrados. Los manómetros son de dos tipos, entre los cuales tenemos: Manómetros del tipo abierto: Para medir presiones manométricas y Manómetro diferencial: Para medir diferencias de presión.

Figura 19: Manómetro



Fuente: http://www.wika.com.ar/211_11_es_es.WIKA

Elaborado por: Wika

Año: 2013

2.12.2. Vacuómetros

El vacuómetro es un instrumento destinado para medir presiones inferiores a la presión atmosférica. La medida del vacuómetro no tiene más significado que valorar la caída de presión. Su utilización está ligada en la industria, y en el campo de investigación científica y técnica.

Figura 20: Vacuómetro



Fuente: <http://www.nauticexpo.es/vacuometro-astilleros.html>

Elaborado por: Separ Filter

Año: 2014

2.12.3. Transductores de presión

De manera general podemos decir que es un elemento primario que tiene la misión de traducir o adaptar un tipo de energía en otro más adecuado para el sistema, es decir convierte una magnitud física, no interpretable por el sistema, en otra variable interpretable por dicho sistema. El transductor transforma la señal que entrega el sensor en otra normalmente de tipo eléctrico. El transductor suele incluir al sensor.

Figura 21: Transductor de presión



Fuente: <http://www.adz.de/pressure-transmitter.html>

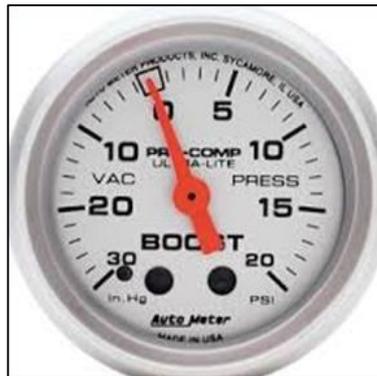
Elaborado por: ADZ Nagano Sensortechnik

Año: 2014

2.12.4. Manovacuómetro

El manovacuómetro es aquel elemento de medición capaz de cuantificar presión y depresión en su visualizador. Su aguja indicadora a diferencia del manómetro o vacuómetro parte de la mitad y tiene el mismo principio de funcionalidad de los elementos antes mencionados.

Figura 22: Manovacuómetro



Fuente: <http://motores.com.py/foro/index.php?threads/relojes-autometer-rpm-y-turbo.28947/>

Elaborado por: Boost

Año: 2011

2.13. Tipos de bancos de ensayo metrológico de presión

Para los desarrollos y evaluaciones metrológicas de presión existe un sin número de métodos que van desde utilizar principios físico-mecánicos, hasta utilizar medios digitales para el ajuste y calibración de elementos.

A continuación detallamos los más utilizados por los laboratorios calificados.

- Banco de pruebas con cargo o peso muerto
- Banco de pruebas por contrastación de un manómetro patrón
- Banco de pruebas usando bomba para generar presión y vacío
- Banco de pruebas mediante simulación digital

2.13.1. Banco de pruebas con cargo o peso muerto

Este diseño de comprobación también es conocido como banco de pruebas de pistón. Trabaja dentro de un medio hidráulico como agua, glicerina, aceite, etc. o neumático como aire o nitrógeno. Este banco de pruebas demuestra perfectamente la definición de presión como fuerza por unidad de área trasladada a sus dos conexiones de salida, una conectada al manómetro que se está comprobando, y la otra a un cuerpo de cilindro del cual se desliza un pistón y donde se asienta un plato base donde se colocan pesas flotantes, lo que genera una determinada fuerza sobre el área de aplicación, y se transmite dentro de su recámara presión. La precisión del probador de pesos muertos está condicionada por la clase y el grado de exactitud que poseen las pesas que se emplean para generar la fuerza, y la precisión con que se ha rectificado el cilindro para evitar fricciones durante su desplazamiento, tal como lo ilustra la figura 23.

Figura 23: Banco de pruebas con cargo o peso muerto



Fuente: http://priisa.com.mx/p_presion.html#12

Elaborado por: Proveedor de Instrumentación Industrial S.A.

Año: 2014

2.13.2. Banco de pruebas por contrastación de un manómetro patrón

Este banco de pruebas es conocido también como comprobador de manómetros portátil. Su principio de funcionamiento es similar al del banco de pruebas con peso muerto, con la variante de que en una de sus salidas se conecta un manómetro patrón certificado de alta precisión que sirve como testigo y en el otro extremo se ubica el manómetro a calibrar, este diseño puede operar con un medio hidráulico o neumático y su control está sujeto a una válvula reguladora de paso, como lo indica la figura 24.

Figura 24: Banco de pruebas por contrastación de un manómetro patrón



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/pneumatic-pressure-test-bench-704310133.html>

Elaborado por: Huaxin Instrument (Beijin) Co., Ltd.

Año: 2014

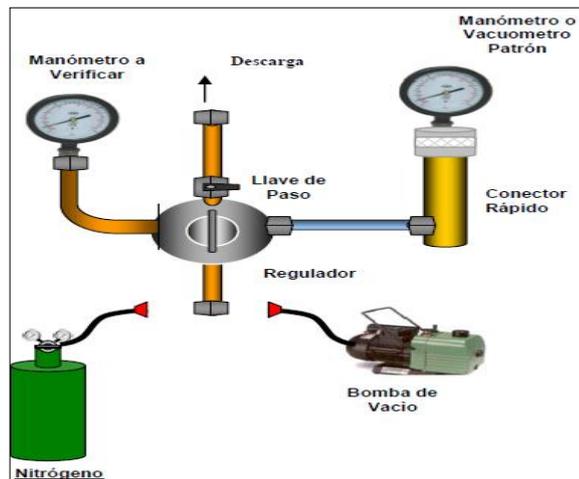
2.13.3. Banco de pruebas usando bomba para generar presión y vacío

Este tipo de bancos posee generadores independientes conectados a una sola red de trabajo. Opera bajo el principio de medición por equilibrio, es decir permite comprobar la igualdad entre el patrón y el equipo sujeto a la calibración. Generalmente está ubicado dentro de los laboratorios en un área fija, libre de vibraciones excesivas y condiciones ambientales adecuadas.

Para obtener presión positiva puede utilizar cualquier elemento generador como compresores, extintores de gas seco, etc. De igual forma para conseguir presión

negativa se puede valer de una bomba de vacío o cualquier otro elemento generador de presión inversa, como se muestra en la figura 25. Su operabilidad va estar sujeta al instrumentista ya que este tiene que definir el sistema donde pretende operar “presión o vacío”

Figura 25: Banco de pruebas usando bomba para generar presión y vacío



Fuente: Procedimiento de Calibración y Verificación de Manómetros – POM4003
Elaborado por: Organización Serdan
Año: 2010

2.13.4. Banco de pruebas mediante simulación digital

Este método es completamente moderno ya que simula la magnitud del instrumento de medición sujeto a calibración en base a modelos de relación de respuesta contra estímulo electrónicos, como lo indica la figura 26. Su única limitante es que solo está dirigido a manómetros y vacuómetros digitales con ciertas características de conexión.

Figura 26: Banco de pruebas mediante simulación digital



Fuente: Directindustry
Elaborado por: GE Measurement & Control
Año: 2014

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Marco Metodológico.

En este capítulo presentamos la modalidad de la investigación y la definición de la metodología del proyecto (técnicas y procedimientos), para esto se incluye los siguientes campos de investigación aplicada:

3.1.1. Investigación Exploratoria:

Se enfocó en el estudio de la metrología y su campo de aplicación, además de establecer como esta ciencia aplicada puede contribuir al crecimiento intelectual de los estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad Politécnica Salesiana en la sede Guayaquil.

3.1.2. Investigación Explicativa:

Se buscó las razones que orientan la implementación del banco de pruebas dentro de la carrera de ingeniería industrial, mediante la ejecución de una encuesta dirigida al personal docente y estudiantes de la carrera.

3.1.3. Investigación Descriptiva:

Se estableció las características, ventajas y herramientas que ofrece el banco de pruebas de presión y vacío.

3.2. Diseño de la Investigación.

Se definió la siguiente relación de datos.

3.2.1. Investigación de campo:

Este método no experimental se fundamenta en la aplicación de la estadística inferencial.

La estadística se ocupa de los procesos de estimación, análisis y prueba de hipótesis, con el propósito de llegar a conclusiones que brinden una adecuada base científica para la toma de decisiones, tomando como soporte la información captada por la muestra.

Para ello se decide realizar una encuesta al personal docente y estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la sede Guayaquil, donde se precisará con mayor alcance las necesidades que involucra el estudio teórico-práctico de la metrología como ciencia aplicada.

3.2.2. Investigación documental:

Para el desarrollo del proyecto se realizó el levantamiento de la información mediante investigaciones en la web, consolidando estos conceptos con de libros que manejan conceptos metrológicos, además se realizó visitas a nivel de campo, para evaluar los diferentes sistemas empleados por laboratorios certificados para la calibración de los instrumentos de presión y vacío.

3.3. Población y Muestra.

3.3.1. Población.

Es el conjunto del cual se está interesado en obtener conclusiones, en otras palabras es el “todo” o “el universo” del cual se necesita hacer inferencia. Normalmente es demasiado grande para poder abarcarlo. Haciendo referencia a esto se establece la tabla 10 presenta la estratificación de la población, dividida en dos grupos que son: Personal docente y Estudiantes. Cómo se puede observar la suma del personal

docente junto con la de los estudiantes da 531, siendo el 6% representado por el personal docente y el 94% por los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Politécnica Salesiana. A su vez el resultado de la muestra da como resultado 29 para el personal docente y 341 para los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 10: Estratificación de la Población UPS-G/Carrera Ing. Industrial

Población	Cantidades	%	Muestra
Personal Docente	30	6	29
Estudiantes	501	94	341
Total	531	100	370

Fuente: Dirección de carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil.

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

3.3.2. Muestra

Es un subconjunto de la población del que tenemos acceso y sobre el que realmente hacemos las observaciones, en otras palabras es la parte “medible”. Cabe indicar que la muestra debe estar formada por miembros seleccionados y representativos de la población. El tamaño de la muestra va a estar determinado por el estudio del que se pretende hacer inferencia.

Para establecer el tamaño muestral hay que tomar en cuenta 3 aspectos condicionales que son:

- a. Nivel de confianza
- b. Error o margen de precisión permitido
- c. Carácter finito o infinito de la población

El estudio fue determinado como carácter finito, es decir se conoce el total de la población y por ende se desea saber cuántos individuos hay que estudiar, para esto se elige las ecuaciones a continuación.

Ecuación 1: Determinación del tamaño de la muestra para poblaciones infinitas

$$n_0 = p x (1 - p)x\left(\frac{z}{d}\right)^2$$

Ecuación 2: Factor de Corrección para poblaciones finitas

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0/N}$$

Donde;

n: Tamaño de la muestra real.

n₀: Tamaño de la muestra sin considerar factor de corrección de población finita.

N: Tamaño de la población.

p: Probabilidad de ocurrencia

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

d: Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

Para nuestro estudio debemos considerar que tenemos una población de 30 docentes y 501 estudiantes de la carrera de ingeniería industrial.

¿Cuántos docentes tendrían que muestrearse para conocer si es necesaria la implementación de un banco de pruebas de calibración de presión y depresión, con un nivel de confianza del 95%?

Datos:

Nivel de Confianza: Para el 95 % Z=1.96

Probabilidad de ocurrencia: $p = 0,5$

Límite Aceptable de error muestral: $d = 3\% = 0,03$

Aplicamos la ecuación 1, para determinar parcialmente el tamaño de la muestra:

$$\begin{aligned}n_0 &= p \times (1 - p) \times \left(\frac{z}{d}\right)^2 \\n_0 &= 0.5 \times (1 - 0.5) \times \left(\frac{1.96}{0.03}\right)^2 \\n_0 &= 0.5 \times 0.5 \times 4268.44 \\n_0 &= 1067.11\end{aligned}$$

Aplicamos la ecuación 2, considerando el factor de Corrección para poblaciones finitas:

$$\begin{aligned}n &= \frac{n_0}{1 + n_0/N} \\n &= \frac{1067.11}{1 + 1067.11/30} \\n &= \frac{1067.11}{36.57} \\n &= 29 \text{ Docentes}\end{aligned}$$

¿Cuántos estudiantes tendrían que muestrearse para conocer si es necesaria la implementación de un banco de pruebas de calibración de presión y depresión, con un nivel de confianza del 95%?

Datos:

Nivel de Confianza: Para el 95 % $Z=1.96$

Probabilidad de ocurrencia: $p = 0,5$

Límite Aceptable de error muestral: $d = 3\% = 0,03$

Aplicamos la ecuación 1, para determinar parcialmente el tamaño de la muestra:

$$\begin{aligned}n_0 &= p \times (1 - p) \times \left(\frac{z}{d}\right)^2 \\n_0 &= 0.5 \times (1 - 0.5) \times \left(\frac{1.96}{0.03}\right)^2 \\n_0 &= 1067.11\end{aligned}$$

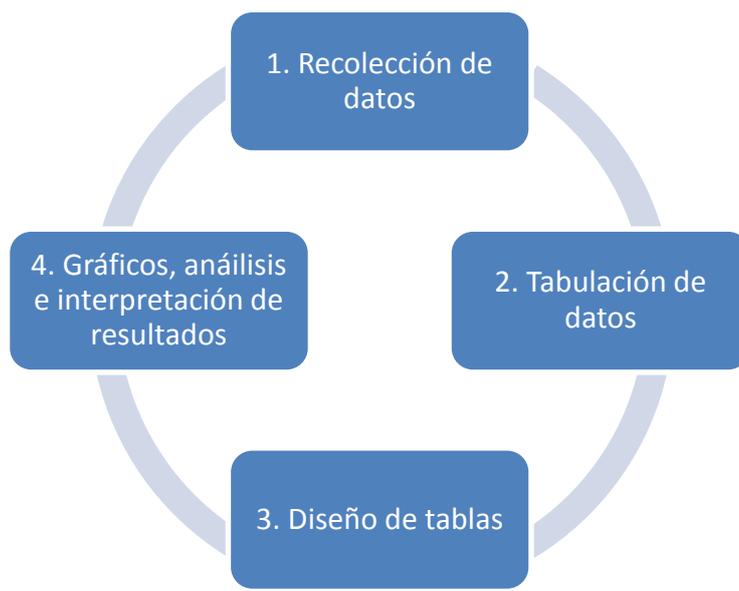
Aplicamos la ecuación 2, considerando el factor de Corrección para poblaciones finitas:

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0/N}$$
$$n = \frac{1067.11}{1 + 1067.11/501}$$
$$n = \frac{1067.11}{3.13}$$
$$n = 341 \text{ Estudiantes}$$

3.4. Procesamiento de datos.

En este punto se plantea:

Figura 27: Procesamiento de datos



Fuente: Estudio de los sistemas de información y datos agropecuarios en Centroamérica por IICA
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

3.4.1. Encuesta-Personal docente.

La encuesta está dirigida al personal docente de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil de la facultad de Ingeniería Industrial, sobre la implementación de un banco de ensayos metrológicos de presión y depresión (**VER ANEXO 1**)

PREGUNTAS:

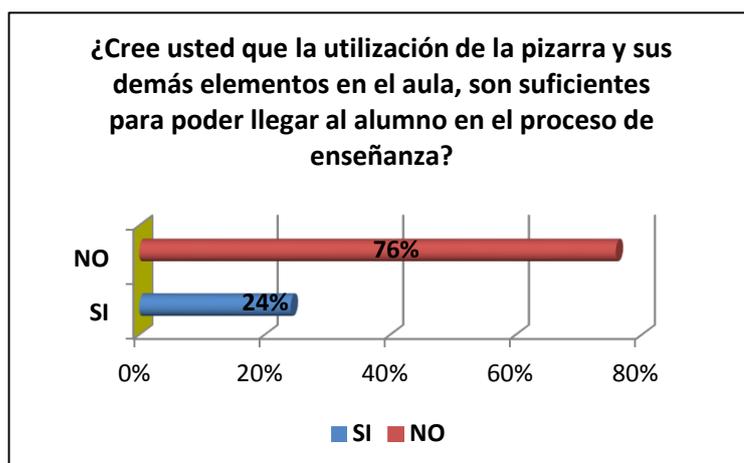
1. ¿Cree usted que la utilización de la pizarra y sus demás elementos en el aula, son suficientes para poder llegar al alumno en el proceso de enseñanza?

Tabla 11: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°1

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# DOCENTES	PORCENTAJE
SI	7	24%
NO	22	76%
TOTAL	29	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 28: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°1



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

De los resultados obtenidos podemos decir que 7 de los docentes encuestados que equivale 24% de la muestra contestaron de forma positiva, mientras que 22 catedráticos que equivale al 76% dijeron que no al cuestionamiento planteado, como punto de análisis podemos manifestar que el grupo minoritario que contestó de forma positiva son docentes que dictan materias netamente conceptuales o con carácter administrativo por ende los elementos que conforman su entorno dentro del aula son

suficiente para llegar al alumnado, mientras que el grupo mayoritario son parte del personal docente que imparten cátedra técnica o con mención en la carrera de ingeniería industrial, que si bien es diagrama en la pizarra o presentada mediante diapositiva, se complementaría íntegramente su proceso de enseñanza con medios autodidácticos o bancos de pruebas experimentales.

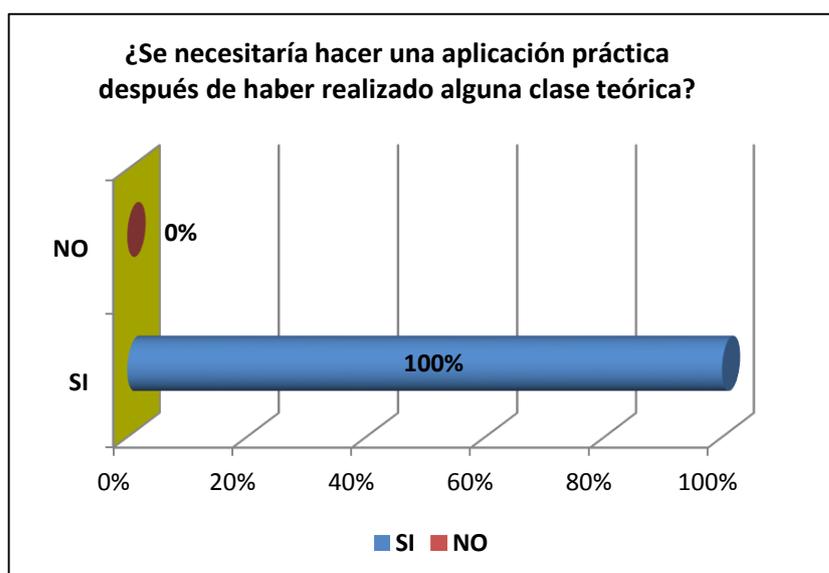
2. ¿Se necesitaría hacer una aplicación práctica después de haber realizado alguna clase teórica?

Tabla 12: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°2

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# DOCENTES	PORCENTAJE
SI	29	100%
NO	0	0%
TOTAL	29	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 29: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°2



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

De los resultados recopilados 29 de los docentes encuestados que equivale 100% de la muestra contestaron que si es necesario realizar una aplicación práctica después de haber impartido conceptos teóricos.

Como punto de análisis podemos interpretar que cada uno de los encuestados que forman parte del personal docente de la carrera de ingeniería de la UPS-Guayaquil, están plenamente convencidos que es adecuado fortalecer mediante práctica los conceptos teóricos impartidos en clases, ya que mediante ejercicios o ensayos experimentales el alumno encuentra una atmósfera adecuada para entender toda la naturaleza del problema.

Debemos entender que las clases prácticas permiten poner al alumno en contacto con instrumentos de resolución de problemas y toma de decisiones en casos concretos, que les acercan a las situaciones reales y permiten comprender la aplicación práctica de los modelos teóricos. Cabe indicar también que la práctica permite un desarrollo de las enseñanzas teóricas, además posibilita la clarificación de conceptos, la eliminación de fallos en el aprendizaje anterior y el desarrollo de habilidades.

3. ¿Existe dentro de la facultad de Ingeniería Industrial de la UPS-Sede Guayaquil algún laboratorio o medio para realizar pruebas metrológicas de presión y vacío?

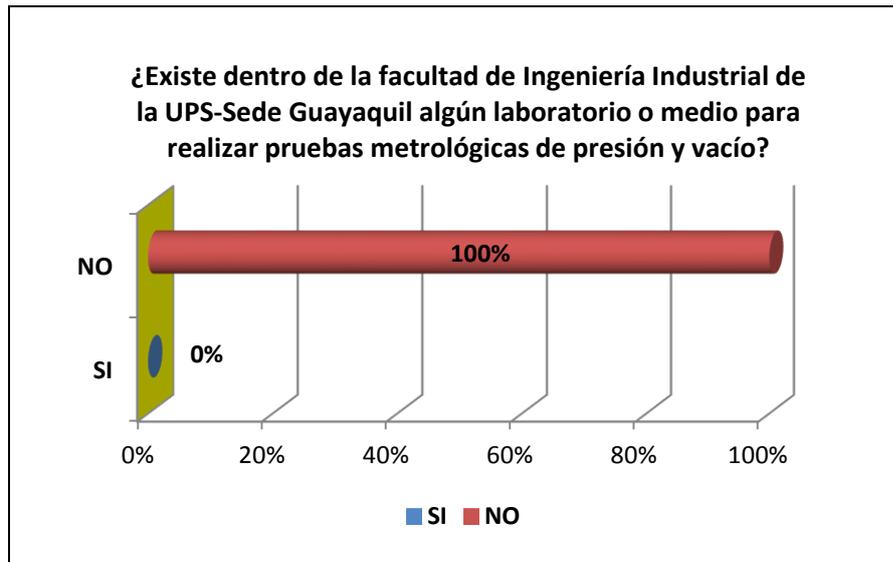
Tabla 13: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°3

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# DOCENTES	PORCENTAJE
SI	0	0%
NO	29	100%
TOTAL	29	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

De acuerdo a información que circula en la página web del centro educativo, actualmente la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con tan solo un laboratorio de ensayos para realizar pruebas metrológicas, el mismo que está ubicado en la ciudad de Cuenca donde se encuentra la matriz principal.

Figura 30: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°3



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

De los resultados obtenidos podemos decir que 29 de los docentes encuestados que equivale 100% de la muestra contestaron que no existe un laboratorio o un medio para realizar pruebas metrológicas de presión y depresión dentro de la facultad de ingeniería industrial de la UPS-Guayaquil. Producto de esta limitación, formalizamos la propuesta de tesis con el objetivo de diseñar e implementar un banco de pruebas de presión positiva y negativa, que serviría como pionero para la implementación a futuro de un área física que contemple las demás magnitudes de estudio como longitud, masa, temperatura, tiempo, entre otras.

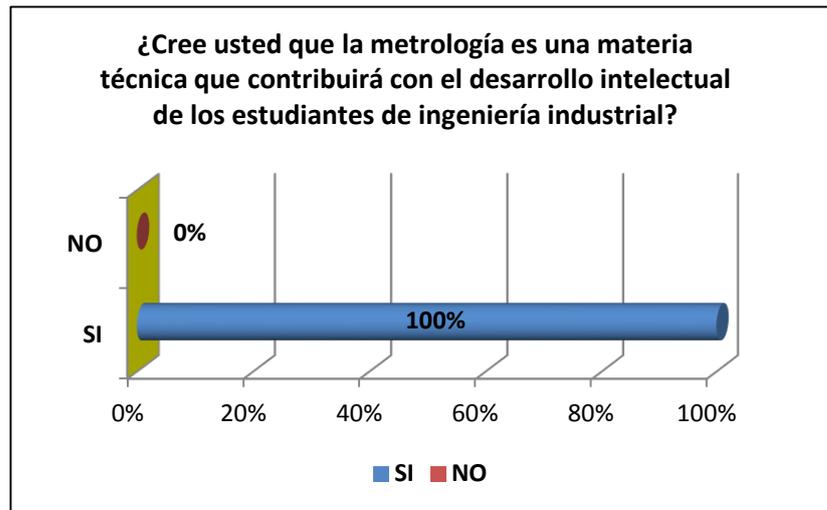
4. ¿Cree usted que la metrología es una materia técnica que contribuirá con el desarrollo intelectual de los estudiantes de ingeniería industrial?

Tabla 14: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°4

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# DOCENTES	PORCENTAJE
SI	29	100%
NO	0	0%
TOTAL	29	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 31: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°4



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

De los datos recopilados el 100% de la muestra contestaron positivamente, haciendo énfasis que la metrología es una materia que aportaría en el crecimiento intelectual de los estudiantes de la carrera de industrial. Como punto de análisis podemos deducir que la inclusión de la metrología teórico-práctica como materia dentro del pensum académico o tal vez como extra-paraacadémico sería de gran aporte para los alumnos de ingeniería, aumentando sus competencias dentro del campo laboral, ya que los dotaría de una herramienta para la toma de decisiones en el ámbito técnico, además de promover el desarrollo de un sistema armonizado de medidas orientado a la mejora continua para satisfacción del cliente.

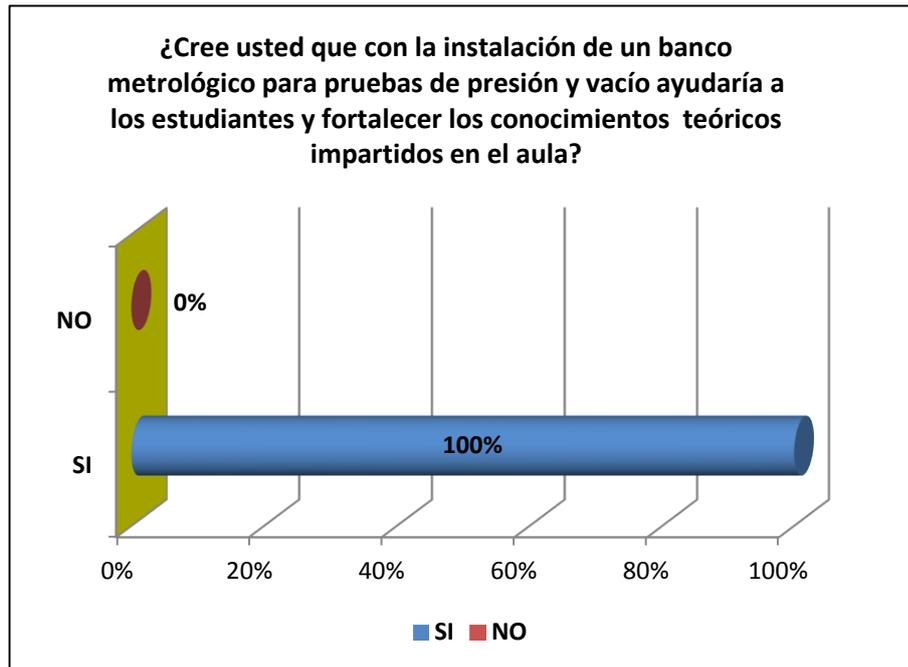
5. ¿Cree usted que con la instalación de un banco metrológico para pruebas de presión y vacío ayudaría a los estudiantes a fortalecer los conocimientos teóricos impartidos en el aula?

Tabla 15: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°5

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# DOCENTES	PORCENTAJE
SI	29	100%
NO	0	0%
TOTAL	29	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 32: Encuesta dirigida al personal docente pregunta N°5



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

De los resultados recolectados, 29 de los docentes encuestados que equivale 100% de la muestra contestaron que si es necesario la instalación de un banco metrológico para pruebas de presión y vacío, ya que esta herramienta ayudaría a los estudiantes a fortalecer los conocimientos teóricos estudiados en el aula.

Como punto de análisis podemos exponer que la instalación de un banco de ensayos metrológicos de presión y vacío sería el mecanismo ideal para representar de forma experimental los conceptos dictados por los docentes, ayudando al estudiante a ampliar su campo de entendimiento de la materia, ya que mejoraría el nivel de la cátedra al utilizar equipos e instalaciones adecuadas a las practicas metrológicas actuales.

3.4.2. Encuesta-Estudiantes

La encuesta está dirigida a los Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil de la facultad de Ingeniería Industrial, sobre el concepto de metrología y su aplicación dentro del pensum académico (**VER ANEXO 1**).

PREGUNTAS:

1. ¿Sabes lo que estudia la metrología o tienes alguna idea sobre su campo de aplicación?

Tabla 16: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°1

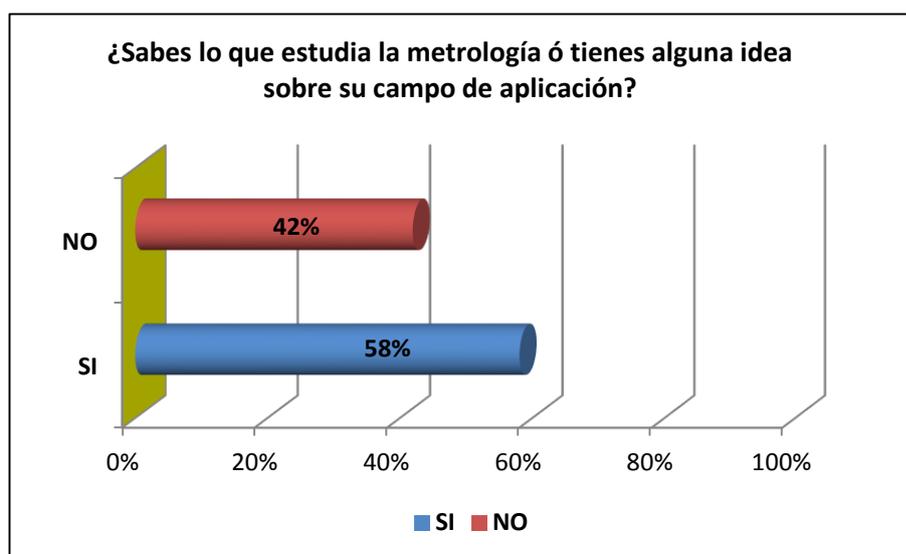
ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# ESTUDIANTES	PORCENTAJE
SI	198	58%
NO	143	42%
TOTAL	341	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 33: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°1



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

De los resultados obtenidos podemos decir que 143 de los estudiantes encuestados que equivale 42% de la muestra contestaron de forma negativa, mientras que 198 alumnos que equivale al 58% dijeron que si conocían algo respecto al cuestionamiento planteado, como punto de análisis podemos manifestar que aunque la pregunta estuvo inclinada a que los encuestados respondieran positivamente existe un alto margen de personas que no conocen absolutamente nada sobre la metrología y su campo de aplicación, lo que resulta un margen alarmante ya que esta ciencia es

de vital importancia para cualquier ingeniero que esté involucrado en el ámbito industrial.

Cabe indicar que los resultados obtenidos de la muestra fueron totalmente dispersos tanto en alumnos de 1ero a 10mo ciclo y que no es un factor condicionante de respuesta si el estudiante cursa ciclos más avanzados dentro de la carrera, ya que de igual manera existe el desconocimiento.

2. ¿Dentro de la Universidad existe algún laboratorio para realizar pruebas metrológicas?

Tabla 17: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°2

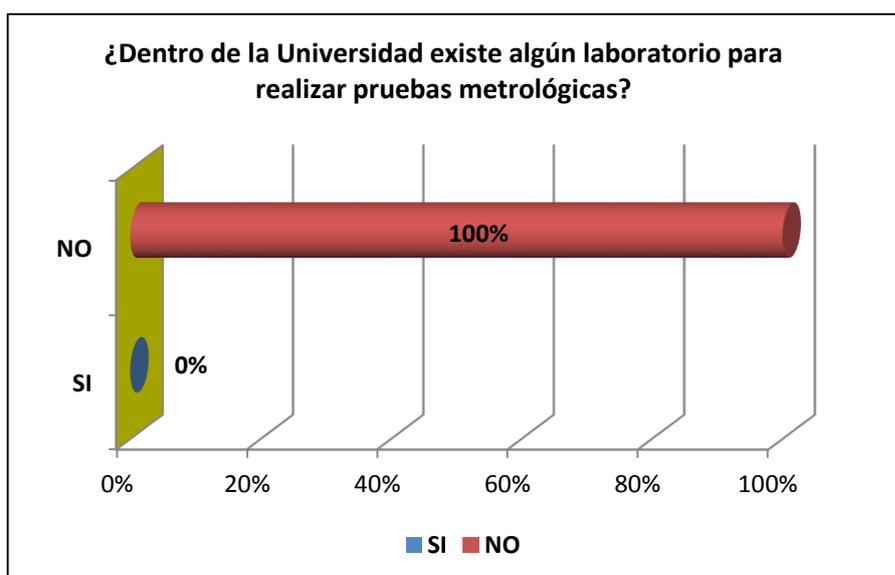
ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# ESTUDIANTES	PORCENTAJE
SI	0	0%
NO	341	100%
TOTAL	341	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 34: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°2



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

De los resultados reunidos 341 estudiantes encuestados que equivalen 100% de la muestra contestaron que no conocen ningún laboratorio de prácticas metrológicas para pruebas de presión y vacío dentro de la facultad de Ingeniería Industrial. Como punto de análisis manifestamos que al igual que los docentes los estudiantes tampoco saben de la existencia de algún área física o medio para realizar pruebas metrológicas dentro de la UPS-Sede Guayaquil, lo que da a nuestra propuesta un alto impacto, si esta se llega a cristalizar con la implementación de un banco de ensayos metrológicos de presión y depresión.

3. ¿Te gustaría ampliar o aplicar los conceptos teórico-prácticos sobre esta ciencia?

Tabla 18: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°3

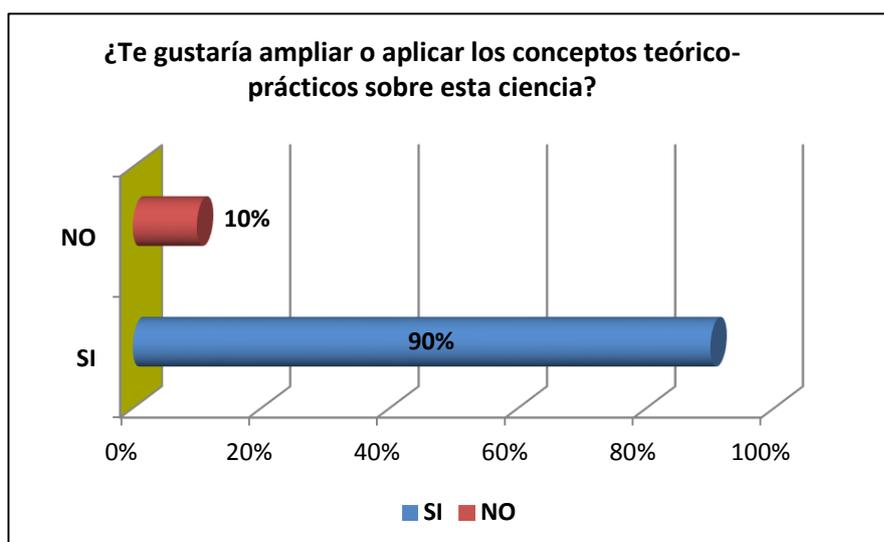
ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# ESTUDIANTES	PORCENTAJE
SI	307	90%
NO	34	10%
TOTAL	341	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 35: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°3



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

De los resultados reunidos 307 de los alumnos encuestados que equivale 90% de la muestra contestaron de forma positiva a la interrogante planteada, sobre el agrado de conocer los conceptos teórico-práctico que rodean a la metrología, mientras que 34 estudiantes no desean ampliar sus conocimientos sobre la ciencia antes expuesta. El análisis de esta pregunta está plenamente orientado a que un alto margen de estudiantes está consciente que el estudio de la metrología aumentaría sus competencias académicas y sería una herramienta de vital importancia dentro del ámbito laboral.

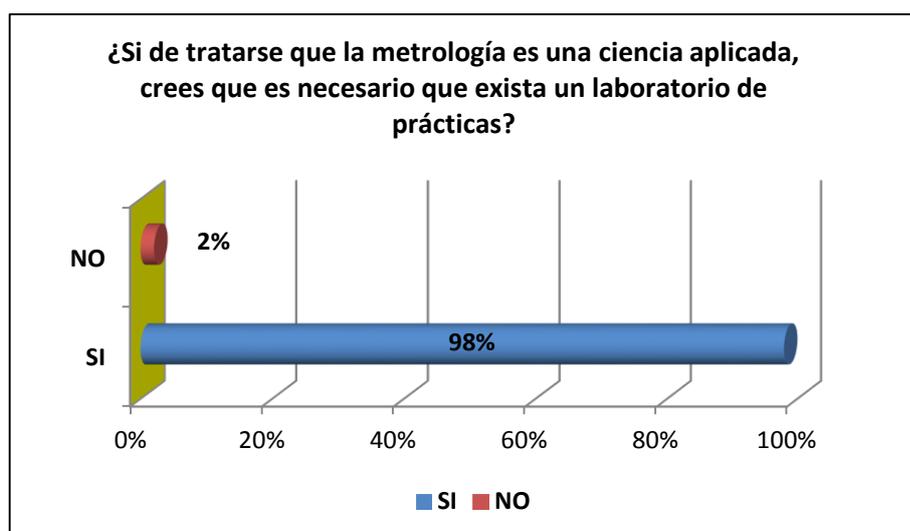
4. ¿Si de tratarse que la metrología es una ciencia aplicada, crees que es necesario que exista un laboratorio de prácticas?

Tabla 19: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°4

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# ESTUDIANTES	PORCENTAJE
SI	334	98%
NO	7	2%
TOTAL	341	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 36: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°4



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

De los resultados obtenidos 334 de los estudiantes encuestados que equivale 98% de la muestra contestaron que si es precisa la instalación de un laboratorio de metrología si se impartiese esta materia, mientras que 7 alumnos que equivalen al 2% contestaron que no es necesaria su implantación si se dictara esta cátedra. Como punto de análisis podemos exponer que la gran mayoría de los sujetos sometidos al estudio de campo coincidieron que la metrología como ciencia aplicada requiere de la instalación de un laboratorio de ensayos metrológicos ya que facilitaría enormemente el entendimiento de cada uno de los conceptos teóricos expuesto en clase. La metrología encierra grandes ventajas y beneficios, además de proporcionar confianza e información sobre la variabilidad de los procesos dentro de la industria, contribuyendo al control y mejoramiento continuo ya que incrementa el nivel de calidad de los productos.

5. Si tuvieras la capacidad de elegir ¿Qué grupo de magnitud te gustaría estudiar o reforzar tus conocimientos, escogerías?

a. Tiempo y Electricidad

b. Presión y Temperatura

c. Longitud y Masa

Tabla 20: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°5

ENCUESTADOS		
RESPUESTA	# ESTUDIANTES	PORCENTAJE
a) Tiempo - Electricidad	116	34%
b) Presión - Temperatura	191	56%
c) Longitud - Masa	34	10%
TOTAL	341	100%

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

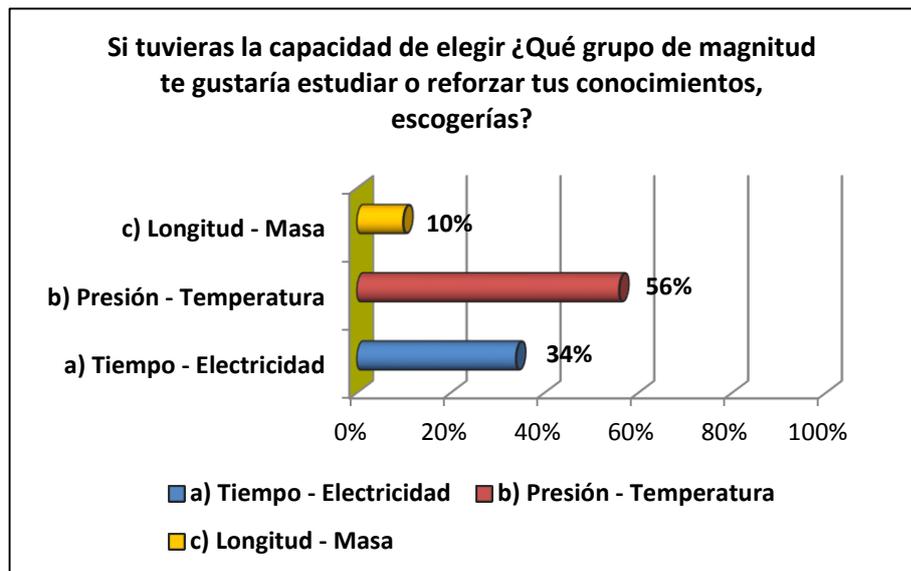
Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Como se puede observar en el gráfico 3-10 de los resultados alcanzados 116 de los encuestados que equivale 34% de la muestra se inclinaron por la alternativa “a”, 191 estudiante que representan el 56% se decidieron por el ítem “b” y 34 alumnos que

corresponde al 10% escogieron la respuesta “c”. Cabe indicar que esta pregunta fue direccionada para conocer las expectativas que manejan los estudiantes de la carrera Industrial, obteniendo un margen notorio de aceptación las magnitudes de Presión y Temperatura, lo que da aval al proyecto de tesis propuesto y deja abierta la posibilidad de la implementación de un banco térmico controlado de temperaturas, con el fin de contribuir al gran propósito de establecer el laboratorio de ensayos metrológicos para UPS-Guayaquil.

Figura 37: Encuesta dirigida a los estudiantes pregunta N°5



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ingeniería Industrial

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

CAPÍTULO IV

DISEÑO, SIMULACIÓN Y ENSAMBLE DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1. Síntesis.

Fundamentada la base científica, mediante el estudio estadístico realizado en el capítulo 3, se establece los límites estructurales del proyecto, que tiene como finalidad presentar como producto terminado un banco metrológico para calibración de instrumentos de presión y vacío

Nuestro diseño técnico está soportado bajo 4 aspectos que detallamos a continuación:

- a. Estudio y elección de los instrumentos patrones.
- b. Cálculo y elección del elemento generador de presión.
- c. Selección de los accesorios neumáticos que forman parte de la sección metrológica.
- d. Diseño estructural del área de pruebas

Posterior al análisis de estos puntos se procederá con la simulación y ensamble (construcción física) del banco de pruebas diseñado, monitoreando su funcionalidad y realizando el respectivo control de fugas.

4.2. Estudio y elección de instrumentos patrones.

Para empezar a establecer los patrones se debe definir la jerarquía de calibración, esto no es más que referenciar el sistema de medición al cual se lo va a alinear.

El resultado de cada calibración depende del resultado de la calibración precedente. La exactitud del sistema de medida que se pretende establecer va estar sujetos a la utilización patrones trazables de presión y vacío.

4.2.1. Jerarquía de calibración.

Figura 38: Estructura Piramidal de la Jerarquía Metrológica



Fuente: http://metrologia.mex.tl/414970_1-2-la-metrologia-como-ciencia.html

Elaborado por: Instituto Tecnológico de Tepic

Año: 2014

En el nivel superior de la jerarquía se encuentra el patrón Nacional de Metrología, el cual posee valor verdadero más cercano establecido por el Sistema Internacional.

El siguiente nivel es el patrón primario que puede ser de cualquier organización (empresa, institución académica o una entidad oficial), para el propósito que se requiera. Como lo indica la figura 23 un patrón primario sirve como unión directa entre la organización que lo posee y el patrón Nacional de Metrología.

En algunos casos, un patrón primario puede ser utilizado rutinariamente para calibrar otros sistemas de medida. Sin embargo los patrones primarios son usualmente

demasiado costosos y muy delicados para soportar este uso continuo. A cambio de esto, las mediciones son transferidas desde el patrón primario a otro nivel de patrones llamados secundarios. Para que el patrón secundario sea trazable, la transferencia tiene que realizada utilizando un procedimiento de calibración apropiado.

De los patrones secundarios se pueden transferir las mediciones a otro nivel de patrones llamados de trabajo. Los patrones de trabajo son frecuentemente utilizados para calibrar los sistemas de medida encontrados en las líneas de producción.

Con este análisis de trazabilidad y jerarquía metrológica se define el patrón que se tiene que utilizar en el banco de pruebas es un PATRÓN SECUNDARIO, ya que su uso va estar destinado a controlar patrones de trabajo o instrumentos que trabajan directamente en la línea validando un proceso o un producto.

4.2.2. Elección de Patrones de Referencia.

La elección de los patrones de referencia va estar determinada por 4 condicionantes, que son: Exactitud, Precisión, Índice de Calidad de Calibración y Grado.

El cumplimiento de todos estos lineamientos técnicos nos garantiza plenamente que los instrumentos patrones están en toda la capacidad para poder ejercer el control metrológico. Para ellos aplicamos las siguientes formulaciones:

Para el cálculo de Exactitud aplicamos:

$$Exactitud\ Referencia \leq \frac{Exactitud\ a\ Calibrar}{3}$$

Donde la ecuación señala que la exactitud de referencia de nuestro patrón debe ser menor o igual al coeficiente de la relación entre la exactitud mínima que

pretendemos calibrar divida para 3 (este número implica una relación mínima de tres a uno (3:1), que debe considerarse como valor de cobertura, para estar de acuerdo a la normativas técnicas).

Para la estimación de la Precisión empleamos:

$$Div. \text{ M\u00ednima Referencia} \leq Div. \text{ M\u00ednima a Calibrar}$$

Donde la formula indica que la m\u00ednima divisi\u00f3n de nuestro patr\u00f3n debe tener una equivalencia menor o igual a la m\u00ednima divisi\u00f3n del instrumento m\u00e1s fino a calibrar.

Para el c\u00e1lculo de \u00cdndice de calidad de calibraci\u00f3n usamos:

$$Alcance \text{ Indide de Calidad de Calibraci\u00f3n} \geq Alcance \text{ Indice a Calibrar}$$

Donde la ecuaci\u00f3n se\u00f1ala que el \u00cdndice estimado para obtener la calidad deseada de calibraci\u00f3n debe ser mayor o igual al alcance del \u00cdndice a calibrar.

ELECCI\u00d3N DE MAN\u00d3METRO

C\u00e1lculo de Exactitud:

$$Exactitud \text{ Referencia} \leq \frac{Exactitud \text{ a Calibrar}}{3}$$

$$Exactitud \text{ Referencia} \leq \frac{2 \text{ psi}}{3}$$
$$Exactitud \text{ Referencia} \leq 0.667 \text{ psi}$$

C\u00e1lculo de Precisi\u00f3n:

$$Div. \text{ M\u00ednima Referencia} \leq Div. \text{ M\u00ednima a Calibrar}$$

$$Div. \text{ M\u00ednima Referencia} \leq 0.5 \text{ psi}$$

\u00cdndice de Calidad de Calibraci\u00f3n:

$$Alcance \text{ Indide de Calidad de Calibraci\u00f3n} \geq Alcance \text{ Indice a Calibrar}$$

Para nuestro caso particular y tomando como referencia los índices escogidos por los laboratorios de metrología Nacionales (Lab. Metrológico de Fadesa S.A.) e internacionales (Lab. Metrológico Surtigas S.A.), nuestro índice debe ser mayor o igual a 4 para estar cubiertos técnicamente, tanto para el manómetro y vacuómetro patrón.

$$\text{Alcance Índice de Calidad de Calibración} \geq 4$$

ELECCIÓN DE VACUÓMETRO

Calculo de Exactitud:

$$\text{Exactitud Referencia} \leq \frac{\text{Exactitud a Calibrar}}{3}$$

$$\text{Exactitud Referencia} \leq \frac{2 \text{ inhg}}{3}$$

$$\text{Exactitud Referencia} \leq \mathbf{0.667 \text{ inHg}}$$

Cálculo de Precisión:

$$\text{Div. Mínima Referencia} \leq \text{Div. Mínima a Calibrar}$$

$$\text{Div. Mínima Referencia} \leq \mathbf{0.5 \text{ inHg}}$$

Grado de los Instrumentos de Presión y Vacío:

Para definir el grado de los instrumentos patrones, tomamos como referencia la tabla 21, que contempla el error permisible en porcentaje y define a un extremo el equipo referencial de donde se debe acoger el investigador para seleccionar la mejor opción para su control.

Tabla 21: Grado de Instrumento

Error permisible en $\pm\%$ del alcance máximo de la escala			
Grado	0-25% span	25-75% span	75-100% span
4A	0.1	0.1	0.1
3A	0.25	0.25	0.25
2A	0.5	0.5	0.5
1A	1.0	1.0	1.0
A	2.0	1.0	2.0
B	3.0	2.0	3.0
C	4.0	3.0	4.0
D	5.0	5.0	5.0

Equipo de laboratorio
Equipo para prueba
Patrón y proceso
Instrumentación
Medidor de presión
Indicador de presión

Fuente y elaborado por: Infra-Metrón
Año: 2009

Establecidas las prioridades para el proyecto el grado de los patrones puede ser de **4A hasta 2A**, caso contrario estaría fuera de los rangos establecidos para realizar un control metrológico como patrón referencial.

Calculados y establecidos los requerimientos técnicos se procede a ubicar los patrones en el mercado nacional, consiguiendo los instrumentos detallados en la Tabla 22. (**VER ANEXO 2**)

Tabla 22: Elección de Instrumentos Patrones de Presión y Vacío.

INSTRUMENTO:	<i>MANÓMETRO PATRÓN</i>	<i>VACUÓMETRO PATRÓN</i>
MARCA:	MARTEL ELECTRONICS	MARTEL ELECTRONICS
MODELO:	BETA GAUGE PI PRO 100	BETA GAUGE PI PRO 015C
EXACTITUD:	+/- 0.05% del SPAN	+/- 0.05% del SPAN
GRADO:	1A	1A
DIVISIÓN:	0.01 PSI	0.01 "Hg

Fuente: Cálculos Capítulo 4
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 39: Manómetro Patrón

Figura 40: Vacuómetro Patrón



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

4.3. Cálculo y elección del elemento generador de presión.

Seleccionar la alternativa correcta depende exclusivamente del consumo de aire total que va a generar nuestro banco de pruebas, para nuestro caso en particular los elementos que conforman la parte estructural ninguno de ellos es un producto que genere algún tipo de consumo, ya que son elementos neumáticos de paso o de control, por ende los valores de partida para la adquisición del compresor serán los siguientes:

- Presión de Trabajo Requerida: 6 bar
- Caída de Presión: 0.1 bar
- Potencia: 0.75 Kw/h Mínimo
- Tipo de Conexión: 110 v

Producto de estos requerimientos adquirimos el compresor neumático con las siguientes características técnicas, de acuerdo al fabricante, como se muestra en la tabla 23 (**VER ANEXO 3**)

Tabla 23: Elección de Compresor de Aire.

EQUIPO:	<i>COMPRESOR DE AIRE</i>
MARCA:	MZB AIR COMPRESSOR
MODELO:	V-0.17/8
PRESIÓN DE TRABAJO MÁXIMA:	7.92 BAR o 115 PSI
POTENCIA	1.5 Kw/h o 2 HP
CAPACIDAD DE CAUDAL:	0.17 m ³ /min o 6 C.F.M.
CONEXIÓN:	110 V

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado:

Año: 2014

Figura 41: Compresor de aire



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Seleccionado el compresor de aire se procede a hacer el cálculo de la red de distribución, donde se evaluará velocidad y la caída de presión, teniendo en cuenta los siguientes datos de apoyo de la tabla 24, con respecto al material y dimensionamiento de la tubería a utilizar:

Tabla 24: Cálculo de red de distribución.

Datos	Fabricante	Normativa Técnica
Sustrato de la tubería:	Galvanizado	Acero al carbono
Tipo y Grado de la tubería:	Circular – Sin soldadura	DIN 2448
Material de la tubería:	Galvanizado	St-37.0
Utilización de la tubería:	Para paso de agua o gas.	Conducción de agua, gas, vapor, sólidos.
Tamaño de tubería:	½”	DN15
Diámetro Ext. de tubería:	21,3 mm	-
Longitud de tubería:	4 m.	-
Espesor de tubería:	2 mm	2 mm espesor estándar de la DIN 2448

Fuente: Cálculos Capítulo 4
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Obtenidos estos datos en primer lugar calculamos el diámetro interior del tubo, con la siguiente fórmula:

$$\varnothing_{Int.} = \varnothing_{Ext.} - 2E$$

Dónde:

$\varnothing_{Int.}$: Diámetro Interno de la Tubería (mm)

$\varnothing_{Ext.}$: Diámetro exterior de la Tubería (mm)

E: Espesor (mm)

$$\varnothing_{Int.} = 21,3 - 2(2) = 17,3 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{Int} = 0,0173 \text{ m}$$

Para la velocidad aplicamos la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q_a}{60\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Dónde:

d: Diámetro Interno de la Tubería (m)

Q_a: Rango de Flujo de aire (m³/min)

v: Velocidad del Aire (m/s)

$$v = \frac{0.17}{60 \times (3.1416) \times \left(\frac{0.0173}{2}\right)^2}$$

$$v = 12.0536 \text{ m/s}$$

Para la caída de presión aplicamos la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \frac{\rho \times \mu \times l \times v^2}{2d}$$

Dónde:

ρ: Densidad del Acero Galvanizado (7850 kg/m³)

μ: Coeficiente de fricción

l: Longitud de la tubería

v: Velocidad del flujo de aire

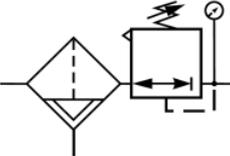
d: Diámetro Interior de la Tubería

$$\Delta p = \frac{7850 \times 3.6032^{-10} \times 4 \times (12,0536)^2}{2(0,0173)}$$

$$\Delta p = 0,0475306 \text{ bar}$$

4.4. Selección de los accesorios neumáticos que forman la parte metrológica

Tabla 25: Datos Técnicos Unidad de Mantenimiento.

Elemento:	Unidad de Mantenimiento
Descripción técnica:	Unidad de Mantenimiento FRC-1/4-D-7-MIDI
Fabricante:	Festo
Modelo:	FRC-1/4-D-7-MIDI
Presión de Trabajo:	1 – 16 bar
Temperatura de Trabajo:	-10 ... 60 °C
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Remueve agua y partículas Sólidas mayores de 5micras • Regulador con bloqueo de seguridad • Manómetro integrado en el regulador
Símbolo Neumático	

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

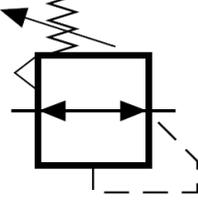
Figura 42: Unidad de mantenimiento



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 26: Datos Técnicos Regulador de Presión.

Elemento:	Regulador de Presión (Sección Presión)
Descripción técnica:	Regulador Modular 107 A G 3/4
Fabricante:	Neumatics
Modelo:	Modular 107 - G 3/4
Presión de Trabajo:	0 – 16 bar
Temperatura de Trabajo:	-10°, +50 °C
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Con sistema de alivio estándar a la atmósfera, que protege el sistema de una sobrepresión • Posibilidad de Montarse en cualquier posición. • Uniones modulares que facilitan la conexión y el mantenimiento
Símbolo Neumático	

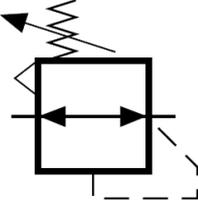
Fuente: Cálculos Capítulo 4
Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 43: Válvula reguladora de presión



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Tabla 27: Datos Técnicos Regulador de Depresión.

Elemento:	Regulador de Presión (Sección Depresión)
Descripción técnica:	Regulador Modular
Fabricante:	Bosch
Modelo:	670
Presión de Trabajo:	0 – 12 bar
Temperatura de Trabajo:	-15°, +45 °C
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Con sistema de alivio estándar a la atmósfera, que protege el sistema de una sobrepresión • Posibilidad de Montarse en cualquier posición. • Uniones modulares que facilitan la conexión y el mantenimiento
Símbolo Neumático	

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

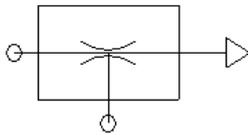
Figura 44: Válvula reguladora de depresión



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 28: Datos Técnicos Válvula de Vacío.

Elemento:	Válvula de Vacío tipo Venturi
Descripción técnica:	TOBERA ASPIRACIÓN VAD-1/4 9394
Fabricante:	Festo
Modelo:	VAD-1/4 9394
Presión de Trabajo:	1.5 – 10 bar
Temperatura de Trabajo:	-20°... +80 °C
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Eyector de vacío compacto • Tipo venturi, producen vacío con la ayuda del aire comprimido.
Símbolo Neumático	

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 45: Válvula tipo Venturi



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 29: Datos Técnicos Silenciador.

Elemento:	Silenciador 1/4
Descripción técnica:	Filtro sinterizado de bronce 1/4
Fabricante:	Pneuflex
Modelo:	M6 x 1
Presión de Trabajo:	1.5 – 10 bar
Temperatura de Trabajo:	10...80 °C
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar ruidos del sistema
Símbolo Neumático	

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

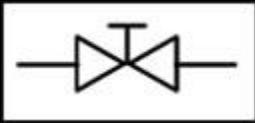
Figura 46: Silenciador



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 30: Datos Técnicos Llave de paso.

Elemento:	Llave de paso 1/2" y 1/4"
Descripción técnica:	Llave de paso tipo bola 1/2" – 1/4" de manilla
Fabricante:	No especificado
Modelo:	T/Bola 1/2" – 1/4"
Presión de Trabajo:	0 – 15 bar
Temperatura de Trabajo:	-15...+80 °C
Características	<ul style="list-style-type: none">• Accionamiento manual• Obtura el paso de aire parcial o totalmente
Símbolo Neumático	

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 47: Llave de paso.



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 31: Datos Técnicos Conector Rápido

Elemento:	Conector rápido 1/8" - 1/4" - 1/2"
Descripción técnica:	Racor rápido roscado mini R1/8" - R1/4" - R1/2"
Fabricante:	Festo
Modelo:	Quick Start QSM, Mini
Presión de Trabajo:	-0.95... +14 bar
Temperatura de Trabajo:	-10...+80 °C
Características	<ul style="list-style-type: none">• Anillo para soltar• Fácil conexión
Símbolo Neumático	O

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 48: Conector rápido



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tabla 32: Datos Técnicos Manguera Flexible

Elemento:	Manguera Flexible para baja presión
Descripción técnica:	Tubo de material sintético de polietileno
Fabricante:	Festo
Modelo:	PUN
Presión de Trabajo:	-0.95... +15 bar
Temperatura de Trabajo:	-30...+80 °C
Características	<ul style="list-style-type: none">• Versátil• Fácil manipulación
Símbolo Neumático	

Fuente: Cálculos Capítulo 4

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Figura 49: Manguera Flexible



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

4.5. Diseño estructural del banco de pruebas.

Elegidos todos los accesorios que conforman el banco de pruebas de presión, diseñamos en AutoCAD 2D, la estructura general a escala de la mesa donde se va a instalar cada uno de los componentes seleccionados (**VER ANEXO 4**).

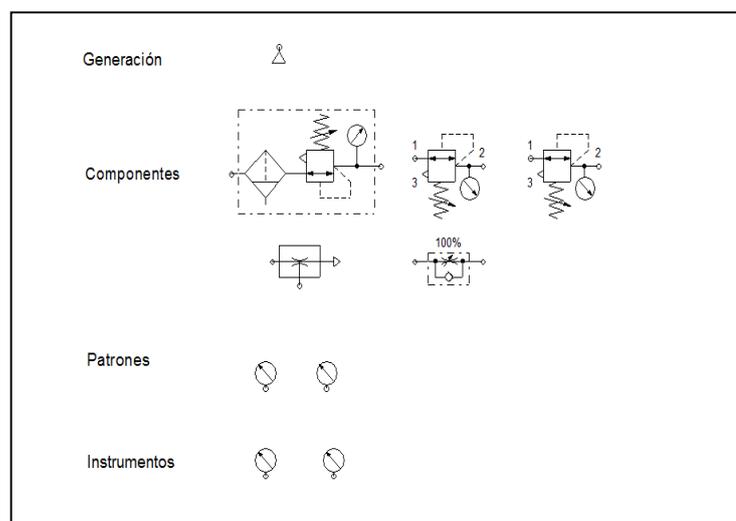
Este diseño cuenta con la facilidad de que será móvil en su inicio, para facilitar el traslado, pero para el trabajo en situ se recomienda que sea adaptado al piso del laboratorio para disminuir al 100% cualquier efecto secundario (vibración, temperatura, etc.) que afectaría el libre proceso del ensayo metrológico.

4.6 Simulación neumática

Para la simulación del esquema neumático, nos hemos valido de una aplicación virtual, que es el software Festo versión FluidsIM®3.6, que es una herramienta altamente didáctica de uno de los proveedores más reconocidos a nivel mundial sobre sistema y componentes neumáticos. Mediante esta aplicación se diagramó paso a paso cada uno de los elementos y accesorios que conforman nuestro banco de pruebas y como estos aportan de manera individual la concepción final de nuestro proyecto.

PASO 1: Se elige los accesorios y componentes neumáticos que conforman nuestro sistema.

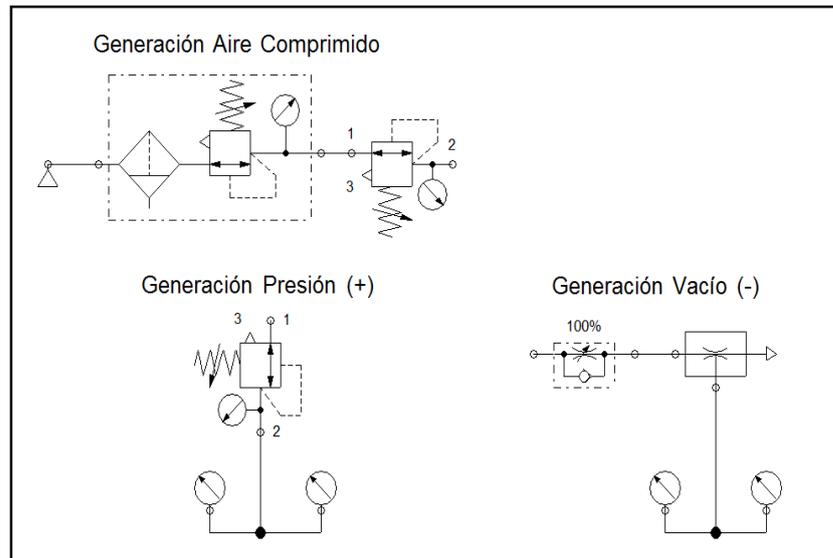
Figura 50: Paso 1- Simulación neumática



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

PASO 2: Conformamos los subsistemas que van a hacer parte de nuestro diseño, separándolo en 3 grupos: Generación de aire comprimido, sección de presión y sección de vacío o depresión.

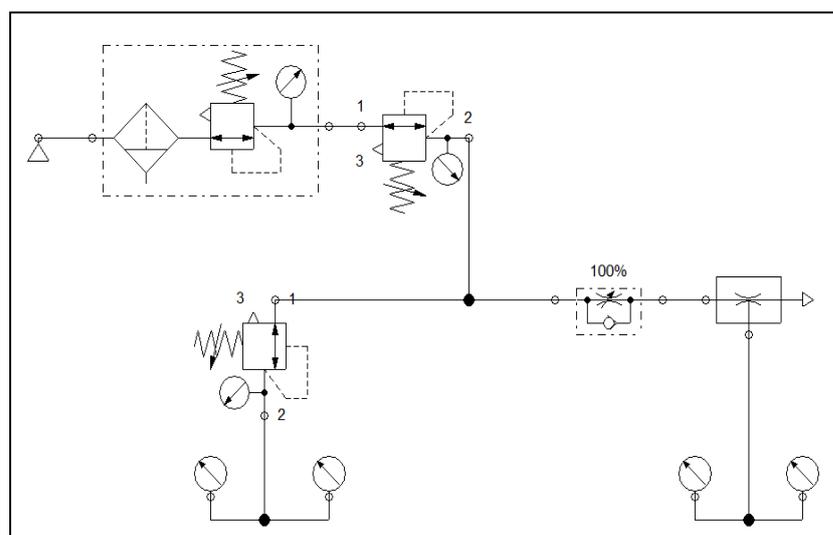
Figura 51: Paso 2- Simulación neumática



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

PASO 3: Unificamos el sistema neumático mediante líneas de unión (tuberías), delimitando las líneas de abastecimiento principales y secundarias

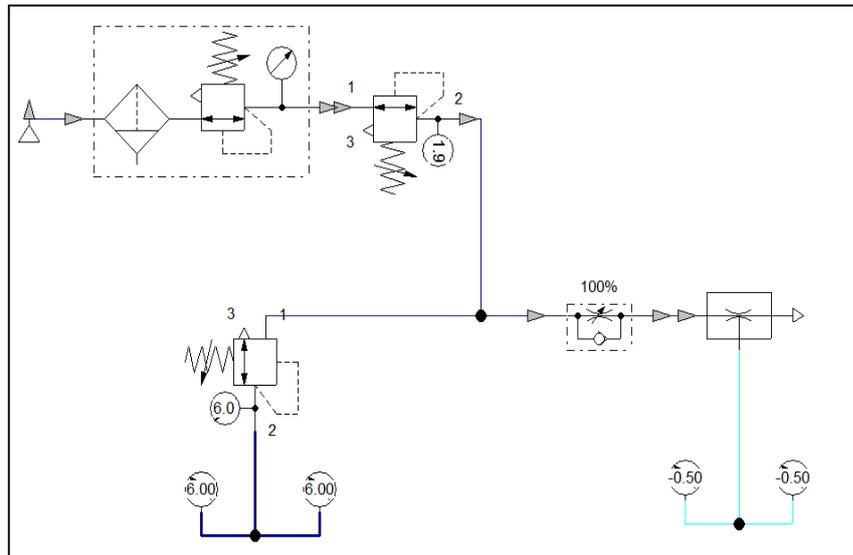
Figura 52: Paso 3- Simulación neumática



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

PASO 4: Simulamos y comprobamos la funcionalidad del diseño propuesto, mediante la compilación del diseño esquematizado.

Figura 53: Paso 4- Simulación neumática



Fuente y elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Mediante esta herramienta hemos comprobado empíricamente que nuestro esquema es válido y que puede ser llevado a la práctica.

4.7 Ensamble

4.7.1. Selección de materiales y construcción del Banco de Pruebas Neumático.

Los materiales se seleccionaron en función de una comparación con los paneles didácticos **MICRO** serie base **0.000.016.872 Estación de trabajo** Fig. 54 y **0.900.000.734 Panel didáctico HID** Fig. 55.

Estos paneles están contruidos en perfiles de aluminio estructural, pero para la práctica elegimos perfiles de acero estructural, ya que su diversidad y bajo costo permiten adquirirlos con mayor facilidad.

Figura 54: Estación de trabajo

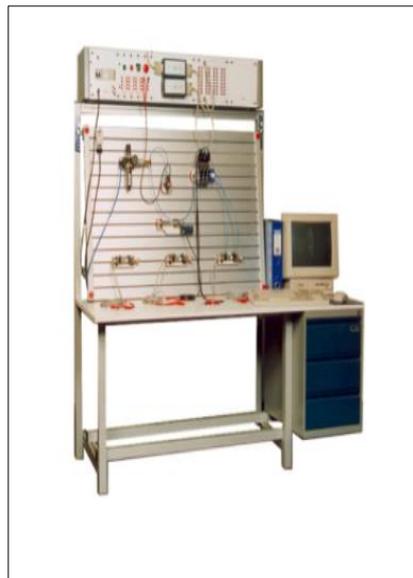


Fuente: Paneles Serie DIDACTO

Elaborado por: www.microautomatizacion.com

Año: 2014

Figura 55: Panel didáctico HID



Fuente: Paneles Serie DIDACTO

Elaborado por: www.microautomatizacion.com

Año: 2014

El banco de pruebas constituye una variante de los paneles descritos anteriormente, permitiendo configurar una buena alternativa de estación de trabajo integrada.

Tabla 33: Materiales

Cantidad	Unidad	Material	Descripción
1	UN	Caucho	Plancha caucho puro de 1/2"
1	UN	Angulo	Angulo de 3/4" X 1/8"
1	UN	Tubo	Tubo redondo Galvanizado 1/2"
2	UN	Tubo	Tubo cuadrado de 1" 1/2
2	UN	Plancha	Plancha A-36 4Ft x 8Ft X 1/16"
2	L	Pintura	Gris Anticorrosivo (Fondo)
2	L	Pintura	Esmalte Azul
2	L	Pintura	Esmalte Blanco
4	UN	Ruedas	Ruedas Imsa 3"
4	UN	Bisagras	Estándar
5	Kg	Soldadura	Electro 60-11

Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

4.7.2. Construcción del banco de pruebas neumático.

Figura 56: Corte de Partes y piezas del Banco de Pruebas Neumático



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 57: Ensamble de perfiles del Banco de Pruebas Neumático



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 58: Colocación de planchas y divisiones



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 59: Esmerilado de excesos de soldadura



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 60: Confirmación de Medidas para elaboración de Cajoneras



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 61: Confirmación de medidas para construcción de puertas en zona del compresor



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 62: Acople de puertas y cajoneras



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 63: Ubicación del compresor dentro de la estructura



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 64: Conexión de la Red Primaria de aire



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 65: Instalación de los elementos neumáticos.



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 66: Perforaciones para la sujeción del tendido neumático



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 67: Ubicación de los patrones de presión y vacío



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

Figura 68: Banco de Pruebas Metrológicas



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

4.8 Monitoreo y control de fugas.

Ensamblado el banco de pruebas procedemos a realizar el monitoreo y control de las posibles fugas que de aire que se presenten dentro de nuestro diseño.

Utilizamos el equipo localizador de fugas por ultrasonido del fabricante UE SYSTEM INC, modelo BCP, el cual mediante sensores inspecciona a detalle cada una de las uniones que conforman el banco de pruebas.

De la inspección realizada se recibe un reporte el cual indica que el diseño propuesto presenta cero “fugas” (**VER ANEXO 5**).

Figura 69: Equipo Controlador de fugas.



Fuente y elaborado por: Los Autores
Año: 2014

CAPÍTULO V

PUESTA EN MARCHA, PRÁCTICAS METROLÓGICAS Y

RESULTADOS

5.1. Elaboración de procedimiento de calibración

El procedimiento guía para la calibración de instrumentos medidores de presión y vacío, es presentado en base a un compendio de una serie de protocolos de organismos gubernamentales y entidades privadas con alta experiencia dentro del proceso metrológico.

Dentro de esta investigación nos hemos basado plenamente en la normativa técnica regulatoria a nivel nacional NTE INEN 1 825:1998 del Instituto Ecuatoriano de Normalización, la cual tiene como alcance la evaluación de “Manómetros, vacuómetros y manómetros de presión-vacío, indicadores y registradores con elemento sensor elástico (instrumentos ordinarios)” (**VER ANEXO 6**).

Otro Procedimiento que ha servido como sustento para la elaboración de instructivo de calibración es el ME-003 del Centro Español de Metrología. (**VER ANEXO 7**)

Adicional a estos protocolos, se ha referenciado varios documentos digitales vía internet, que han servido de gran apoyo para elaborar el procedimiento de calibración adaptado al entorno de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Cabe indicar que el alcance del proyecto de tesis grado presentado, radica plenamente en el diseño estructural del banco metrológico, por ende los certificados de calibración de los patrones de presión y vacío no cuentan con la acreditación por parte de la norma ISO 17025, producto de aquello no se dispone del valor de incertidumbre (en USA que es la casa de fabricante MARTEL, muy poco utilizan la

incertidumbre salvo el caso que se necesite acreditado), lo que si nos otorga el reporte de calibración es el valor cualitativo del TUR el cual muestra que los patrones utilizados para este servicio tienen una exactitud en relación de 4 a 1 contra el instrumento calibrado lo que revela que el patrón es apto para los controles metrológicos (**VER ANEXO 8**)

5.1.1. Procedimiento de calibración de instrumentos neumáticos UPS-Guayaquil.

A. Finalidad

Describir los procedimientos y técnicas a utilizar para la calibración de medidores neumáticos (manómetros, vacuómetros, manovacúómetros y medidores eléctricos) de lectura directa de presiones relativas con relación a la presión atmosférica, con el fin de determinar el estado metrológico en que se encuentran dichos instrumentos.

B. Alcance

Aplicable a todos los manómetros y vacuómetros neumáticos de lectura directa de presiones relativas con relación a la presión atmosférica; ya sean estos instrumentos análogos o digitales. El campo de medida estará comprendido entre (-0.6 y 6) bar.

C. Documentos referenciales

- NTE INEN 1 825:1998 - Instituto Ecuatoriano de Normalización
- ME-003 – Centro Español de Metrología
- INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: TEORÍA Y PRÁCTICA – L&S Consultores C.A. (Autores: Sifredo J. Sáez Ruiz y Luis Font Ávila)

D. Criterios para la calibración y ajuste

Los equipos deben permanecer en el laboratorio el tiempo necesario para la estabilización de la temperatura. Es conveniente que tanto el calibrador patrón como los accesorios se encuentren un mínimo de 2 horas en el departamento a una temperatura de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Antes de proceder a la realización de un ajuste o reparación, es conveniente asegurarse de que dicho ajuste o reparación es necesario y no es consecuencia de un error cometido en la realización de la calibración. Una vez efectuado el ajuste o reparación, se repetirá la calibración completa del equipo, indicando los resultados anteriores y posteriores de la calibración.

E. Preparación de los equipos y limpieza

Antes de proceder a la calibración de los equipos es necesario someterlos al siguiente procedimiento:

- Limpieza total del manómetro a calibrar en el caso de que sea necesario.
- Dejar estabilizar tanto el patrón como el mensurando a la temperatura ambiente 2 horas.

F. Estado y funcionamiento

Se inspeccionará:

- Si existen sobre el manómetro golpes o rayas que puedan ser causa de alteración en la medida.
- El estado de la carátula (espacio entre divisiones, estado de las marcas, condición de la aguja indicadora, y/o alguna otra característica técnica que sea relevante para el fabricante).

- El comportamiento mecánico a las variaciones de presión (nos dará una idea del correcto funcionamiento del sistema medidor, atascos, fricciones, roces, etc.).
- Si el manómetro no presenta identificación propia, ni número de serie, proceder a identificarlo con un código.

G. Equipos necesarios para la calibración

- Calibrador de presión
- Marcador electrónico (vibrador).
- Extractores de agujas.
- Destornilladores.
- Juegos de llaves para acoplamiento.
- Pinzas.
- Extractor de aro y/o anillo de ventana.
- Accesorios: adaptadores, racores, tubos.

H. Procedimiento de calibración

La calibración de un manómetro, vacuómetro o manovacúmetro consistirá en la realización de un conjunto de mediciones en distintos puntos del campo de medida del instrumento.

El instrumento se acoplará en el calibrador patrón mediante los adaptadores adecuados de forma que no existan fugas. Salvo indicación contraria por parte del fabricante o del solicitante de la calibración el manómetro se instalará en posición vertical.

Se comprobará que el rango de calibración del manómetro esté dentro del rango del calibrador patrón.

El número de puntos de calibración será mínimo de cinco, uniformemente repartidos en el rango de calibración del manómetro.

Para cada uno de los puntos de calibración se realizarán 4 secuencias de medidas, 2 en sentido creciente de presión y 2 en sentido decreciente.

Con la práctica de dicha rutina de calibración se garantiza que se ha realizado una calibración efectiva dentro de los parámetros de repetibilidad y reproducibilidad.

Al momento de recibir una solicitud de calibración para un instrumento medidor de presión por parte de un usuario externo, se debe realizar el cálculo del índice de la calidad de la calibración, representado por la letra “Q”. Esta evaluación teórica se realiza con el fin de determinar si el equipo patrón tiene la capacidad de calibrar el instrumento entregado.

En caso que la relación no se cumpla, **es decir que $Q < 4$** , no se podrá realizar la calibración; salvo que después de avisar al usuario este autorice realizar la calibración bajo estas condiciones. La fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{T/\sqrt{3}}{U/K}$$

$$T = \frac{\text{Clase} \times \text{Rango}}{100}$$

Q: Índice de calidad de la calibración

T: Tolerancia del Instrumento

U: Incertidumbre del Patrón

K: Factor de Cobertura

Una vez calculado el índice calidad de calibración, se debe someter al instrumento a una operación de eliminación de posible pereza, para ello se aplicará al manómetro una presión igual a la del fondo de escala y a continuación se dejará decrecer lentamente la presión hasta el valor cero. Esta operación se realizará una o dos veces.

En primer lugar se comprobará en 3 puntos (10%, 50% y 100%) del fondo de escala que el manómetro está dentro de la tolerancia por si es necesario realizar algún ajuste. En cualquier caso, el cliente nos debe de permitir la realización de cualquier ajuste

Para realizar las medidas, una vez estable la presión del calibrador en el punto deseado, se procederá a golpear ligeramente el manómetro para evitar errores producidos por fricciones mecánicas.

La primera de las secuencias de medidas se realizará en sentido creciente de presión para cada uno de los puntos de calibración, después de realizado el último punto de calibración llevaremos la presión hasta el fondo de escala (este requisito es imprescindible para considerar la histéresis del manómetro). La segunda secuencia se realizará igual que la primera pero en sentido decreciente de presión hasta llegar al valor cero del manómetro.

Se realizarán dos series de medidas más al igual que las dos anteriores, con lo cual obtendremos 4 valores por punto de calibración. Una vez finalizada la calibración y antes de desmontar los instrumentos, comprobaremos los resultados por si fuese necesario repetir algún punto.

H.1 Resultados de calibración

Los datos registrados de la calibración serán escritos en el formato UPSMT-001 si el ensayo metrológico es de presión, o en la plantilla UPSMT-002 si la práctica fue en vacío. Posteriormente se ingresarán estos valores es el archivo digital “Cálculos de Calibración de Presión-Vacío UPS” anexo a la tesis, para obtener el resultado final.

Se dará una tabla de resultados de calibración en la cual cada fila se corresponderá con cada uno de los puntos de calibración. En la primera columna de la tabla irán los valores generados por el patrón, en la segunda los valores medios indicados por el instrumento a calibrar, en la tercera columna la corrección de calibración que resulta de la diferencia entre las presiones generadas por el patrón y las medias de las indicaciones del instrumento a calibrar y en la última columna vendrá la incertidumbre de calibración. Calcular el valor de incertidumbre con un nivel de confianza determinado nos garantiza que nuestra medición es de calidad, ya que nos acercamos al valor real, cumpliendo con los niveles más altos de exactitud.

“Cuando se expresa el resultado de la medición, además del valor estimado del mesurando, es necesario evaluar y expresar la incertidumbre de la medición como valoración de la calidad del resultado de la medición. La incertidumbre de la medición es considerada como una figura de mérito, es decir, un índice de calidad de la medición que proporciona una base para la comparación de los resultados de las mediciones, dando una medida de confiabilidad en los resultados”.⁴

⁴ INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: TEORÍA Y PRÁCTICA – L&S Consultores C.A. (Autores: Sifredo J. Sáez Ruiz y Luis Font Ávila) –Maracay 2001

H.2 Cálculo de incertidumbres

El cálculo de la incertidumbre va estar asociado por la contribución varios agentes, los cuales están divididos en 3 grupos muy marcados, los cuales detallamos a continuación:

A. Contribuciones del Mesurando (Instrumento Evaluado)

B. Contribuciones del Patrón

C. Contribuciones del Ambiente o Proceso.

Estos 3 grupos aportan considerablemente al incremento de la confianza de en la validez del resultado de la medición.

H.2.1 Contribuciones de incertidumbre asociadas al Mesurando

H.2.1.1 Contribución de la incertidumbre debida a la repetibilidad de las medidas leídas en el mesurando.

$$U_1 = \sqrt{\frac{\sum(P_i - P_o)^2}{n(n-1)}}$$

Dónde:

U_1 : es la incertidumbre de repetibilidad

n : es el número de medidas (4)

P_i : es cada una de las presiones leídas en el mensurando

P_o : es la medida de las presiones leídas en el mensurando en cada punto de calibración.

H.2.1.2 Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del mesurando.

$$U_2 = \frac{res(mens)}{2\sqrt{3}}$$

Dónde:

U_2 : es la incertidumbre de resolución del mesurando

res (mens): es la resolución del mesurando.

H.2.1.3 Contribución de la incertidumbre debida a la histéresis del mesurando

$$U_3 = \frac{his}{2\sqrt{3}}$$

Dónde:

U_3 : es la incertidumbre de histéresis del mesurando

his: es el cálculo de histéresis obtenido de los resultados del mesurando.

H.2.2 Contribuciones de incertidumbre asociadas al Patrón

H.2.2.1 Contribución de la incertidumbre del patrón debido al error máximo permisible.

$$EMP = \frac{Exactitud \times Intervalo de Medición}{100}$$

$$U_4 = \frac{EMP}{\sqrt{3}}$$

Dónde:

EMP: Error máximo permisible.

Exactitud: es la clase de exactitud estimada por el fabricante del patrón.

Intervalo de Medición: es la máxima lectura del instrumento patrón.

U_4 : es la incertidumbre calculada del Patrón debido al error máximo permisible (Al no contar con un instrumento certificado, usamos esta forma de cálculo de incertidumbre para representar la contribución del patrón)

H.2.2.2 Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del patrón

$$U_5 = \frac{res(pat)}{2\sqrt{3}}$$

Dónde:

U_5 : es la incertidumbre calculada de la resolución del patrón

res (pat): es la resolución del patrón

H.2.3 Contribuciones de incertidumbre asociadas al entorno o proceso.

H.2.3.1 Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura).

$$\Delta t = Abs |T2 - T1|$$

$$U_6 = \Delta t/\sqrt{3}$$

Dónde:

T2: Temperatura del Instrumento

T1: Temperatura del Patrón

Δt : Variación de Presión

Se presenta esta fórmula de cálculo de incertidumbre, para dar a conocer que su participación al momento de realizar una calibración puede ser considerable para la estimación final de la incertidumbre combinada. Como no se dispone de un laboratorio con temperaturas controladas, el valor que se asume para el cálculo es cero "0".

H.2.3.2 Contribución de la incertidumbre debida al nivel de referencia (Altura)

$$\Delta h = Abs |X2 - X1|$$

$$\Delta P = \rho \times g \times \Delta h$$

$$U_7 = \Delta P / \sqrt{3}$$

Dónde:

U_7 : es la incertidumbre calculada de la resolución del patrón

Δh : Variación de altura entre el patrón y el instrumento

X_2 : Altura del Instrumento

X_1 : Altura del Patrón

ΔP : Variación de Presión

ρ : Densidad del medio utilizado

g : Gravedad

Se presenta esta fórmula de cálculo de incertidumbre, para dar a conocer que su participación al momento de realizar una calibración puede ser considerable para la estimación final de la incertidumbre combinada; pero dentro de nuestro diseño el patrón y el instrumento a calibrar estarán al mismo nivel por lo que el valor que se asume para el cálculo es cero “0”.

Una vez estimados todas las incertidumbres procedemos a establecer la incertidumbre combinada, empleando la siguiente fórmula matemática:

$$U_c = \sqrt{U1^2 + U2^2 + U3^2 + U4^2 + U5^2 + U6^2 + U7^2}$$

Dónde:

Tabla 34: Tipos de Incertidumbres

U	Tipo de Incertidumbre	Dato	Valor
U1:	Incertidumbre por repetibilidad del mesurando	Variable	Calculable
U2:	Incertidumbre por resolución del mesurando	Variable	Calculable
U3:	Incertidumbre por histéresis del mesurando	Variable	Calculable
U4:	Incertidumbre por EMP del patrón	Fijo	0.0009
U5:	Incertidumbre por resolución del patrón	Fijo	0.0029
U6:	Incertidumbre en base a las condiciones ambientales	Fijo	0
U7:	Incertidumbre en base al nivel de referencia	Fijo	0

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización y Centro Español de Metrología

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Con este valor (U_c) se procede hacer el cálculo de la incertidumbre expandida de calibración, en base a un nivel de confianza estimado.

“La incertidumbre expandida es requerida para suministrar un intervalo en el cual podría encontrarse una fracción grande de la distribución de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando, es decir con una probabilidad mayor a la que se tendría si solo se trabajase con la incertidumbre combinada”.⁵

H.3 Incertidumbre expandida de calibración

La incertidumbre expandida se calcula con la siguiente fórmula:

$$U = k \cdot U_c$$

Dónde:

U_c : es la incertidumbre combinada

k : es el factor de cobertura (nivel de confianza deseado; para nuestros cálculos usaremos una probabilidad del 95%, donde k es 2)

U : Incertidumbre expandida del Instrumento

H.4 Criterios de aceptación

Muchos de los laboratorios metrológicos solo cumplen con estimar el valor de incertidumbre, pero realmente este indicador no cuantifica si el equipo es realmente confiable para realizar el trabajo para el que está destinado.

⁵ INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: TEORÍA Y PRÁCTICA – L&S Consultores C.A. (Autores: Sifredo J. Sáez Ruiz y Luis Font Ávila) –Maracay 2001

Bajo esta premisa se calcula la capacidad del instrumento, mediante la fórmula que ponemos a consideración:

$$C = \frac{T}{U}$$

Esta relación indica que la capacidad del instrumento es el resultado de la división de la Tolerancia del Instrumento y la Incertidumbre calculada durante la calibración del mismo. El criterio de aceptación va estar influenciado directamente por el valor de capacidad calculado, es decir que si $C \geq 3$ el equipo es CONFORME para la tolerancia requerida, caso contrario el instrumento es RECHAZADO, ya que no cumpliría con el valor mínimo recomendable para el trabajo que está ejerciendo.

(VER ANEXO 9)

***Nota:** Cabe indicar que el valor de tolerancia debe ser determinado por el usuario del instrumento, ya que el establece sus especificaciones de proceso, siendo este el responsable directo sobre sus parámetros de control, si el usuario no ha considerado este indicador el criterio para establecer dicho valor queda en consideración del instrumentista que realiza el cálculo (En base a la experiencia se sugiere definirlo como el doble o el triple de la resolución del instrumento).*

5.2. Ejercicio modelo para la calibración de Manómetros

5.2.1. Calculo de índice de calidad de la calibración

Datos:

Tabla 35: Manómetro Patrón vs Instrumento

PATRÓN		INSTRUMENTO	
DESCRIPCIÓN	Manómetro Precisión	DESCRIPCIÓN	Manómetro Trabajo
TIPO	Digital	TIPO	Analógico
FABRICANTE	Martel Electronics	FABRICANTE	Ametek
MODELO	PI-PRO-100G	MODELO	HS-3
N° SERIE	2916097	N° SERIE	2458NI
RANGO	0 a 6 bar	RANGO	0 a 4 bar
EXACTITUD	0.05 %	EXACTITUD	0.25 %
INCERTIDUMBRE	0.0017 bar		
FACTOR COB. "K"	2		

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tolerancia del instrumento a calibrar

$$T = \frac{\text{Exactitud} \times \text{Rango}}{100}$$

$$T = \frac{0.25 \times 4}{100}$$

$$T = 0.01$$

Índice de calidad de calibración

$$Q = \frac{T/\sqrt{3}}{U/K}$$

$$Q = \frac{0.01/1.7321}{0.0017/2}$$

$$Q = 7$$

Relación $7 > 3$ "Es Apto"

Como se cumple con la relación $Q > 3$, el equipo patrón tiene la capacidad de calibrar el instrumento.

5.2.2. Registro de datos



No. DE CONTROL DE VERIFICACIÓN: UPSMT-0001

HOJA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

Equipo:	MANÓMETRO	Código:	UPS-MAN-001
Fabricante:	AMETEK	Usuario	UNV. POL. SALESIANA
Modelo:	HS-3	Clase:	0.25 %
Nº Serie:	2458NI	Exactitud:	1 <i>Bar</i>
Rango:	0 a 4 Bar	Decimales:	1
Tipo:	Analógico	Resolución:	0.5 <i>Bar</i>

Fechas		Condiciones Ambientales:	
Recepción:	Nov-2014	Temp(°C):	23 ± 2°C
Calibración:	Dic-2014	H. (%Hr):	50 %

Presión	Lecturas			
	1ª Serie		2ª Serie	
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente
Patrón	Bar	Bar	Bar	Bar
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2.0	2.0	2.25	2.0	2.25
3.0	3.0	3.25	3.0	3.25
4.0	4.0	4.25	4.0	4.25

Elaborado por:

Observación: PRACTICA N°1
 CALIBRACIÓN UPS

5.2.3. Cálculo de Incertidumbre Manómetro

1. Contribución de la incertidumbre debida a la repetibilidad de las medidas leídas en el mesurando.

$$U_1(0.50) = \sqrt{\frac{\Sigma(0.50-0.50)^2+(0.50-0.50)^2+(0.50-0.50)^2+(0.50-0.50)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(1.00) = \sqrt{\frac{\Sigma(1.00-1.00)^2+(1.00-1.00)^2+(1.00-1.00)^2+(1.00-1.00)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(1.50) = \sqrt{\frac{\Sigma(1.50-1.50)^2+(1.50-1.50)^2+(1.50-1.50)^2+(1.50-1.50)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(2.00) = \sqrt{\frac{\Sigma(2.06-2.00)^2+(2.06-2.25)^2+(2.06-2.00)^2+(2.06-2.00)^2}{4(4-1)}} = 0.0625$$

$$U_1(3.00) = \sqrt{\frac{\Sigma(3.06-3.00)^2+(3.06-3.25)^2+(3.06-3.00)^2+(3.06-3.00)^2}{4(4-1)}} = 0.0625$$

$$U_1(4.00) = \sqrt{\frac{\Sigma(4.06-4.00)^2+(4.06-4.25)^2+(4.06-4.00)^2+(4.06-4.00)^2}{4(4-1)}} = 0.0625$$

Tabla 36: Incertidumbre por repetibilidad – Presión

PRESIÓN PATRÓN	PRIMERA SERIE		SEGUNDA SERIE		MEDIAS CRECIENTES	MEDIAS DECRECIENTES	MEDIAS TOTALES	CORRECCIÓN VALOR MEDIDO	INCERTIDUMBRE POR REPETIBILIDAD (U1)
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente					
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.0000
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.0000
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.0000
2.00	2.00	2.25	2.00	2.00	2.00	2.13	2.10	-0.10	0.0625
3.00	3.00	3.25	3.00	3.00	3.00	3.13	3.10	-0.10	0.0625
4.00	4.00	4.25	4.00	4.00	4.00	4.13	4.10	-0.10	0.0625

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del mesurando.

$$U_2 = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} = \frac{0.5}{3.4641} = 0.1443$$

3. Contribución de la incertidumbre debida a la histéresis del mesurando

$$U_{3(0.50)} = \frac{0.50 - 0.50}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(1.00)} = \frac{1.00 - 1.00}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(1.50)} = \frac{1.50 - 1.50}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(2.00)} = \frac{2.00 - 2.13}{2\sqrt{3}} = \frac{0.13}{3.4641} = 0.0361$$

$$U_{3(3.00)} = \frac{3.00 - 3.13}{2\sqrt{3}} = \frac{0.13}{3.4641} = 0.0361$$

$$U_{3(4.00)} = \frac{4.00 - 4.13}{2\sqrt{3}} = \frac{0.13}{3.4641} = 0.0361$$

Tabla 37: Incertidumbre debida a la histéresis del mesurando - Presión

	Creciente	Decreciente	Constante	Manómetro (U3)
U_{hist(0.50)}	0.50	0.50	3,46	0,0000
U_{hist(1.00)}	1.00	1.00	3,46	0,0000
U_{hist(1.50)}	1.50	1.50	3,46	0,0000
U_{hist(2.00)}	2.00	2.13	3,46	0,0361
U_{hist(3.00)}	3.00	3.13	3,46	0,0361
U_{hist(4.00)}	4.00	4.13	3,46	0,0361

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

4. Contribución de la incertidumbre debida al Error Máximo Permissible (EMP) del patrón

$$EMP = \frac{\textit{Exactitud} \times \textit{Intervalo de Medición}}{100} = \frac{0.05 \times 6}{100} = 0.003$$

$$U_4 = \frac{EMP}{\sqrt{3}} = \frac{0.003}{1.7321} = 0.0017$$

5. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del patrón

$$U_5 = \frac{\textit{res. (patrón)}}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{3.4641} = 0.0029$$

6. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_6 = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de temperatura no es cuantificable para nuestro caso.

7. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_7 = \frac{\Delta p}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de presión por diferencia de altura no existe. El diseño del banco de pruebas evito considerar esta variable colocando las salidas del patrón y del mesurando al mismo nivel.

Incertidumbre combinada

$$U_c(0.50) = \sqrt{(0.00)^2 + (0.1443)^2 + (0.00)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1444$$

$$U_c(1.00) = \sqrt{(0.00)^2 + (0.1443)^2 + (0.00)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1444$$

$$U_c(1.50) = \sqrt{(0.00)^2 + (0.1443)^2 + (0.00)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1444$$

$$U_c(2.00) = \sqrt{(0.0625)^2 + (0.1443)^2 + (0.0361)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1614$$

$$U_c(3.00) = \sqrt{(0.0625)^2 + (0.1443)^2 + (0.0361)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1614$$

$$U_c(4.00) = \sqrt{(0.0625)^2 + (0.1443)^2 + (0.0361)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1614$$

Incertidumbre expandida

$$U_{0.50} = 2 \times 0.1444 = 0.2888$$

$$U_{1.00} = 2 \times 0.1444 = 0.2888$$

$$U_{1.50} = 2 \times 0.1444 = 0.2888$$

$$U_{2.00} = 2 \times 0.1614 = 0.3228$$

$$U_{3.00} = 2 \times 0.1614 = 0.3228$$

$$U_{4.00} = 2 \times 0.1614 = 0.3228$$

Tabla 38: Incertidumbre expandida - Presión

	Contribución del Mesurando			Contribución del Patrón		Contribución Condiciones Calibración		Incert. Combinada	Incert. Expandida
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7		
0.50	0.0000	0.1443	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1444	0.2888
1.00	0.0000	0.1443	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1444	0.2888
1.50	0.0000	0.1443	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1444	0.2888
2.00	0.0625	0.1443	0.0361	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1614	0.3228
3.00	0.0625	0.1443	0.0361	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1614	0.3228
4.00	0.0625	0.1443	0.0361	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1614	0.3228

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

5.2.4. Cálculo de Capacidad - Presión

$$C_{0.50} = \frac{1}{0.2888} = 3.46$$

$$C_{1.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.46$$

$$C_{1.50} = \frac{1}{0.3228} = 3.46$$

$$C_{2.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.10$$

$$C_{3.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.10$$

$$C_{4.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.10$$

En base al valor de capacidad encontrado, podemos establecer el siguiente comentario:

El instrumento es CONFORME para la Tolerancia requerida.

5.3. Ejercicio modelo para la calibración de Vacuómetros

5.3.1. Cálculo de índice de calidad de la calibración

Datos:

Tabla 39: Vacuómetro Patrón vs Instrumento

PATRÓN		INSTRUMENTO	
DESCRIPCIÓN	Vacuómetro Precisión	DESCRIPCIÓN	Manómetro Trabajo
TIPO	Digital	TIPO	Analógico
FABRICANTE	Martel Electronics	FABRICANTE	WIKA
MODELO	PI-PRO-015C	MODELO	XYZ
N° SERIE	2916096	N° SERIE	1234
RANGO	0 a 600 milibar	RANGO	0 a 400 milibar
EXACTITUD	0.05 %	EXACTITUD	0.25 %
INCERTIDUMBRE	0.17 milibar		
FACTOR COB. "K"	2		

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

Tolerancia del instrumento a calibrar

$$T = \frac{\text{Exactitud} \times \text{Rango}}{100}$$

$$T = \frac{0.25 \times 4}{100}$$

$$T = 0.01$$

Índice de calidad de calibración

$$Q = \frac{T/\sqrt{3}}{U/K}$$

$$Q = \frac{0.01/1.7321}{0.0017/2}$$

$$Q = 7$$

Relación $7 > 3$ "Es Apto"

Como se cumple con la relación $Q > 3$, el equipo patrón tiene la capacidad de calibrar el instrumento.

5.3.2. Registro de datos



No. DE CONTROL DE VERIFICACIÓN: UPSMT-0002

HOJA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE VACÍO

Equipo:	VACUÓMETRO	Código:	UPS-VAC-001
Fabricante:	Wika	Usuario	UNV. POL. SALESIANA
Modelo:	XYZ	Clase:	0.25%
Nº Serie:	1234	Exactitud:	100 <i>mlBar</i>
Rango:	0 a 400 mlBar	Decimales:	0
Tipo:	Analógico	Resolución:	50 <i>mlBar</i>

Fechas		Condiciones Ambientales:	
Recepción:	Nov-2014	Temp(°C):	23 ± 2°C
Calibración:	Dic-2014	H. (%Hr):	50%

Vacío	Lecturas			
	1ª Serie		2ª Serie	
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente
Patrón				
mlBar	mlBar	mlBar	mlBar	mlBar
50	50	50	50	50
100	100	100	100	100
150	150	150	150	150
200	225	225	225	225
300	325	325	325	352
400	425	425	425	425

Elaborado por:

Observación: PRÁCTICA N°2
CALIBRACIÓN UPS

5.3.3. Cálculo de Incertidumbre Vacuómetro

2. Contribución de la incertidumbre debida a la repetibilidad de las medidas leídas en el mesurando.

$$U_1(50) = \sqrt{\frac{\Sigma(50-50)^2+(50-50)^2+(50-50)^2+(50-50)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(100) = \sqrt{\frac{\Sigma(100-100)^2+(100-100)^2+(100-100)^2+(100-100)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(150) = \sqrt{\frac{\Sigma(150-150)^2+(150-150)^2+(150-150)^2+(150-150)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(200) = \sqrt{\frac{\Sigma(225-225)^2+(225-225)^2+(225-225)^2+(225-225)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(300) = \sqrt{\frac{\Sigma(325-325)^2+(325-325)^2+(325-325)^2+(325-325)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(400) = \sqrt{\frac{\Sigma(425-425)^2+(425-425)^2+(425-425)^2+(425-425)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

Tabla 40: Incertidumbre por repetibilidad - Depresión

PRESIÓN PATRÓN	PRIMERA SERIE		SEGUNDA SERIE		MEDIAS CRECIENTES	MEDIAS DECRECIENTES	MEDIAS TOTALES	CORRECCIÓN VALOR MEDIDO	INCERTIDUMBRE POR REPETIBILIDAD (U1)
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente					
50	50	50	50	50	50	50	50	0.00	0.0000
100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.0000
150	150	150	150	150	150	150	150	0.00	0.0000
200	225	225	225	225	225	225	225	0.00	0.0000
300	325	325	325	325	325	325	325	0.00	0.0000
400	425	425	425	425	425	425	425	0.00	0.0000

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

2. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del mesurando.

$$U_2 = \frac{50}{2\sqrt{3}} = \frac{50}{3.4641} = 14.4338$$

3. Contribución de la incertidumbre debida a la histéresis del mesurando

$$U_{3(50)} = \frac{50 - 50}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(100)} = \frac{100 - 100}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(150)} = \frac{150 - 150}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(200)} = \frac{225 - 225}{2\sqrt{3}} = \frac{0.00}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(300)} = \frac{325 - 325}{2\sqrt{3}} = \frac{0.00}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(400)} = \frac{425 - 425}{2\sqrt{3}} = \frac{0.00}{3.4641} = 0.00$$

Tabla 41: Incertidumbre debida a la histéresis del mesurando - Depresión

	Creciente	Decreciente	Constante	Manómetro (U3)
U_{hist}(₅₀)	50	50	3,46	0,0000
U_{hist}(₁₀₀)	100	100	3,46	0,0000
U_{hist}(₁₅₀)	150	150	3,46	0,0000
U_{hist}(₂₀₀)	225	225	3,46	0,0000
U_{hist}(₃₀₀)	325	325	3,46	0,0000
U_{hist}(₄₀₀)	425	425	3,46	0,0000

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

4. Contribución de la incertidumbre debida al Error Máximo Permissible (EMP) del patrón

$$EMP = \frac{\textit{Exactitud} \times \textit{Intervalo de Medición}}{100} = \frac{0.05 \times 600}{100} = 0.3$$

$$U_4 = \frac{EMP}{\sqrt{3}} = \frac{0.3}{1.7321} = 0.1732$$

5. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del patrón

$$U_5 = \frac{\textit{res. (patrón)}}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{3.4641} = 0.0029$$

6. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_6 = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de temperatura no es cuantificable para nuestro caso.

7. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_7 = \frac{\Delta p}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de presión por diferencia de altura no existe. El diseño del banco de pruebas evito considerar esta variable colocando las salidas del patrón y del mesurando al mismo nivel.

Incertidumbre combinada

$$U_c(50) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(100) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(150) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(200) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(300) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(400) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

Incertidumbre expandida

$$U_{50} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{100} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{150} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{200} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{300} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{4.00} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

Tabla 42: Incertidumbre expandida - Depresión

	Contribución del Mesurando			Contribución del Patrón		Contribución Condiciones Calibración		Incert. Combinada	Incert. Expandida
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7		
50	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
100	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
150	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
200	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
300	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
400	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696

Elaborado por: Los Autores

Año: 2014

5.3.4. Cálculo de Capacidad - Depresión

$$C_{50} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{100} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{150} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{200} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{300} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{400} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

En base al valor de capacidad encontrado, podemos establecer el siguiente comentario:

El instrumento es CONFORME para la Tolerancia requerida.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

El presente capítulo está dividido en 2 secciones, en la primera parte se exponen los costos iniciales que intervinieron en la elaboración estructural del banco de pruebas, que comprende los materiales y recursos utilizados en el diseño, para el efecto se detallan los costos directos que influyeron en la construcción del proyecto; en la segunda sección se expone una proyección económica, buscando la rentabilidad del prototipo propuesto en un periodo estimado de 5 años.

6.1. Costo total del proyecto.

En esta parte del capítulo, daremos un resumen acerca de los costos a los cuales incurrimos en la elaboración del proyecto, como los costos de todos los materiales y la mano de obra que se utilizó en la fabricación de la mesa o banco de pruebas.

6.1.1. Costo de los materiales.

El costo de los materiales hace referencia al conteo de los metros lineales de tubería utilizados, accesorios de las tuberías como: codos, tees, uniones, nudos, válvulas de bolas, conectores rápidos, mangueras flexibles etc. Además de los instrumentos de medición y regulación como la unidad de mantenimiento, reguladores de presión, instrumentos patrones, manómetros, banco de pruebas y el compresor.

Una vez obtenido la longitud de la tubería en metros y el conteo de los elementos que intervienen en el banco de calibración, en la tabla 43 adjunta, se detallan los ítems necesarios para sustento del costo de materiales.

Todos estos valores son tomados de cada una de las facturas entregada por el proveedor final del material.

Tabla 43: Costo de materiales utilizados en el proyecto.

PRESUPUESTO DE MATERIALES, ACCESORIOS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL BANCO DE PRUEBAS Y CALIBRACIÓN.						
MATERIALES	MEDIDA	CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
TUBERÍA GALVANIZADA	1/2"	1	UN	DIM 2448	\$ 14,12	\$ 14,12
CODO	1/2" X 90° NPT	8	UN	GALVANIZADA	\$ 0,26	\$ 2,08
CODO	1/4" X 90° NPT	2	UN	GALVANIZADA	\$ 2,00	\$ 18,00
CODO	1/4" X 90° NPT	4	UN	BRONCE	\$ 3,17	\$ 12,68
TEE	1/2"	1	UN	ACERO INOX	\$ 4,50	\$ 4,50
TEE	1/2"	1	UN	GALVANIZADA	\$ 3,28	\$ 3,28
VÁLVULA	1/2"	2	UN	BOLA BRONCE	\$ 7,92	\$ 15,84
VÁLVULA	1/4"	1	UN	BOLA BRONCE	\$ 9,59	\$ 9,59
NUDO UNIVERSAL	1/2"	2	UN	ACERO INOX	\$ 9,00	\$ 18,00
UNION	1/2"	3	UN	GALVANIZADA	\$ 0,24	\$ 0,72
NEPLO PERDIDO	1/4"	6	UN	BRONCE PERDIDO	\$ 0,54	\$ 3,24
NEPLO	1/8"	1	UN	BRONCE	\$ 3,55	\$ 3,55
MANGUERA FLEXIBLE FESTO	6 mm	2	M	MANG.AIRE FESTO PUN 6x4 MM	\$ 1,46	\$ 2,92
MANGUERA FLEXIBLE FESTO	12 mm	2	M	MANG.AIRE FESTO PUN 12x2 MM	\$ 5,00	\$ 10,00
CONECTORES RAPIDOS	1/8"	4	UN	1/8" PARA MANGUERA DE 6 MM	\$ 2,16	\$ 8,64
BUSHING	1/2"-1/4"	6	UN	BUSHING DE BRONCE DE 1/2" A 1/8"	\$ 2,54	\$ 15,24
COMPRESOR	2 HP	1	UN	MZB AIR COMPRESOR-7.1 CFM-56L	\$ 291,85	\$ 291,85
UNIDAD DE MANTENIMIENTO	1/2"	1	UN	FRC-1/4-D7-MIDI	\$ 115,14	\$ 115,14
REGULADOR DE PRESION	1/2"	1	UN	G-1/2";PR 0,5-10 BAR;	\$ 59,85	\$ 59,85
REGULADOR DE PRESION	1/8"	1	UN	BOSCH 0821 302 420 MODELO 670	\$ 73,28	\$ 73,28
MANOMETRO PATRON DIGITAL 0 - 100 PSI MARTEL	1/4"	1	UN	EXACTITUD DEL 0,05% DEL SPAN	\$ 1.522,22	\$ 1.522,22
VACUOMETRO PATRON DIGITAL 0 - (-1000 Mbr) MARTEL	1/4"	1	UN	EXACTITUD DEL 0,1%% DEL SPAN	\$ 1.522,22	\$ 1.522,22
SILENCIADOR	1/4"	1	UN	FILTRO SINTERIZADO	\$ 1,78	\$ 1,78
MANÓMETRO	1/4"	1	UN	11 BAR	\$ 31,88	\$ 31,88
VACUOMETRO	1/4"	1	UN	-1 BAR	\$ 136,50	\$ 136,50
BANCO DE PRUEBAS		1	UN	MESA 1470 MM x 1860 MM	\$ 700,00	\$ 700,00
TOTAL						\$ 4.597,12

Fuente y Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

6.1.2. Costo de mano de obra.

Toma como referencia el costo que infiere directamente en la fabricación y elaboración del producto o bien, en este caso los que se originan de: el tiempo que se invirtió en el montaje y pruebas de cada una de las tuberías y elementos neumáticos, que forman parte del banco de pruebas y de calibración.

Para este caso no hubo ningún costo de mano de obra ya que las personas que realizaron el montaje y armado del banco de pruebas neumáticos, son los responsables directo del proyecto de tesis.

Cabe recalcar que todos los costos fueron absorbidos por los costos de los materiales, ya que todo fue adquirido y fabricado solo para realizar el montaje de todos los elementos del banco de pruebas y calibración.

6.2. Costo de inversión del proyecto.

Una vez calculado los costos de los materiales, de los equipos, accesorios y el costo de la mano de obra, podemos calcular y tener una mejor perspectiva del costo total de la inversión para el diseño propuesto.

Tabla 44: Inversión total del proyecto

DESCRIPCIÓN	COSTO	PORCENTAJE
Costo de Materiales	\$ 4.597,12	100%
Costo de Mano de Obra	\$ -	0%
TOTAL	\$ 4.597,12	100%

Fuente y Elaborado por: Los Autores
Año: 2014

El costo total de la inversión para elaborar el proyecto propuesto Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas Neumático para la Calibración de Presión de Manómetros y Vacuómetros, en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil es de \$ 4597,12.

6.3. Proyección económica.

El análisis expuesto en esta parte del capítulo nace con la necesidad de saber si el banco de pruebas metrológico diseñado, puede ser en el futuro un negocio rentable para la universidad o cualquier otro ente que desee invertir en un proyecto confiable que le genere un margen de ganancia atractivo

Para ello se estable la siguiente tabla N° 45 adjunta, que expone los costos de inversión, teniendo en cuenta que se necesita acreditar un laboratorio mediante la norma ISO 17025:2006, y que el de retorno de la inversión estimado es de 5 años:

Tabla 45: Costos de Inversión Inicial

Costos de Inversión	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019
Costo de Elaboración del banco de pruebas metrológicas	\$ 4.598	-	-	-	-
Costo de Certificación de laboratorio ⁶	\$ 15.000	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000
Costo de Instrumentista	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000
Costo de Re-calibración de patrones	-	\$ 2.000	-	\$ 2.000	-
Costo de Mantenimiento de banco de pruebas	-	\$ 500	\$ 500	\$ 500	\$ 500
FLUJO TOTALES DE EGRESO POR AÑO	\$ 27.598	\$ 11.500	\$ 9.500	\$ 11.500	\$ 9.500

Fuente y Elaborado por: Los Autores
Año: 2015

Para calcular la rentabilidad del proyecto se estima percibir el valor de \$21.504 por el servicio de calibración por año, que se obtiene establecer un valor de \$40 por servicio de calibración por instrumento más el 12% del IVA, por 40 instrumentos calibrados por mes y por 12 meses:

$$\text{Ingresos} = 40 * 1.12 * 40 * 12 = \$ 21504$$

⁶ El Financiero, 2015, ¿Cuánto cuesta certificarse con una norma ISO?
http://www.elfinanciero.com/negocios/Inteco-certificacion-ISO_0_415158489.html

6.4. Evaluación del Proyecto.

Definidos los costos e ingresos, se establecen los siguientes datos:

Inversión Inicial: \$ 27.598

Tasa de Interés: 10%⁷

Número de Años: 5 Años

Producto de este obtenemos los siguientes valores e indicadores calculados en Excel:

FLUJO DE EGRESOS		FLUJO DE INGRESOS		FLUJO DE EFECTIVO NETO	
AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	AÑO	VALOR
2015	\$ 27.598,00	2015	\$ 21.504,00	2015	\$ 6.094,00
2016	\$ 11.500,00	2016	\$ 21.504,00	2016	\$ 10.004,00
2017	\$ 9.500,00	2017	\$ 21.504,00	2017	\$ 12.004,00
2018	\$ 11.500,00	2018	\$ 21.504,00	2018	\$ 10.004,00
2019	\$ 9.500,00	2019	\$ 21.504,00	2019	\$ 12.004,00
TOTAL	\$ 69.598,00	TOTAL	\$ 107.520,00		

VAN (Valor Actual Neto)	9515
TIR (Tasa Interna de Retorno)	8,38 %
B/C (Relación Costo Beneficio)	1,72

En base a los datos hallados durante el ejercicio económico se puede concluir que los índices avalan plenamente la inversión del proyecto ya que cumple con la relación de la tabla 46, es decir “PROYECTO ACEPTADO”.

Tabla 46: Estado de índices financieros

PROYECTO			
	ACEPTADO	POSTERGADO	RECHAZADO
Valor Actual Neto (VAN)	> 0	= 0	< 0
Tasa Interna de Retorno (TIR)	> Tasa de Actualización Inferior, pero dentro de los valores de interpolación	= Tasa de descuento	< Tasa de Descuento
Relación Beneficio/ Costo (B/C)	> 1	= 1	< 1

Fuente: dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/828/5/CAPITULO%205.pdf

Elaborado por: Los Autores

Año: 2015

⁷ Corporación Financiera Nacional, 2015, Condiciones de Crédito
http://www.cfn.fin.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=839&Itemid=541

Conclusiones

Las conclusiones referentes a la memoria realizada, sobre el diseño e implementación del banco de pruebas metrológicas para presión y vacío son las que detallamos a continuación:

1. Para mejorar el acople entre piezas y uniones se necesitó insertar dentro del diseño materiales de acero inoxidable, para proteger el tendido neumático de posibles fugas de aire, ya que el acabado interior de estas segmentos permite un mejor ensamble.
2. Realizando los cálculos respectivos de elección de los instrumentos de medición se optó por adquirir patrones digitales de grado 1A, con una mínima división de 2 decimales después de la coma, lo que garantizará el proceso metrológico.
3. Para certificar los ensayos metrológicos se dispuso la elaboración del procedimiento basado en las normativas del INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y CME (Centro de Metrología Español).
4. Realizando los cálculos se encontró que la potencia del compresor adecuada para el correcto funcionamiento del banco de pruebas es de 1.5 Kw/h o 2 HP con caudal de 0.17 m³/min o 6 C.F.M.
5. Realizando los cálculos respectivos de velocidad y caudal se determinó que la tubería idónea para la utilización en la fabricación del banco metrológico es de ½” (DN15), Galvanizada (ST-37.0), tipo circular-sin soldadura (DN 2448).
6. Efectuar la simulación neumática en el software didáctico Festo FluidsIM®3.6, nos orientó de manera precisa sobre el esquema físico y disposición de cada uno de los materiales que conforman el banco de pruebas.

Recomendaciones

Las conclusiones referentes a la memoria realizada sobre el diseño e implementación del banco de pruebas metrológicas para presión y vacío, son las que exponemos a continuación:

1. Se recomienda que el banco de pruebas esté dentro de un ambiente controlado de temperatura, que oscile entre los 21°C y 25°C.
2. Se recomienda que una vez definido el sitio de ubicación dentro del laboratorio, el banco de pruebas sea anclado al piso para evitar movimientos y vibraciones que afecten a los patrones de medición.
3. Se recomienda utilizar el procedimiento detallado en el capítulo 5, para el correcto cálculo de las incertidumbres y capacidad de los instrumentos.
4. Se recomienda utilizar el anexo digital para el cálculo de las incertidumbres y capacidad de los manómetros, vacuómetros y manovacúómetros de prueba.
5. Se recomienda dar el mantenimiento preventivo a cada uno de los elementos que conforman el banco de pruebas, especialmente el compresor y la unidad de mantenimiento; aunque su periodicidad debe ser determinada de acuerdo al uso que se le da al banco de ensayos, señalamos que debe fluctuar entre los 3 y 4 meses.
6. Se recomienda al alumnado utilizar durante el proceso de los ensayos metrológicos, los equipos de protección personal (gafas, guantes, etc.), para salvaguardar su integridad física.
7. Se recomienda que la frecuencia de recalibración de los patrones de medición debe realizarse cada 2 años, para garantizar la trazabilidad del ensayo metrológico.

Bibliografía

Acedo Sánchez, J. (2006). *Instrumentación y control avanzado de procesos*. Madrid: Días de Santos S.A.

Aguilar Gutiérrez, M. (2000). *Biomecánica: La Física y la Fisiología*. Madrid.

Celsius. (2014). *Celsius*. Recuperado el 27 de 07 de 2014, de Celsius:
http://www.celsiusmetrologia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=36:ique-es-la-metrologia&catid=13:noticias&Itemid=40

Centro Español de Metrología. (2014). *Centro Español de Metrología*. Recuperado el 2014, de http://www.cem.es/cem/relaciones_institucionales/metrologia_cientifica

Fundación Wikimedia, I. (25 de Julio de 2014). *Wikipedia*. Recuperado el 30 de Julio de 2014, de Wikipedia:

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Cegesimal_de_Unidades

Galán, J. (1987). *Sistemas de unidades físicas*. España: Reverté S.A. Obtenido de <http://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/4713/1/Sistemas%20de%20Unidades%20F%C3%ADsicas.pdf>

Gómez Morales, T., Águeda Casado, E., García Jiménez, J. L., & Martín Navarro, J. (2011). *Mecanizado básico para electromecánica*.

Gutierrez, N. (Marzo de 2002). *Metas*. Obtenido de <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-03-Tipos-presion.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *INEN*. Recuperado el 2014, de <http://www.normalizacion.gob.ec/informacion-metrologia/>

JCGM. (2008). *Vocabulario Internacional de Metrología*.

LACOMET. (2014). *Laboratorio Costaricense de Metrología*. Recuperado el 2014, de http://www.lacomet.go.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=177&Itemid=264

Manuel Parra, L. S. (2012). *Metrología Industrial*. Recuperado el 27 de Julio de 2014, de Metrología Industrial:

<https://electromagnetismo2012a.wikispaces.com/file/view/Articulo+Metrologia+Industrial.pdf>

Marbán, R., & Pellecer, J. (2003). *Organization of American's State*. Recuperado el 2014, de <http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=w%2B09e36BLU4%3D&tabid=584>

Merian, J., & Craige, L. (2002). *Mecánica para ingenieros: Dinámica* (3era ed.). España: Reverté S.A.

Moro Piñeiro, M. (2000). *Metrología: Introducción, conceptos e instrumentos*. Servicio de Publicaciones , Universidad de Oviedo.

Oficina Interacional de Pesas y medidas. (2001). Sistema Internacional de Unidades SI. 14.

Ramírez Restrepo, R. (04 de Febrero de 2009). Unidad de Mantenimiento. Obtenido de <https://rafaelramirezr.wordpress.com/hidroneumatica/>

Ramírez, S., & Jiménez, J. (2010). *Técnicas Experimentales*.

Red Nacional de Metrología de Chile. (2014). *Red Nacional de Metrología de Chile*. Recuperado el 27 de 07 de 2014, de http://www.metrologia.cl/medios/docs/manual_metrologia_pymes.pdf

Universidad Don Bosco. (2014). *Universidad Don Bosco*. Recuperado el 27 de Julio de 2014, de http://www.udb.edu.sv/udb/index.php/pagina/ver/metrologia_industrial

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTAS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

Encuesta dirigida a los Estudiantes de 1er a 10mo ciclo de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil de la facultad de Ingeniería Industrial, sobre el concepto de metrología y su aplicación dentro del pensum académico.

Encuestado: David Rentería P.

Ciclo: 5º ciclo

PREGUNTAS

ESTUDIANTES

- ¿Sabes lo que estudia la metrología ó tienes alguna idea sobre su campo de aplicación?
Si No
- ¿Dentro de la Universidad existe algún laboratorio para realizar pruebas metroológicas?
Si No
- ¿Te gustaría ampliar o aplicar los conceptos teórico-prácticos sobre esta ciencia?
Si No
- ¿Si de tratarse que la metrología es una ciencia aplicada, crees que es necesario que exista un laboratorio de prácticas?
Si No
- Si tuvieras la capacidad de elegir ¿Qué grupo de magnitud te gustaría estudiar o reforzar tus conocimientos, escogerías?
 - Tiempo y Electricidad
 - Presión y Temperatura
 - Longitud y Masa

Encuesta dirigida a los Estudiantes de 1ero a 10mo ciclo de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil de la facultad de Ingeniería Industrial, sobre el concepto de metrología y su aplicación dentro del pensum académico.

Encuestado: Brajan Aguilar Rivera

Ciclo: 3

PREGUNTAS

ESTUDIANTES

1. ¿Sabes lo que estudia la metrología ó tienes alguna idea sobre su campo de aplicación?

Si

No

2. ¿Dentro de la Universidad existe algún laboratorio para realizar pruebas metrológicas?

Si

No

3. ¿Te gustaría ampliar o aplicar los conceptos teórico-prácticos sobre esta ciencia?

Si

No

4. ¿Si de tratarse que la metrología es una ciencia aplicada, crees que es necesario que exista un laboratorio de prácticas?

Si

No

5. Si tuvieras la capacidad de elegir ¿Qué grupo de magnitud te gustaría estudiar o reforzar tus conocimientos, escogerías?

a. Tiempo y Electricidad

b. Presión y Temperatura

c. Longitud y Masa

Encuesta dirigida a los Docentes de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil de la facultad de Ingeniería Industrial, sobre la implementación de un banco de ensayos metrológicos de presión y depresión

Encuestado: VIRGILIO ORDÓÑEZ R.

Materias Impartidas: QUÍMICA GENERAL

PREGUNTAS

DOCENTES

1. ¿Cree usted que la utilización de la pizarra y sus demás elementos en el aula, son suficientes para poder llegar al alumno en el proceso de enseñanza?

Si

No

2. ¿Se necesitaría hacer una aplicación práctica después de haber realizado alguna clase teórica?

Si

No

3. ¿Existe dentro de la facultad de Ingeniería Industrial de la UPS-Sede Guayaquil algún laboratorio o medio para realizar pruebas metrológicas de presión y vacío?

Si

No

4. ¿Cree usted que la metrología es una materia técnica que contribuiría con el desarrollo intelectual de los estudiantes de ingeniería industrial?

Si

No

5. ¿Cree usted que con la instalación de un banco metrológico para pruebas de presión y vacío ayudaría a los estudiantes a fortalecer los conocimientos teóricos impartidos en el aula?

Si

No

Encuesta dirigida a los Docentes de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil de la facultad de Ingeniería Industrial, sobre la implementación de un banco de ensayos metrológicos de presión y depresión

Encuestado:

Juan Suarez

Materias Impartidas:

Energía y Medio Ambiente

PREGUNTAS

DOCENTES

1. ¿Cree usted que la utilización de la pizarra y sus demás elementos en el aula, son suficientes para poder llegar al alumno en el proceso de enseñanza?
Si No
2. ¿Se necesitaría hacer una aplicación práctica después de haber realizado alguna clase teórica?
Si No
3. ¿Existe dentro de la facultad de Ingeniería Industrial de la UPS-Sede Guayaquil algún laboratorio o medio para realizar pruebas metrológicas de presión y vacío?
Si No
4. ¿Cree usted que la metrología es una materia técnica que contribuiría con el desarrollo intelectual de los estudiantes de ingeniería industrial?
Si No
5. ¿Cree usted que con la instalación de un banco metrológico para pruebas de presión y vacío ayudaría a los estudiantes a fortalecer los conocimientos teóricos impartidos en el aula?
Si No

ANEXO 2: MANUAL PATRÓN



EC Declaration of Conformity

We **Martel Electronics Corp.**
3 Corporate Park Drive
Derry NH 03038 USA

declare under our sole responsibility that the products

BetaGauge PI and BetaGauge PI Reference Class Digital Pressure Test Gauge

to which this declaration relates is in accordance with the provision of the following directives, standard(s) or other normative document(s)

94/9/EC Equipment and protective systems intended for use in the potentially explosive atmospheres

89/336/EEC Electromagnetic compatibility

EN 60079-0:2009 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements (IEC 60079-0:2007)

A GAP analysis was performed between the original standard (EN 60079-0:2006) to which the equipment was certified and the revised (now harmonized) standard EN 60079-0:2009. It has been determined for certification purposes that no changes in the "state of the art" apply to the equipment and therefore it is in conformity with the new harmonized standard.

EN60079-15: 2010 Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection "n" (IEC 60079-15:2010)

A GAP analysis was performed between the original standard (EN 60079-15:2005) to which the equipment was certified and the revised (now harmonized) standard EN 60079-15:2010. It has been determined for certification purposes that no changes in the "state of the art" apply to the equipment and therefore it is in conformity with the new harmonized standard.

Derry, January 2013


Thomas C. Fatur, President

3 Corporate Park Drive · Derry NH 03038
Tel: 603-434-1433 · Fax: 603-434-1653 · E-mail: sales@martelcorp.com · Internet: www.martelcorp.com

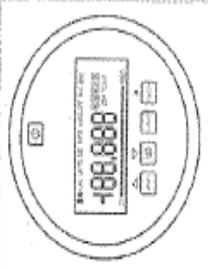
PN: 6800061

Rev: C

January 4, 2013

BetaGauge PI & PI PRO

Digital Pressure Test Gauge



User Reference Manual

This document includes information for both the **CSA** and **ATEX** certified versions of the BetaGauge PI.



1. Introduction

The BetaGauge PI combines the high accuracy of digital electronics with the convenience and ease of use of an analog test gauge. Accurate to $\pm 0.05\%$ FS, the BetaGauge PI can be used as a calibration reference, or in any application where high accuracy pressure measurement is required.

Many user configurable functions have been designed into the BetaGauge PI including sampling rate, TARE, damping, auto shut off, and min-max. Once the gauge is configured, settings can be locked and password protected to prevent unauthorized changes to configuration.

1.1 Customer Service

Corporate Office:
www.martelcorp.com
e-mail: sales@martelcorp.com
Tel: (603) 434-1433 800-821-0023 Fax: (603) 434-1653
Martel Electronics
3 Corporate Park Drive
Derry, NH 03038

1.2 Standard Equipment

Check to see that your BetaGauge PI has arrived intact. Batteries are factory installed unless you have purchased the optional 24V powered version, in which case batteries are not supplied or installed. Save the packing materials at least until you have verified that there is no concealed damage.

1.3 Safety Information

A Warning identifies conditions and actions that pose hazard(s) to the user; a Caution identifies conditions and actions that may damage the Calibrator or the equipment under test.

Symbols Used

The following table lists the International Electrical Symbols. Some or all of these symbols may be used on the instrument or in this manual.

Symbol	Description
	Power OFF
	Power ON
	Earth ground
	Risk of Danger. Important information. Refer to manual.
	Battery
	Hazardous Voltage
	Conforms to ATEX requirements
	Certified by CSA as conforming to relevant Canadian and USA standards
	Conforms to relevant European Union directives.
	Wheeled bin, conforms to EC directive 2002/96/EC

Hazard Location Information/Approvals

Ex Hazardous Areas

An Ex-hazardous area as used in this manual refers to an area made hazardous by the potential presence of flammable or explosive vapors. These areas are also referred to as hazardous locations, see NFPA 70 Article 500.

LR110460

II 3 G Ex nA IIB T6
KEMA 06ATEX0014 X
Ta = -10°C... +55°C

Class 1, Div. 2, Groups A-D

WARNING

Only gauges powered by batteries are approved for use in hazardous areas. 24V versions are not approved for hazardous use.

Special Conditions for Safe Use:

Misuse

Should the BetaGauge PI be exposed to overpressure or sudden physical shock (i.e. being dropped) it should be examined for any damage that may cause a safety concern. If in doubt please return the unit for evaluation to Martel Electronics. Please refer to the Customer Service Section for contact information.

WARNING

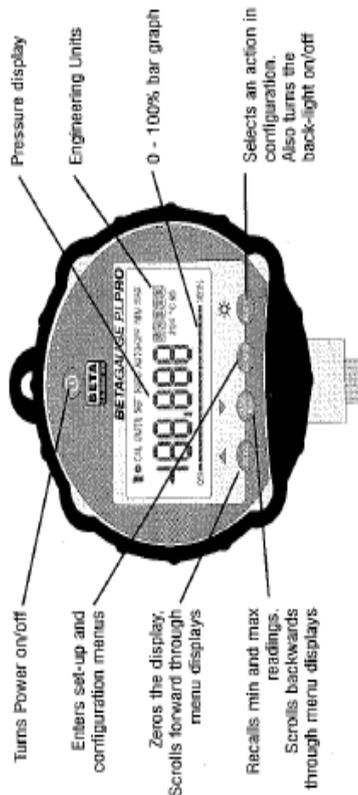
The Beta Gauge PI is not intended for use with flammable substances and is intended for installation only in locations providing adequate protection against the entry of solid foreign objects or water capable of impairing safety.

Caution

To avoid possible damage to calibrator or to equipment under test:

- If the message changes to "OL" the range limit is exceeded and the pressure source must immediately be removed from the BetaGauge PI to prevent damage to the pressure transducer inside.
- Maximum torque allowed is 13.5 Nm = 10 ftlbs. NEVER exceed the torque allowed.

2. BetaGauge PI Display and Controls



3. Operation

Power: The standard BetaGauge PI is supplied with 3 AA batteries installed. If you purchased the optional 24Volt powered version,

batteries are not installed. Connect a 24V power supply to the terminal block on the rear of the gauge, noting proper polarity.
Do not install batteries when external power will be used.

Push the power button momentarily to turn the unit on. Push it again to turn it off.

Set-up and configuration:

Push the CONFIG button to access the user-settable functions on the gauge. Each time the CONFIG button is pressed; the display advances to the next function. Once a function has been set, press ENTER to exit the configuration menu, or CONFIG to continue with further configuration. In order, the configuration menu and operation is as follows:

- 1. Engineering Units set.** The unit is shipped configured to display PSI. By pressing the ▲ and ▼ (ZERO and MAX/MIN) keys you can scroll forward and backwards through the 18 standard engineering units plus a one custom unit/scale. When the desired unit is displayed, press ENTER or CONFIG. Pressure will now be displayed in the chosen engineering units.
See the Specifications section of this manual for a list of available engineering units. See the Supervisory Mode section for details on setting up custom units.
- 2. Set Auto Off.** The auto-shut off can be set in 1 minute increments from 1 to 30 minutes or "off" (continuous operation). The unit is shipped set for 30 minutes. Use the ▲ and ▼ keys to set the desired interval. The "off" setting is at the low end of the choices, below 1 minute.
- 3. Display battery voltage.** Actual voltage and a percent of life bargraph indicate battery condition
- 4. Display actual temperature.** The BetaGauge PI is temperature compensated, this displays the temperature measured by the internal sensor. The value can be set to degrees F or degrees C using the arrow keys.
- 5. Set damping.** Choices are "on" and "off" set with the ▲ and ▼ keys. Turning damping on will smooth readings from pulsating pressure sources.
- 6. Set sample rate:** This determines how often pressure is sampled and the display is updated. Choices are 0.5, 1, 3, and 10 samples/second. Note that 10/sec provides the fastest response time.
- 7. Set TARE.** This allows you to set a constant offset value, which is then subtracted from the measured pressure. For example if a TARE is set at 30 PSI, and the measured pressure is 37 PSI, the displayed value will be 7 PSI.
A pressure of 27 PSI would be displayed as -3 PSI.

The tare value is set manually with the ▲ and ▼ keys, and is based on the engineering units and resolution selected for display. TARE value can be set to the maximum range of the gauge.

The bar graph will always display the actual pressure based on the full range of the gauge regardless of the tare setting. This is done for safety to insure that even with a "0" reading that pressure is being applied to the gauge.

- 8. Function Lock:** Access to each of the settable parameters above can be turned "off" once set, to prevent unauthorized changes to configuration. This is accomplished through a password protected "supervisory mode". Press ENTER to access the supervisory mode, or CONFIG to return to normal operation.

4. Supervisory Mode

Press ENTER when "Func LOCK" is displayed, 0PWRD will be displayed on the gauge. The password to enter supervisory mode is 101, set using the ▲ and ▼ keys. Holding a key continuously will cause the display to advance more quickly for faster setting. The password is factory set and cannot be changed

1. Your BetaGauge PI is shipped from the factory with all setting access "unlocked" or available to be changed.
 2. In supervisory mode each of the parameters can be locked or unlocked using the ▲ and ▼ keys. Select LOC (lock) for those parameters you do not want to be accessible, and UnLOC (unlock) for those that can be accessed.
 3. In order, the functions that can be unlocked, locked or accessed are:
 - Zero function (enable/disable)
 - Set pressure units (enable/disable)
 - Auto shutdown adjustment (enable/disable)
 - Damping settings (enable/disable)
 - Sample rate setting (enable/disable)
 - Tare setting (enable/disable)
 - Custom engineering units (set scale factor)
 4. Use the CONFIG key to scroll through the above choices, and the ▲ and ▼ keys to lock and unlock features. Press CONFIG to continue scrolling through the parameters, pressing ENTER at any point saves your settings and returns the gauge to normal operation.
- When a function is "locked, it cannot be accessed or changed from its current state. To change a locked function, enter the supervisory mode, and unlock the function. Once it is changed, you may enter supervisory mode to lock access again.

- Setting a custom engineering unit or scale: The last menu choice in supervisory mode is SET FACTR. This allows you to set a multiplier factor from 0.001 to 100, creating a custom scale. The set factor will be multiplied by the PSI measured, the result will be displayed.
For example: 40 PSI is the equivalent of 1000 lbs of product in a tank. You want to display the product weight, using a 100 PSI gauge. By setting a factor of 25, a 40 PSI pressure would display as 1000 (40 x 25). The engineering unit displayed on the BetaGauge PI will be "Cust".

5. Normal Operation

Turning the backlight on and off: Press the ENTER button.

Zeroing the display: Press and hold the ZERO button.

Note: For absolute versions of the gauge pressing the zero key will prompt the user to enter a barometric reference pressure. Use the ▲ and ▼ arrow to adjust the reading as required. Then press ENTER.

MAX/MIN: The BetaGauge PI stores minimum and maximum pressure values in memory. Pressing the MAX/MIN button once will display the minimum pressure from memory. Pressing the MAX/MIN button again will display the maximum pressure from memory. After about 2 seconds, the gauge returns to normal (live display) operation. To clear the MAX/MIN memory registers, press and hold the MAX/MIN button for 2 or more seconds until "CL" is displayed.

The analog bar graph at the bottom of the display indicates the applied pressure level relative to the full range of the gauge. Keep in mind that if a TARE value has been programmed into the gauge, the displayed pressure will not reflect the true pressure applied.

6. Changing the Batteries



WARNING

Explosion hazard

Batteries must only be changed in an area known to be non-hazardous.

BetaGauge PI

Grasp the face ring on the BetaGauge PI, turn it approximately ¼ turn counterclockwise and remove. **Note:** For ATEX certified versions remove the two screws on the rear of the case to release the front plate. The face of the gauge can now be lifted to expose the battery holder. Take off the battery hold clip and remove the batteries. Install three AA alkaline batteries noting proper polarity. **Note:** Use **ONLY AA** alkaline batteries and be sure to reinstall the battery holder retaining

clip. Reassemble the case making certain that the face is properly oriented.

If you purchased the optional 24 Volt powered version, the terminals for power input are located on the rear of the gauge. To apply power simply connect 24 volts to the rear terminal block taking care to observe proper polarity.

BetaGauge PI PRO

Loosen the captive screw on the battery door, then remove the battery door to expose the 3 AA batteries. Replace the batteries as required and then reinstall the battery door and tighten the captive screw.



WARNING

Gauges ordered with the external power option will not come with batteries installed. Batteries **MUST NOT** be installed when operating on external power. External power option gauges are not approved for hazardous location use.

Battery life

Battery life is about 1500 hours (60 days) of continuous use with the backlight off. With intermittent use, batteries could last a year or more. There is a low battery icon in the upper left of the display. It will appear when battery level is low. Replace batteries per recommendations found in the specifications section of this manual.

RS-232 Interface

An RS-232 interface is standard on the BetaGauge PI. Serial communication can be used for configuration, calibration, and to transfer measurement data from the gauge. For detailed specifications on the interface and software communication, see pages 14 and 15 in this manual.



WARNING

The RS-232 interface must not be used in hazardous areas.

7. Cleaning

To clean the BetaGauge PI use a cloth with a mild cleaning solution.

8. Specifications

Available Input Ranges

See page 13 for a table of available ranges in PSI plus equivalent ranges and resolution for all engineering units

Accuracy

Positive Pressure: $\pm 0.05\%$ FS (all ranges except as noted)
10" WC (25mbar) $\pm 0.1\%$ FS
1.0 PSI (70 mbar) $\pm 0.1\%$ FS

Vacuum: $\pm 0.25\%$ FS (500 PSI gauge ranges and below)
0.1% FS for 15/30 PSI compound/vacuum versions

For gauges with full scale ranges equal to, or less than 30 psi (2 BAR), vacuum operation is limited to -5psi (-350 mBAR). The exceptions are the 2 compound ranges; -15 to 15 PSI and -15 to 30 PSI.

Over Pressure Protection:

See table of Ranges and Resolutions, page 13.

Temperature Compensation

15°C to 35°C (59°F to 95°F) to rated accuracy

Note: For temperatures from -10°C to 15°C and 35°C to 55°C, add 0.003% F.S./°C

Standard Engineering Units

See Table of Ranges and Resolutions, page 13, plus

One custom unit (user programmable)

Media Compatibility

All ranges except 1 PSI and compound ranges:

Liquids and gases compatible with 316 stainless steel

1 PSI and compound ranges: clean, dry, non-corrosive gas

Environmental

Operating Temperature -10 °C to +55 °C (14°F to 131°F)

Storage -20 °C to +70 °C (-4 °F to +158 °F)

Humidity 10% to 95% RH Non-condensing

Pollution Degree II

Mechanical

Dimensions 4.5" (diameter) x 2.2" (depth) x 5" (height)
(11.4cm x 5.6cm x 12.7cm) (PI PRO depth is 1.5" or 3.7cm)

Pressure Connection: 1/4" NPT Male

Housing: Stainless steel, meets NEMA 4/IP65 (PI PRO: cast ZnAL)

Display

5-1/2 Digits, 0.65" (16.53 mm) high

20-Segment bar graph, 0 to 100%

Power

Battery three (3), size AA alkaline batteries

Battery Life 1,500 hours without backlight (continuous on)

2,000 hours at slow sample rate

Low Battery Indicator icon is displayed near the end of battery life

Appendix 1: BetaGauge PI Calibration Procedure

Overview

Calibration adjustment of the BetaGauge PI is performed electronically via internal software with the case closed. There are no mechanical adjustments; all calibration commands and adjustments are done via the keypad, using the display to guide the user through the calibration process. Note that absolute range gauges require a factory calibration and must be returned to the factory or an authorized service center.

Eight calibration points are used in the adjustment program, working from full scale to zero at pressures equaling 100%, 87.5%, 75%, 62.5%, 50%, 37.5%, 25%, 12.5%, and 0% of full scale plus vacuum.

Note: This is an ambient temperature calibration, and should be performed at an ambient temperature of 23° C \pm 3° C (72° F \pm 5° F). Calibration outside this temperature range will invalidate the temperature compensation program in the BetaGauge PI.

Calibration Interval

You should check performance of the BetaGauge PI at the interval required by your calibration program. We recommend adjustment when measurement deviates by more than 75% of the specified accuracy, or 0.04%

Test Equipment

Verification and calibration of the BetaGauge PI requires pressure and/or vacuum standards able to produce and indicate pressures from

vacuum to the full-scale range of the unit under test. In order to maintain the specified accuracy of the BetaGauge PI, standards should have a TUR of 4:1 or better.

Connections:

The BetaGauge PI uses a 1/4 NPT male connection in the pressure input port. Various adapters may or may not be needed to connect to the pressure standard. Always make sure the hose, tubing, and fittings etc have a rated working pressure at or above the pressure of the unit. Also it is important that there be no leaks when performing calibration; use Teflon tape where appropriate.

Entering Calibration Mode:

After you have made your connections, turn the power on while holding the CONFIG key. Use the arrow keys to enter the password. The password is 101. If you have entered calibration mode correctly the display should look as shown below. The pressure value displayed will be the full-scale value of the gauge.

Procedure:

Screens shown in this manual represent the displays shown with a 500 psi Gauge. The BetaGauge PI will prompt the technician for the appropriate pressure at each calibration point.

PSI
500.00
CAL MODE

Use the Pressure Standard to output 500.00 psi (100%). After the output has stabilized, press the ENTER key to continue. As the unit takes readings, the screen will show _____. When the readings are complete the screen should look as shown in the illustration that follows.

PSI
437.50
CAL MODE

Use the Pressure Standard to output 437.50 psi (87.5%). After the output has stabilized, press the ENTER key to continue. As the unit takes readings, the screen will show _____. When the readings are complete the screen should look as shown below.

PSI
375.00
CAL MODE

Use the Pressure Standard to output 375.00 psi (75%). After the output has stabilized, press the ENTER key to continue. As the unit takes readings, the screen will show _____. When the readings are complete the screen should look as shown below.

PSI
312.50
CAL MODE

Use the Pressure Standard to output 312.50 psi (62.5%). After the output has stabilized, press the ENTER key to continue. As the unit takes readings, the screen will show _____. When the readings are complete the screen should look as shown below.

PSI
250.00
CAL MODE

Use the Pressure Standard to output 250.00 psi (50%). After the output has stabilized, press the ENTER key to continue. As the unit takes readings, the screen will show _____. When the readings are complete the screen should look as shown below.

PSI
187.50
CAL MODE

Use the Pressure Standard to output 187.50 psi (37.5%). After the output has stabilized, press the ENTER key to continue. As the unit takes readings, the screen will show _____. When the readings are complete the screen should look as shown below.

PSI
125.00
CAL MODE

9. BetaGauge PI Serial Interface Instructions

Initiating Communication

The terminal communications can be setup using terminal communication software on a PC. The terminal settings need to be set as follows:

- Bits per second: 9600
- Data bits: 8
- Parity: None
- Stop bits: 1
- Flow control: None
- Local echo on

List of Commands

Command	Description
CAL_START	Puts the calibrator in calibration mode
*CLS	Clears the error queue.
FAULT?	Returns an error code from the error queue
*IDN?	Identification query. Returns the manufacturer, model number, and firmware revision level of the Calibrator.
TARE	Tares the offset pressure of the reading on the calibrator
TARE?	Returns the current tare value
PRES_UNIT?	Returns the pressure unit for the upper display.
PRES_UNIT	Sets the pressure unit for the display
ZERO_MEAS	Zeros pressure of the calibrator
ZERO_MEAS?	Returns the current zero offset value
MINMAX_RST	Resets the minimum and maximum recorded values.
MIN?	Returns the minimum recorded value
MAX?	Returns the maximum recorded value
HC_OFF	Turns unit off
HC_DFLT	Sets auto off defaults
TEMP?	Returns temperature in the chosen units
HC_COMP_OFF	Turns temperature compensation off.
HC_COMP_ON	Turns temperature compensation on.
HC_COMP?	Returns state of temperature compensation.
HC_RD_2410?	Return 2410 ADC counts.
HC_SI_OFF	Turns SI mode off.
HC_SI_ON	Turns SI mode on.

14

CAL_STORE	Stores calibration data.
HC_AUTO_OFF	Turns auto shutdown off
HC_AUTO_ON	Turns auto shutdown on
CUST_MULT?	Sets the multiplier for the custom unit type
STREAM_OFF	Turns streaming data off
STREAM_ON	Turns streaming data on
HC_TEMP?	Same as TEMP?
VAL?	Returns the measured pressure value in selected units
HC_CMD_LIST	Prints out a command list
TEMP_UNIT	Used to set temperature unit
TEMP_UNIT?	Returns temperature unit

Parameter Units

Units	Meaning
Psi	Pressure in pounds per square-inch
Bar	Pressure in bars
mBar	Pressure in millibars
Kg/cm2	Pressure in kilograms per centimeter squared
inH2O4C	Pressure in inches of water at 4°C
inH2O20C	Pressure in inches of water at 20°C
inH2O60F	Pressure in inches of water at 60°F
mH2O4C	Pressure in meters of water at 4°C
MH2O20C	Pressure in meters of water at 20°C
cmH2O4C	Pressure in centimeters of water at 4°C
cmH2O4C	Pressure in centimeters of water at 20°C
ftH2O4C	Pressure in feet of water at 4°C
ftH2O20C	Pressure in feet of water at 20°C
ftH2O60F	Pressure in feet of water at 60°F
inHg0C	Pressure in inches of mercury at 0°C
mmHg0C	Pressure in millimeters of mercury at 0°C
kPa	Pressure in kilopascals
Fa	Temperature in Fahrenheit
Cel	Temperature in Celsius

15

Error Codes

Error	Description
101	A non-numeric entry was received where it should be a numeric entry
102	Too many significant digits entered
103	Invalid units or parameter value received
105	Entry is above the upper limit of the allowable range
106	Entry is below the lower limit of the allowable range
108	A required command parameter was missing
109	An invalid pressure unit was received
117	An unknown command was received
120	The serial input buffer overflowed
121	Too many entries in the command line
122	Pressure module not connected

10. Warranty

Martel Electronics Corporation warrants all products against material defects and workmanship for a period of twelve (12) months after the date of shipment. Problems or defects that arise from misuse or abuse of the instrument are not covered. If any product is to be returned, a "Return Material Authorization" form can be obtained from our website www.martelcorp.com under customer service. You can also call 1-800-821-0023 to have a form faxed. Martel will not be responsible for damage as a result of poor return packaging. Out of warranty repairs and recalibration will be subject to specific charges. Under no circumstances will Martel Electronics be liable for any device or circumstance beyond the value of the product.



WARNING

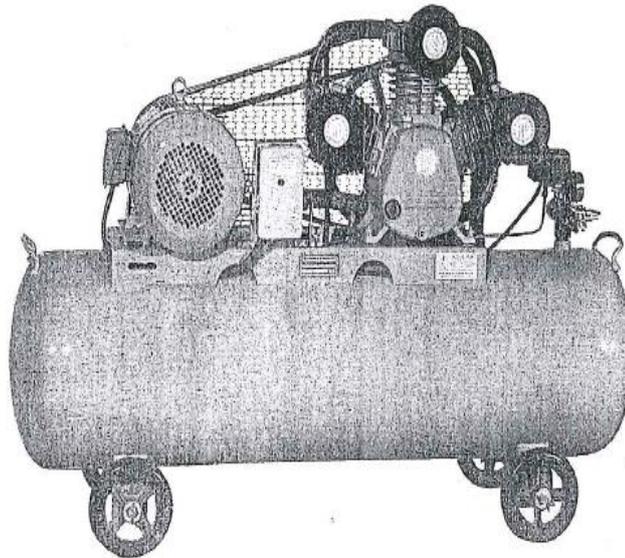
Substitution of components may impair suitability for hazardous locations.

ANEXO 3: MANUAL COMPRESOR

OPERATION MANUAL

AIR COMPRESSOR

BEFORE OPERATION SHOULD BE FAMILIAR WITH THE OPERATION MANUAL FIRST



2. PREPARATION AND STARTING

- (1) The place to set the compressor should be clean, dry and ventilated
- (2) Keep the use voltage within $\pm 5\%$ of rated
- (3) Keep the oil level in the red circle leveler
- (4) Recommend compressor oil use SAE30 or L - DAB100 when the indoor temperature is over 10°C . and use SAE10 or L-- DAB68 below 10°C .
- (5) Open the outlet valve, set the knob of pressure switch in position on, Let the compressor run 10 minutes with no load to ensure lubricating the moving parts before regular service.
- (6) Checking the tension of V-belt. It is correct when the belt can be depressed downward 10~15mm with fingers by the middle of the belt.

3. OPERATION AND ADJUSTMENT

The compressor is controlled by pressure switch when normal working. It can be stopped automatically as pressure increasing to the maximum and restart as pressure decreasing to the minimum. The rated pressure has been adjusted when produced. Don't change it carelessly. As soon as motor switched off the compressed air in the discharge pipe should be released through the release valve under the switch. This is the necessary condition for restart, or the motor will be damaged. The rated pressure can be adjusted by turning the adjusting bolt of the switch (Fig.1 or Fig.2).

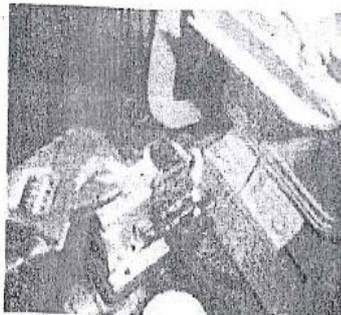


Fig1

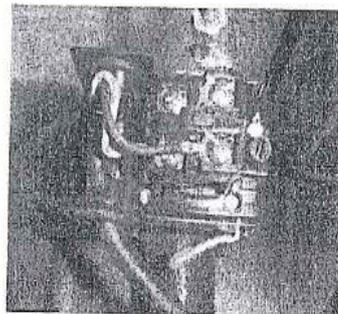


Fig2

6. TROUBLES AND REMEDIES

Trouble	Possible causes	Remedies
Motor unable running, running too slow, or getting too hot	(1) Fault in line, or voltage insufficient (2) Power wire too thin or too long (3) Fault in pressure switch (4) Fault in motor (5) Sticking of main compressor	(1) Check the line (2) Replace the wire (3) Repair or replace (4) Repair or replace (5) Check and repair
Sticking of bare compressor	(1) Moving parts burnt due to the oil insufficient (2) Moving parts damaged, or stuck by foreign body	Check crankshaft, bearing, connecting rod, piston, piston ring, etc. And replace if necessary
Terrible shake or abnormal noise	(1) Connecting part loosed (2) Foreign body got into main compressor (3) Piston knocking valve seat (4) Moving part seriously worn	(1) Check and retighten (2) Check and clean away (3) Replace with thicker paper gasket (4) Repair or replace
Pressure insufficient or discharge capacity decreased	(1) Motor running too slow (2) V-belt excessive slack or stained with greasy dirt (3) Air filter choked up (4) Leakage of safety valve (5) Leakage of discharge pipe (6) Sealing gasket damaged (7) Valve plate damaged, carbon build-up or stuck (8) Piston ring and cylinder worn or damaged	(1) Check and remedy (2) Adjust or clean (3) Clean or replace the cartridge (4) Check and adjust (5) Check and repair (6) Check and replace (7) Replace and clean (8) Repair or replace
The oil consumption too excessive	(1) Oil level too high (2) Breath pipe choked up (3) Piston ring and cylinder worn or damaged	(1) Keep the level within set range (2) Check and clean (3) Repair or replace

4

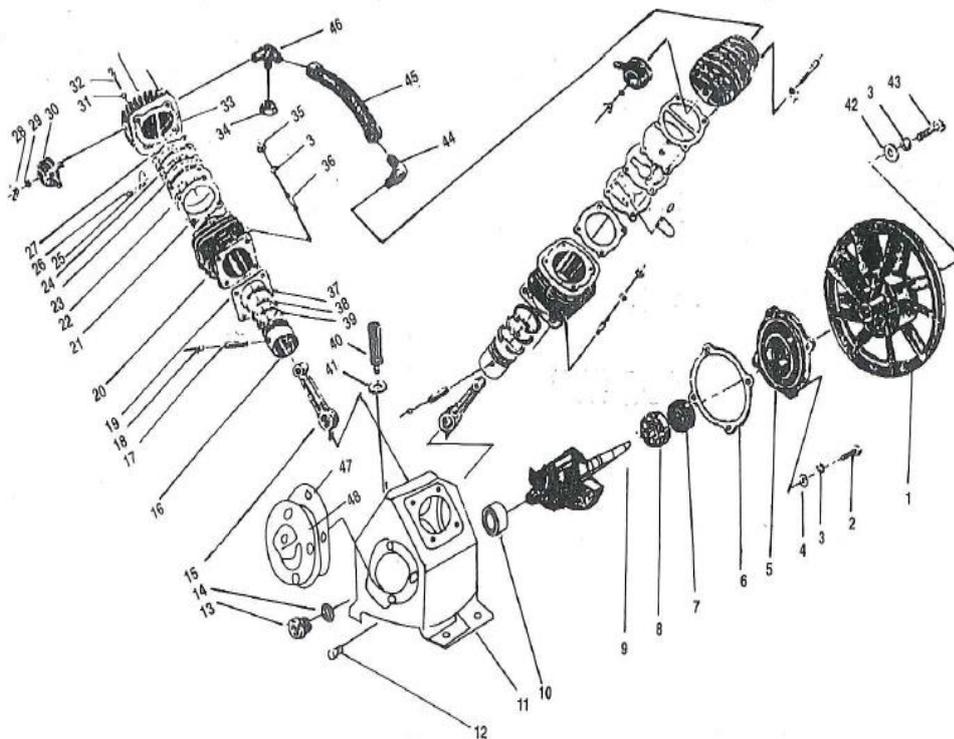
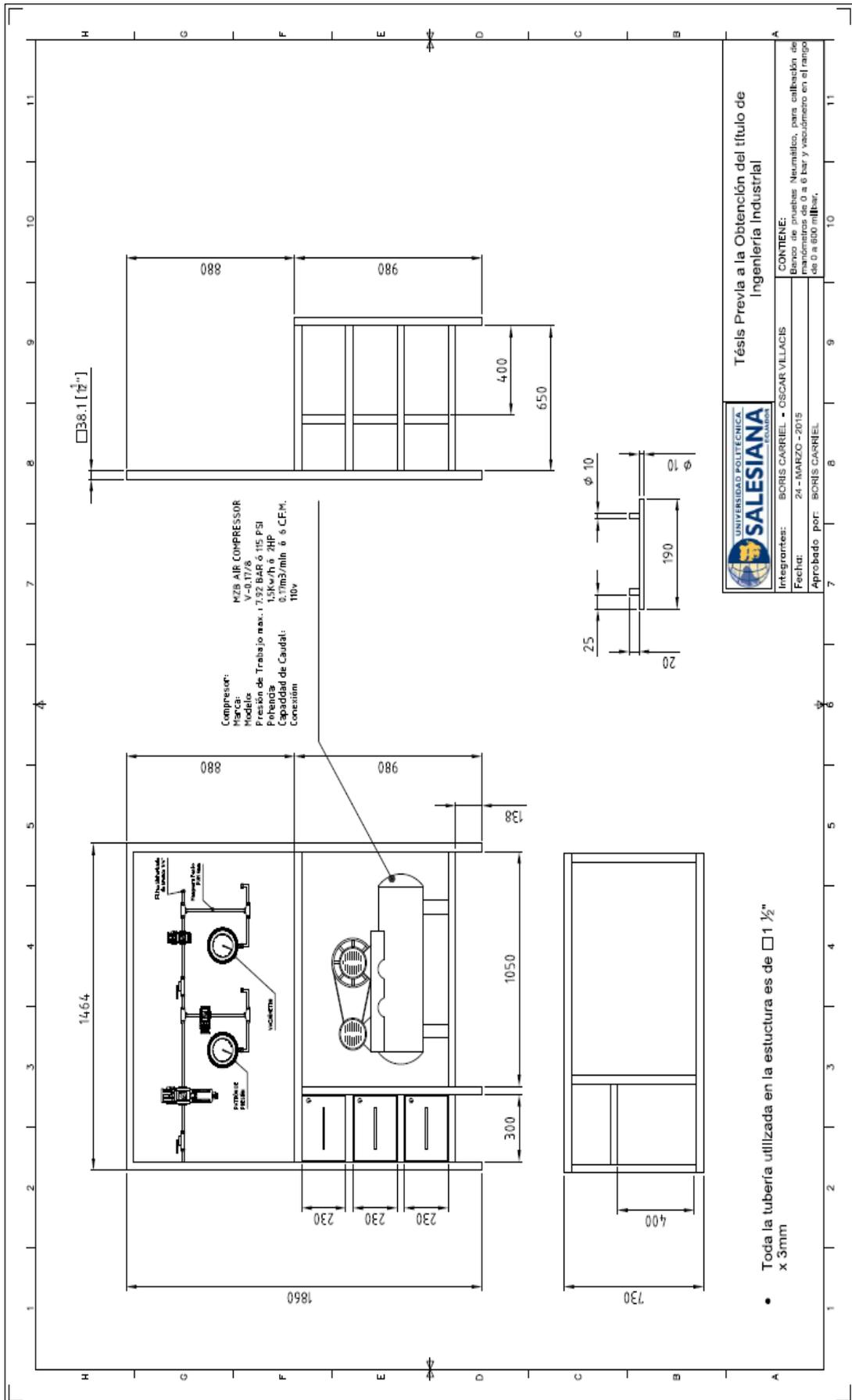


Fig.3 Bare-Compressor

6

ANEXO 4: DISEÑO AUTOCAD 2D



ANEXO 5: REPORTE DE FUGAS

REPORTE DE FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO EN BANCO DE PRUEBAS

NEUMATICOS

Características técnicas y especificaciones del Instrumento de Medición de Ultrasonido.

Ultraprobe®15,000Especificaciones

Construcción	De mano tipo pistola hecha con aluminio lacado y plástico ABS.
Circuitos	Análogo de estado sólido y circuito digital SMD con compensación de la temperatura y conversión verdadera RMS.
Rango de Frecuencia	20 kHz a 100 kHz (ajustable en incrementos de 1 kHz)
Tiempo de Respuesta	<10ms
Pantalla	Pantalla sensible al tacto QVGA - IR, Puntero Laser, Cámara, Analizador de Espectro.
Grabación de Sonido	Formato de archivos WAV
Temperatura IR	-20 °C a 500 °C
Cámara	2.0 Mega Pixeles
Puntero Laser	Salida Solo Europa <1mW – Longitud de onda 640nm
	– Laser Clase II
Puntero Laser	Salida cualquier menos Europa <5mW – Longitud de onda 640nm
Puntero Laser	– Laser Clase IIIa
Memoria	400 Puntos de Grabación
Batería	Recargable de IONES de Litio
Temperatura de Operación	0 °C a 50 °C (32 °F a 122 °F)
Salida	Salida Calibrada Heterodinada, decibeles (dB) frecuencia.
Sondas	Módulo de Escaneo Trisonico y Modulo de Estetoscopio, Modulo de Largo Alcance y Modulo de Montura Magnética RAS-MT
Audífonos	Audífonos de lujo atenuadores de sonido – Para su uso con casco.
Indicadores	dB, Frecuencia, Status de Batería y Barra Grafica de 16 Segmentos.
Sensibilidad	Detecta fugas de 0.127 mm (.005”) de diámetro @ .34 bar (5 psi) a una distancia de 15.24 m (50’)*
Umbral	1 x 10 ⁻² cm ³ /seg. a 1 x 10 ⁻³ cm ³ /seg.
Dimensiones	Kit completo en Portafolio Zero Halliburton de aluminio.
Dimensiones	55 x 47 x 20 cm (21.5” x 18.5” x 8”)
Peso	Pistola: 1.1 kg (2.35 lbs.)
Portafolio completo	8.6 kg (19 lbs.)
Garantía	1-año partes/mano de obra estándar, 5 años completo.
	Tarjeta de Registro de garantía
Tarjeta-SD	dB (principal), IR, ABCD, Espectro y Aplicación
Tarjeta-SD	Específico, Analizador de Espectros (modos): Espectro,
Tarjeta-SD	Serie de Tiempo y Vista Dual Específica.
Kit Ultraprobe 15,000	Cumple y excede los requerimientos de ASTM E1002-2005
Tarjeta-SD	

Kit ULTRAPROBE 15.000 utilizado para el reporte.



Fugas de Presión y Vacío

Al pasar cualquier gas (Aire, Oxígeno, Nitrógeno, Gas Natural, etc.) a través de un orificio se genera flujo turbulento con componentes detectables de alta frecuencia. Al escanear el área con un Ultraprobe una fuga puede ser escuchada en los auriculares como un sonido continuo o identificado en la pantalla del equipo. Mientras más cerca esté el instrumento de la fuga, más fuerte se escuchará el sonido y más alta será la lectura del instrumento. Si el ruido ambiente es un problema, puede utilizarse un concentrador de caucho para limitar el campo de recepción del equipo minimizando el efecto de los ultrasonidos competidores. Adicionalmente, el ajuste de frecuencias (disponible en muchos de los modelos) reduce drásticamente la interferencia causada por los ruidos de fondo proveyendo una detección ultrasónica de fugas como nunca antes se había experimentado.

Para evitar que exista pérdida de eficiencia por fugas en el sistema (Presión y Vacío), se realizó una inspección de fugas de aire en el banco de pruebas neumático con un medidor de ultrasónico ULTRAPROBE 15.000.

Detalle de mediciones.

El banco de pruebas consta de dos partes, la cabina del compresor y el panel donde se realizan las practicas.

En el panel donde se realizan las practicas no se evidencia fugas de aire comprimido en unidades de mantenimiento, uniones, nudos, mangueras, válvulas y accesorios, para obtener esta medición se calibro el medidor ultrasónico en una frecuencia de 45KHz y en sonido espectral de S=34.

Las fotografías adjuntas fueron tomadas desde el medidor ultrasónico, ya que consta con esta opción.



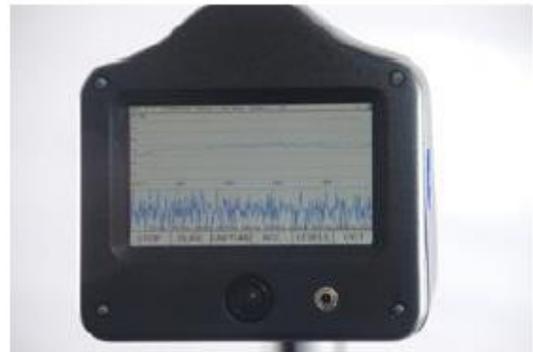
Dentro la cabina del compresor también se realizó una medición, la cual no arrojó datos de fuga de aire comprimido, las mediciones se tomaron en todos los posibles puntos de fugas de aire comprimido.



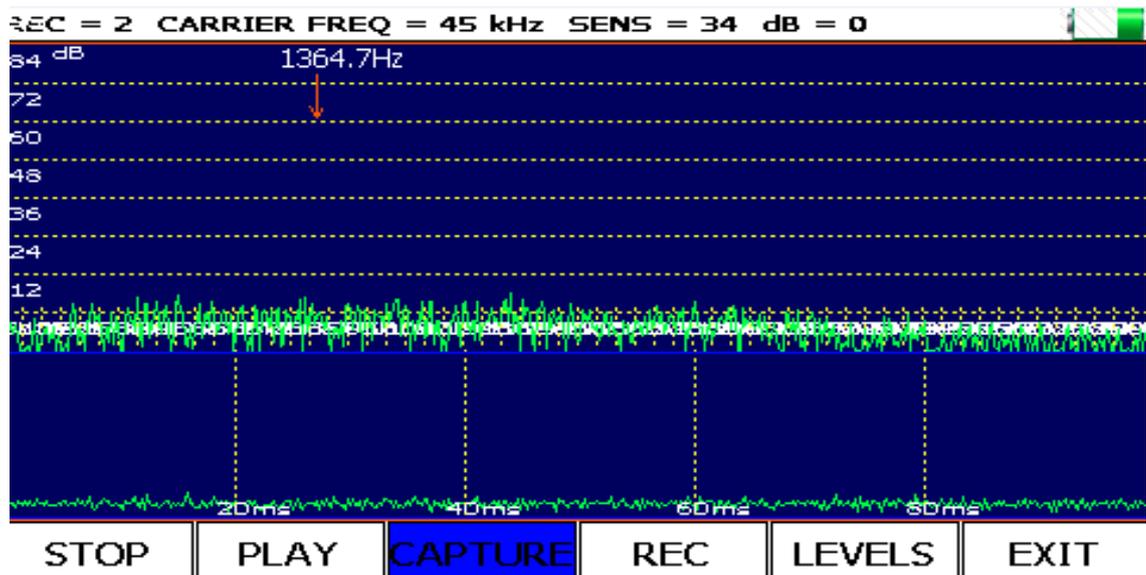
Para verificar que las medidas tomadas eran correctas se realizó un análisis espectral.

Para poder realizar esta medición seleccionamos el icono FFT el cual nos presenta la pantalla de análisis en la cual podrá definir la vista, si se desea en el espectro FFT, en serie de tiempo o el visor dual. En esta pantalla podrá grabar y reproducir los sonidos captados.

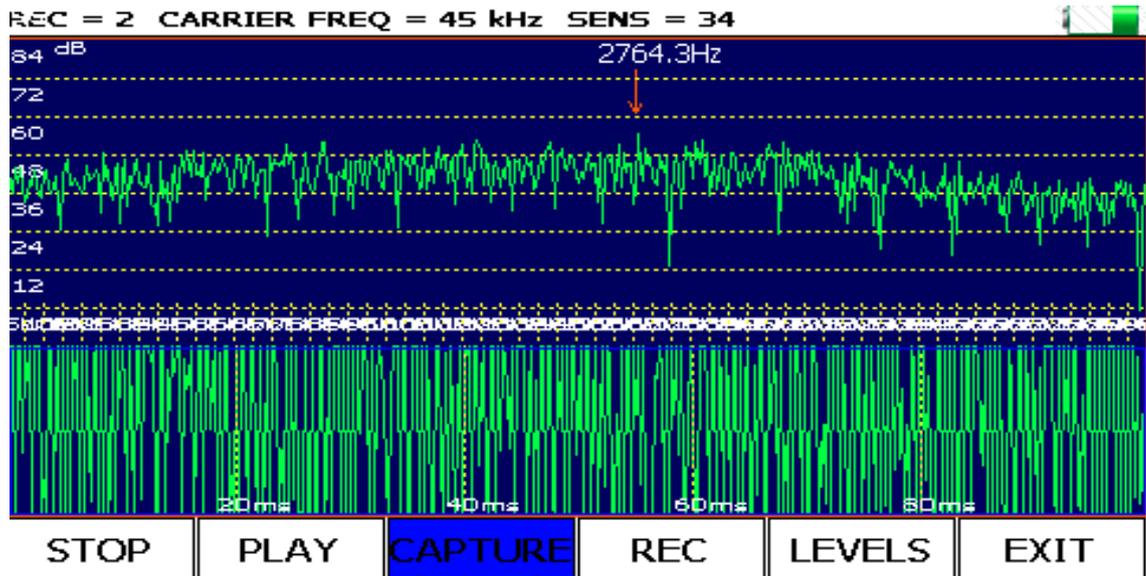
Para este caso se tomó la vista FFT, ya que para la práctica era la mejor manera de visualizar el dB.



Los valores que se tomaron se muestran a continuación, la primera figura detalla el valor real, en dB, la gráfica muestra que los no existen fugas de aire, ya que los valores están por debajo de la línea de 12 dB lo cual no lo percibe el instrumento.



Para corroborar que las medidas anteriores eran correctas se forzó una fuga desde la unidad de mantenimiento, la figura detalla claramente la variación en los niveles de dB el cual está alrededor de los 65 dB según la gráfica, los que nos permite estar seguro que las medidas anteriores fueron correctamente tomadas.



Conclusiones

Para cualquier sistema en los cuales por perdidas de fluidos exista un decremento en su eficiencia, es recomendable realizar mediciones con el ULTRAPROBE 15.000, este instrumento nos permitirá detectar fugas de fluidos a tiempo, lo cual se verá reflejado en mantener sistemas con una alta eficiencia a costos bajos de mantenimiento.

Republic of Ecuador

EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 1825 (1998) (Spanish): Manómetros, vacuómetros y manómetros de presión-vacío, indicadores y registradores con elemento sensor elástico (instrumentos ordinarios). Requisitos

SECCIÓN II MÉTODO DE VERIFICACIÓN

10. OPERACIONES DE VERIFICACIÓN

10.1 La verificación incluye las siguientes operaciones:

- Inspección visual.
- Control preliminar.
- Determinación de los errores de medición y errores de histéresis.

Y si es aplicable (dependiendo de las características tecnológicas del modelo):

- La determinación del error de la velocidad de desplazamiento de la carta de registro.
- Una verificación del dispositivo de registro.

11. REQUISITOS GENERALES PARA EL EQUIPO DE VERIFICACIÓN

11.1 Los errores del equipo usado para la verificación de instrumentos no deben exceder 1/4 del error máximo permitido de los instrumentos a ser verificados.

11.2 Debe usarse un separador cuando el fluido en el instrumento a ser verificado difiere del instrumento patrón; este separador no deberá causar un cambio en las indicaciones mayor a 1/10 del error máximo permitido del instrumento a ser verificado.

11.3 La instalación de verificación debe permitir que la presión del medio (gas o líquido) usado aumente o disminuya de una manera continua.

11.4 Los instrumentos deben ser verificados bajo las condiciones de referencia especificadas en 5.1.3 ó bajo las condiciones nominales referidas en 5.1.4.

Si la condición 5.1.3 c no se cumple, debe aplicarse una corrección a los valores indicados por el instrumento a ser verificado (salvo si está provisto de un dispositivo corrector de temperatura) y por el instrumento patrón.

Si la condición 5.1.3 f no se cumple, la presión debida a la columna del fluido usado debe tomarse en cuenta y se debe aplicar la corrección necesaria, considerando que el error debido a la diferencia de nivel ser siempre menor que 1/10 del error máximo permitido del instrumento a ser verificado.

El aire ambiental debe satisfacer con todas las regulaciones de salud y seguridad en el lugar de trabajo, además no debe contener polvo o impurezas que corroan cualquier parte del instrumento con el que pueda entrar en contacto.

(Continúa)

12. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

12.1 Inspección visual

12.1.1 El instrumento a ser verificado debe generalmente estar conforme a una aprobación de modelo cuando existe una regulación nacional de aprobación de modelo.

12.1.2 Los instrumentos a ser verificados deben estar en buenas condiciones, sin huellas visibles de corrosión, abolladuras, polvo o suciedad en la cubierta. Las cubiertas protectoras de los componentes del instrumento no deben presentar daño.

12.1.3 La ventana protectora del dial a la carta registradora no debe presentar defectos (rayas, cambios de color) que distorsionen y/o impidan la lectura de las indicaciones.

12.1.4 La rosca del acople y el sello deben estar en buenas condiciones.

12.1.5 Para instrumentos registradores, la unión entre la cubierta y el soporte de la carta registradora debe estar firme, para prevenir cualquier oscilación del soporte.

12.1.6 La forma de la cabeza de la aguja indicadora o de la aguja registradora, y las graduaciones e inscripciones sobre el dial y la cubierta de los instrumentos, debe cumplir con los requerimientos especificados en 6, 7 y 8.

12.1.7 Los instrumentos presentados para verificación periódica deben tener la marca de la verificación previa o estar acompañados del certificado correspondiente.

12.2 Control preliminar

12.2.1 El control de fugas en el instrumento debe hacerse antes de que el procedimiento de verificación empiece, para este propósito conectar el instrumento a ser verificado a la instalación de verificación y aumentar la presión continuamente hasta el límite superior de su rango de medición. Suspender el incremento de presión y dejar en reposo por 3 minutos; se considera libre de fugas si durante los siguientes 2 minutos la caída de presión no excede el 1% del límite superior del rango de medición del instrumento.

12.2.2 Cuando la presión en el instrumento a ser verificado aumente o disminuya continuamente, la aguja indicadora o la aguja registradora del instrumento debe moverse uniformemente y sin saltos bruscos.

12.2.3 A presión ambiente la aguja indicadora o aguja registradora del instrumento a ser verificado debe descansar en la marca de cero. Cualquier desviación del cero no debe exceder el valor del error máximo permitido, sea o no que el instrumento posea un dispositivo encerrador.

12.3 Determinación de los errores de medición y errores de histéresis

12.3.1 *Condiciones específicas para instrumentos indicadores.* El número de valores de presión a los cuales el instrumento indicador debe ser verificado y su distribución en la escala deben escogerse de tal manera que se excluya la posibilidad de errores que excedan los valores máximos permitidos del error de indicación como resultado de una calibración incorrecta o no lineal. El número de tales valores debe ser al menos:

(Continúa)

- a) 8 para clases de exactitud 0,2; 0,25; 0,4; 0,5 y 0,6.
- b) 5 para clases de exactitud 1; 1,6; 2 y 2,5.
- c) 3 para clases de exactitud 4 y 5
(ver nota 7).

Las lecturas deben tomarse para presiones en aumento y después de un período de reposo de 5 minutos en el límite superior del rango de medición, para presiones en descenso para así determinar los errores de histéresis. La lectura de cero debe tomarse después de un período de reposo de 5 minutos a la presión ambiente.

12.3.2 Condiciones específicas para instrumentos registradores. El error de medición para instrumentos registradores se determina por uno de los dos siguientes métodos:

- a) La presión aplicada es ajustada para poner la aguja registradora sobre la línea de la carta para la cual la verificación se realiza, y la presión se lee en el instrumento patrón.
- b) El valor de la presión seleccionada se determina por medio de un instrumento patrón y se compara con el valor leído sobre la carta registradora.

El segundo método se utilizará solamente cuando el error de lectura en el instrumento a ser verificado es menor que $1/5$ del valor de división de escala más pequeño de la carta.

El instrumento debe ser verificado en al menos cinco valores de presión uniformemente distribuidos a través del rango de medición, incluido el límite superior del rango de medición.

Los errores de medición e histéresis deben determinarse después de haber parado el mecanismo accionador de la banda o carta de disco.

Los valores del error de histéresis se determinarán separadamente para cada aguja registradora en instrumentos multiregistradores.

12.3.3 Condiciones aplicables para instrumentos indicadores y registradores

12.3.3.1 Los vacuómetros con un límite superior del rango de medición de 0,1 MPa deben estar sometidos durante la verificación a un vacío de al menos 90% de dicho límite superior.

12.3.3.2 Para manómetros de presión-vacío con un rango de medición de presión mayor o igual a 0,5 MPa, la continuidad del movimiento de la aguja indicadora debe verificarse solamente en la parte de la escala que marca el vacío cuando el instrumento a ser verificado está sujeto a un vacío que varía continuamente entre 0 y 0,05 MPa. Las indicaciones de tal instrumento no se verifican normalmente sometidos a presión de vacío (ver nota 8).

NOTA 7. Puede ser necesario un mayor número de valores dependiendo del modelo del instrumento.

NOTA 8. En la parte de la escala que indica presión de vacío, el valor límite por debajo del cual las indicaciones no se verifican, es fijado de acuerdo a la clase de exactitud del instrumento

(Continúa)

12.4 Determinación del error de velocidad de desplazamiento de la carta registradora (si es aplicable)

12.4.1 El error en la velocidad de la carta se debe determinar usando un cronómetro cuando la carta es accionada por un mecanismo de reloj. Si el accionador es un motor sincrónico eléctrico, se debe introducir una corrección para la desviación de la frecuencia de la fuente de poder con respecto a la frecuencia nominal de acuerdo a las indicaciones del medidor de frecuencia, este error no debe exceder de $\pm 0,1$ Hz. El voltaje principal no debe variar por más de $\pm 10\%$ del valor nominal de voltaje (ver nota 9). El error de la velocidad de desplazamiento de la carta registradora no debe exceder al valor especificado en 7.5.1.

12.5 Control del dispositivo registrador (si es aplicable)

12.5.1 El instrumento a ser verificado debe estar conectado a la instalación de calibración que suministra la presión. El mecanismo accionador de la banda o disco de carta debe entonces desconectarse. Cuando la presión se incrementa al límite superior del rango de medición o se disminuya a cero, la línea registrada por la aguja registradora sobre la carta inmóvil debe ser paralela a la línea de graduación del tiempo, cualquier desviación no debe exceder del valor indicado en 7.5.2.

12.5.2 La coincidencia de las líneas dibujadas por la aguja registradora sobre la carta en movimiento con las líneas de presión debe verificarse a las siguientes presiones

- cero (o ambiente)
- mitad del límite superior del rango de medición
- límite superior del rango de medición

Durante este ensayo las cartas de disco deben completar una revolución, y las cartas de banda deben desplazarse al menos 200 mm.

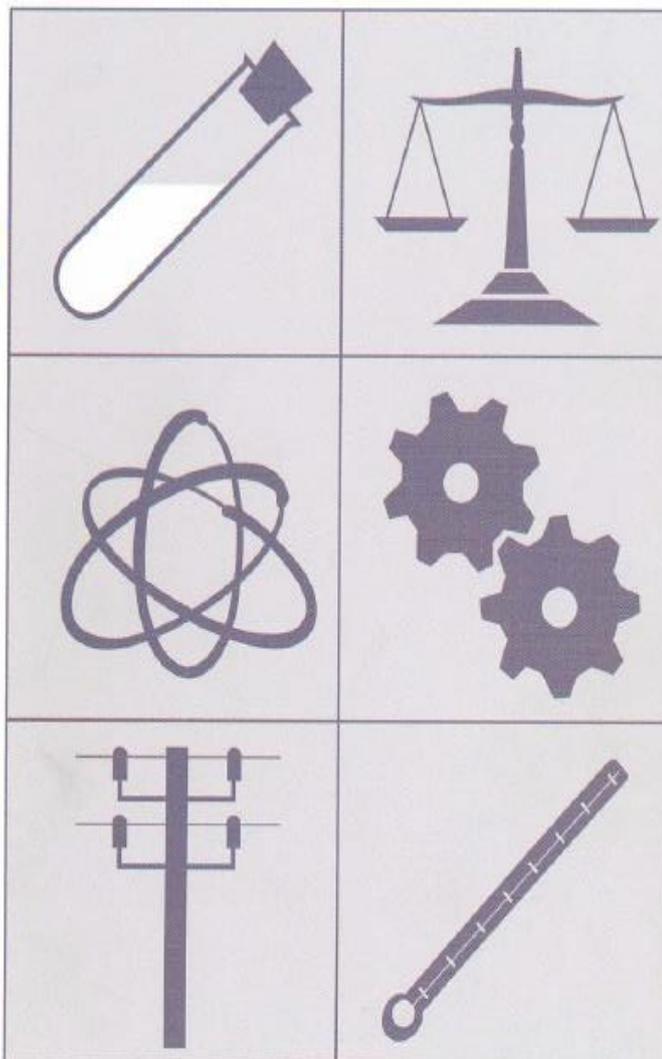
Las líneas marcadas por la aguja registradora sobre la carta en movimiento y las líneas de presión deben coincidir, cualquier desviación no debe exceder el valor especificado en 7.5.2.

12.5.3 No debe haber fuga de tinta cuando la aguja registradora o la carta esté inmóvil o en movimiento. Además se debe cumplir lo prescrito en 7.2.3.

NOTA 9. La corrección no es necesaria si se mide el tiempo con un reloj sincrónico conectado a la misma fuente de poder que el instrumento.

Metrología

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN



PROCEDIMIENTO ME-003 PARA LA CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS, VACUÓMETROS Y MANOVACUÓMETROS

m̄ 08



MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO





7. RESULTADOS

7.1. Cálculo de incertidumbres

La asignación y expresión de incertidumbres se realizará siguiendo los criterios de la guía CEA-ENAC-LC/02 [4]. En primer lugar se determinará la expresión de la magnitud de salida en función de las distintas magnitudes de entrada, modelando una ecuación para las correcciones de calibración. Realizaremos el cálculo en un punto genérico i , para el resto de los puntos se realiza de la misma forma.

La ecuación modelo para la corrección de calibración será la siguiente:

$$C_i = P_{Ri} - P_{xi} + \sum_j \delta_j(Pat) + \sum_k \delta_k(Ins) + \Delta_{NR} \quad (1)$$

Donde:

- a) C_i es la corrección final de calibración.
- b) P_{Ri} es el valor de la lectura del Patrón en el punto i .
- c) P_{xi} es el valor de la lectura del instrumento en el punto i .
- d) $\sum_j \delta_j(Pat)$ es la suma de las correcciones debidas al Patrón, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre.
- e) $\sum_k \delta_k(Inst)$ es la suma de las correcciones debidas al instrumento, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre.
- f) Δ_{NR} es la corrección por diferencia de alturas entre los niveles de referencia.



- El término d) comprende las siguientes correcciones:
 - d-1) $\delta(\text{Pat})_{\text{cal}}$, corrección de calibración.
 - d-2) $\delta(\text{Pat})_{\text{der}}$, corrección debida a deriva.
 - d-3) $\delta(\text{Pat})_{\text{tem}}$, corrección debida a temperatura.

- El término e) comprende las siguientes correcciones:
 - e-1) $\delta(\text{Inst})_{\text{res}}$, corrección debida a resolución.
 - e-2) $\delta(\text{Ins})_{\text{tem}}$, corrección debida a temperatura.
 - e-3) $\delta(\text{Ins})_{\text{hist}}$, corrección debida a histéresis.

- El término f) viene dado por la siguiente expresión:

$$\Delta_{NR} = (\rho_f - \rho_a) \times g \times h \quad (2)$$

Donde ρ_f es la densidad del fluido manométrico y ρ_a es la densidad del aire.

Componentes de la incertidumbre

- a.1.) $\delta(\text{Pat})_{\text{cal}}$: Debida al Patrón (certificado de calibración). Tipo B

La incertidumbre de calibración del Patrón vendrá reflejada en su certificado de calibración. En los certificados se indican las incertidumbres expandidas, por lo que será necesario dividir el valor indicado por el k_{cert} correspondiente. Normalmente no coincidirá el punto de calibración con el valor del certificado, en este caso, se incluirá como componente de incertidumbre la mayor incertidumbre de calibración del Patrón

$$u(\delta(\text{Pat})_{\text{cal}}) = U_{\text{cert}} / k_{\text{cert}}$$

(Apartado 3.3 de la ref [4])



a.2.) $\delta(Pat)_{der}$: Debida a deriva del Patrón

Es una incertidumbre tipo B, consideraremos una distribución rectangular, su valor vendrá dado por $u(\delta(Pat)_{der}) = der / 2\sqrt{3}$.

(Apartado 3.3 de la ref [4])

a.3.) $\delta(Pat)_{tem}$: Debida a temperatura (Patrón).

La indicación de Patrón puede cambiar debido a variaciones de temperatura, estos cambios no pueden corregirse y tienen que introducirse como un factor más de incertidumbre. Suele ser el fabricante quien da las especificaciones, que suelen venir en porcentaje del rango del instrumento/grado.

Es una incertidumbre tipo B, se tratará como una distribución rectangular y viene dada por $u(\delta(Pat)_{tem}) = tem(Pat) / 2\sqrt{3}$, el valor $tem(Pat)$, se obtendrá de las especificaciones del fabricante.

(Apartado 3.3 de la ref [4])

a.4.) $\delta(Inst)_{res}$: Debida a resolución del manómetro a calibrar.

Incertidumbre tipo B. Puede describirse también por una distribución rectangular y de valor $u(\delta(Inst)_{res}) = res / 2\sqrt{3}$, siendo res la resolución del manómetro.

(Apartado 3.3 de la ref [4])

a.5.) $\delta(Ins)_{tem}$: Debida a temperatura (Instrumento).

Análogamente a lo descrito en el apartado a.4.), tendremos una componente de incertidumbre debida a variaciones térmicas durante la calibración, que afectarán a las lecturas del manómetro



a calibrar. Su valor vendrá dado por
 $u(\delta(Ins)_{tem}) = tem(Ins) / 2\sqrt{3}$.

(Apartado 3.3 de la ref [4])

a.6.) $\delta(Ins)_{hist}$: Debida a histéresis.

Este factor de incertidumbre se debe a que las indicaciones del manómetro pueden variar una cierta cantidad dependiendo que se obtengan mediante presiones crecientes o decrecientes. Si llamamos *his* al intervalo de posibles lecturas debido a este motivo, su varianza sería $u(\delta(Ins)_{hist})^2 = (his)^2 / 12$, y su incertidumbre típica $u(\delta(Ins)_{hist}) = his / 2\sqrt{3}$.

(Apartado 3.3 de la ref [4])

a.7.) Debida a la repetibilidad de las medidas ($P_R - P_x$).

La Incertidumbre debido a la falta de repetibilidad del manómetro viene dada por la siguiente expresión:

$$u(rep) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(C_i - \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \right)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Donde:

$u(rep)$ es la incertidumbre aleatoria de tipo A asociada al manómetro.

n es el número de medidas (4 ó 6 según la precisión del manómetro).



C_i es cada una de las correcciones calculadas en un punto en los diferentes ciclos.

(Apartado 3.1 de la ref [4])

a.8.) Debida a diferencia de alturas entre niveles de referencia.

Según la ecuación (2), es función de la densidad del fluido, de la densidad del aire, de la gravedad del laboratorio y de la altura entre los niveles de referencia: la incertidumbre típica se obtiene de aplicar la ley de propagación de incertidumbres a (2):

$$u(\Delta_{NR}) = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_f} u(\rho_f)\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_a} u(\rho_a)\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial g_l} u(g_l)\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial h} u(h)\right)^2} \quad (4)$$

Donde:

$u(\rho_f)$ Es la incertidumbre típica de la densidad del fluido. Su valor y su incertidumbre, para un factor de cobertura $k = 2$, se obtienen del certificado de calibración del fluido, o en su defecto de las especificaciones del fabricante o de la ecuación de los gases perfectos en el caso de que el fluido sea un gas.

$u(\rho_a)$ El valor de la densidad del aire y su incertidumbre expandida, se obtienen a partir de la Temperatura ambiente, de la presión atmosférica y de la humedad relativa.

Una posible fórmula para evaluarla es:

$$\rho_a = \frac{0,34848 P_{amb} - 0,009024 h \cdot r^{0,061 t_{amb}}}{273,15 + t_{amb}} \quad (5)$$

Las diferencias de los valores obtenidos con ésta fórmula respecto de los obtenidos con la fórmula de 1991 del BIPM



son menores de 0,01 kg/m³. Si se mide la temperatura ambiente con incertidumbre menor de 0,5 °C; la presión ambiente con incertidumbre menor de 2 hPa y la humedad relativa con incertidumbre menor del 10 %, la incertidumbre de la densidad del aire aplicando la fórmula anterior es menor de 0,012 kg/m³. Si consideramos este valor como el intervalo de variación $\delta\rho_a$, la varianza es $u^2 = (\delta\rho_a)^2/12$, y la incertidumbre típica debida a la densidad del aire es:

$$u(\rho_a) = \frac{\delta\rho_a}{2\sqrt{3}} \quad (6)$$

$u(g)$ Para la exactitud requerida por este procedimiento se puede utilizarse como valor de la aceleración de la gravedad 9,80 m/s² con una incertidumbre para $k = 2$ de 0,05 m/s².

$u(h)$ Normalmente, la diferencia de altura se mide a través de una regla. Su incertidumbre típica se obtienen a partir de la del certificado de calibración de la regla, de la deriva de la regla y del método de medida de la diferencia de alturas, normalmente esta última es la contribución dominante.

En la tabla 1 resume el cálculo de la incertidumbre típica por diferencia de alturas:

Magnitud X_i	estimación x_i	incertidumbre típica $u(x_i)$	distribución de probabilidad	coeficiente de sensibilidad c_i	incertidumbre $u(y)$
Densidad del fluido	ρ_f	$u(\rho_f)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_f} = g_i \times h$	$g_i \times h \times u(\rho_f)$
Densidad del aire	ρ_a	$u(\rho_a)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_a} = -g_i \times h$	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_a} = -g_i \times h$
Gravedad local	g	$u(g)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial g_i} = (\rho_f - \rho_a) \times h$	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial g_i} = (\rho_f - \rho_a) \times h$
Diferencia de altura	h	$u(h)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial h} = (\rho_f - \rho_a) \times g_i$	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial h} = (\rho_f - \rho_a) \times g_i$



Corrección por nivel de referencia	Δ_{NR}	Incertidumbre combinada	$u(\Delta_{NR}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$
------------------------------------	---------------	-------------------------	---

Tabla 1

Finalmente, aplicando la ley de propagación de incertidumbres a (1) se obtienen la incertidumbre típica combinada en al calibración de manómetros

Magnitud X_i	estimación x_i	incertidumbre típica $u(x_i)$	distribución de probabilidad	coeficiente de sensibilidad c_i	incertidumbre $u(y)$
Repetibilidad	$P_{R1} - P_{x1}$	$u(\text{rep})$ (a.7)	normal	1	$u(\text{rep})$ (a.7)
Calibración del patrón	$\delta(\text{Pat})_{\text{cal}}$	U/k	normal	1	U/k
Deriva del Patrón	$\delta(\text{Pat})_{\text{der}}$	$der/2\sqrt{3}$	rectangular	1	$der/2\sqrt{3}$
Temperatura del Patrón	$\delta(\text{Pat})_{\text{tem}}$	$tem(\text{Pat})/2\sqrt{3}$	rectangular	1	$tem(\text{Pat})/2\sqrt{3}$
Resolución del manómetro	$\delta(\text{Ins})_{\text{res}}$	$res/2\sqrt{3}$	rectangular	1	$res/2\sqrt{3}$
Temperatura del manómetro	$\delta(\text{Ins})_{\text{tem}}$	$tem(\text{Ins})/2\sqrt{3}$	rectangular	1	$tem(\text{Ins})/2\sqrt{3}$
Histéresis del manómetro	$\delta(\text{Ins})_{\text{hist}}$	$his/2\sqrt{3}$	rectangular	1	$his/2\sqrt{3}$
Corrección por nivel de referencia	Δ_{NR}	$u(\Delta_{NR})$	normal	1	$(\rho_f - \rho_a) \times g_i \times u(h)$
Corrección de calibración	C_i	Incertidumbre combinada			$u(C_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$
Número de grados efectivos de libertad $v_{\text{ef}} =$					$v_{\text{ef}} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4}{v_i}}$



Factor de cobertura $k =$	$k = f(v_{\text{eff}})$
Incertidumbre expandida ($k=$)	$U = k \cdot u(P)$
Corrección no realizada máxima	C_{max}
Incertidumbre global de uso	$U' = C_{\text{max}} + U$

Tabla 2

La incertidumbre típica combinada asociada a la calibración del manómetro se obtiene combinando sus distintas contribuciones

$$u(C_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (7)$$

Una vez obtenida la incertidumbre combinada se calculan los grados de libertad efectivos, v_{eff} , a partir de la incertidumbre combinada y sus contribuciones mediante la aplicación de la fórmula de Welch-Satterthwaite:

$$v_{\text{eff}} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4}{v_i}} \quad (8)$$

A partir de los grados de libertad efectivos y de la Tabla 3 se obtiene el factor k . La tabla está basada en una distribución t evaluada para una distribución de probabilidad del 95,45 %.

v_{eff}	1	2	3	4	5	6
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52
v_{eff}	7	8	10	20	50	∞
k	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

Tabla 3: Factores de cobertura k para diferentes grados de libertad v_{eff} .

La incertidumbre expandida, para un intervalo de confianza del 95,45%, se obtiene multiplicando a la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura



$$U = ku(y) \quad (9)$$

NOTA:

En el caso de no realizar la corrección debida al certificado de calibración, se puede dar un límite superior de la incertidumbre de calibración, que se hallaría sumando aritméticamente el valor absoluto de la corrección no corregida debido al certificado, con la incertidumbre indicada anteriormente.

7.2. Interpretación de resultados

Los valores se darán tabulados indicando:

- Presión de referencia.
- Valor medio de la indicación del instrumento.
- Correcciones o errores de calibración en cada punto.
- La incertidumbre para un factor de cobertura $k=2$. También se puede dar una incertidumbre máxima para todo el intervalo de calibración en lugar de dar una para cada punto.

En el certificado de calibración, se deberá dar la incertidumbre expandida y especificarse el valor de cobertura k utilizado.

Excepto cuando la unidad utilizada sea el pascal, se expresará la relación que existe entre la unidad de presión utilizada y el Pascal que es la unidad de presión en el Sistema Internacional.

NOTA:

Si por el tipo de uso del manómetro no resulta aconsejable realizar las correcciones de calibración, se puede utilizar una incertidumbre maximizada, que englobaría la máxima corrección encontrada en la calibración, en valor absoluto.

ANEXO 8: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



REPORT OF CALIBRATION

This instrument is calibrated and tested to verify compliance with Martel's test specifications for all range and parameters required to meet 1 year performance specifications. The calibration uses measurement standards traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). This calibration complies with the requirements of ANSI/NCSS Z540-1-1994 part 2. Calibration and verification are performed at an ambient temperature of $23 \pm 5^\circ\text{C}$ and relative humidity of $> 20\%$ to $< 70\%$.

Any test uncertainty (TUR) less than 4:1 appears under the TUR heading on the data record. Where the TUR meets or exceeds 4:1, the TUR field is blank.

Tom Fatur

Tom Fatur
President

Juan Guzman

Calibrated By
Juan Guzman

Manufacturer:	Martel Corporation	Cal Date:	September 30, 2014
Model:	BETAGAUGE-PI-PRO-100G	Report Date:	September 30, 2014
Serial Number:	2916097	Temperature:	21.0°C
		Relative Humidity:	50 %
Calibration Procedure:	GAUGE 10"-1000 psi: (1 year) FINAL VER MAN/6000 600		
Procedure Revision:	1.0		

Standards Used					
Asset	Manufacturer	Model Number	Description	Cal. Date	Due Date
811808	Mensor	CPC 6000	Pressure Standard	14-Jan-14	14-Jan-15

Test Data					
PARAMETER	RESULT	ACCEPTANCE LIMITS		TUR	
		LOW	HIGH		
-12.00 to 100.00 psi Verification.					
100.00psi	100.00	99.95	100.05	PASS	
93.75psi	93.75	93.70	93.80	PASS	
81.25psi	81.25	81.20	81.30	PASS	
68.75psi	68.75	68.70	68.80	PASS	
56.25psi	56.25	56.20	56.30	PASS	
43.75psi	43.75	43.70	43.80	PASS	
31.25psi	31.25	31.20	31.30	PASS	
18.75psi	18.75	18.70	18.80	PASS	
6.25psi	6.25	6.20	6.30	PASS	
0.00psi	0.00	-0.05	0.05	PASS	
-6.00psi	-6.00	-6.05	-5.95	PASS	
-12.00psi	-12.00	-12.05	-11.95	PASS	
-0.8274 to 6.8948 Bar Verification.					
6.8948"Bar"	6.8948	6.8913	6.8983	PASS	
6.4638"Bar"	6.4638	6.4603	6.4673	PASS	
5.6020"Bar"	5.6020	5.5985	5.6055	PASS	
4.7401"Bar"	4.7401	4.7366	4.7436	PASS	
3.8783"Bar"	3.8783	3.8748	3.8818	PASS	
3.0165"Bar"	3.0165	3.0130	3.0200	PASS	
2.1546"Bar"	2.1546	2.1511	2.1581	PASS	
1.2928"Bar"	1.2928	1.2893	1.2963	PASS	
0.4309"Bar"	0.4309	0.4274	0.4344	PASS	
0.0000"Bar"	0.0000	-0.0035	0.0035	PASS	

MET/CAL RunTime Report Calibration Results

Page 1 of 2

Calibration Report Number: 115055093020142916097

Corporate Park Drive, Derry, NH 03038 (603) 434-8179 (800) 821-0023 FAX (603) 434-1653 www.martelcorp.com



PARAMETER	RESULT	ACCEPTANCE LIMITS		TUR
		LOW	HIGH	
-0.4137"Bar"	-0.4137	-0.4172	-0.4102	PASS
-0.8274"Bar"	-0.8274	-0.8309	-0.8239	PASS
-82.74 to 689.48 kPa Verification.				
689.48 kPa	689.48	689.38	689.58	PASS
646.38 kPa	646.38	646.28	646.48	PASS
560.20 kPa	560.20	560.10	560.30	PASS
474.01 kPa	474.01	473.91	474.11	PASS
387.83 kPa	387.83	387.73	387.93	PASS
301.65 kPa	301.65	301.55	301.75	PASS
215.46 kPa	215.46	215.36	215.56	PASS
129.28 kPa	129.28	129.18	129.38	PASS
43.09 kPa	43.09	42.99	43.19	PASS
0.00 kPa	0.00	-0.10	0.10	PASS
-41.37 kPa	-41.37	-41.47	-41.27	PASS
-82.74 kPa	-82.74	-82.84	-82.64	PASS



REPORT OF CALIBRATION

This instrument is calibrated and tested to verify compliance with Martel's test specifications for all range and parameters required to meet 1 year performance specifications. The calibration uses measurement standards traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). This calibration complies with the requirements of ANSI/CSL Z540-1-1994 part 2. Calibration and verification are performed at an ambient temperature of 23 ± 5°C and relative humidity of > 20% to < 70%.

Any test uncertainty (TUR) less than 4:1 appears under the TUR heading on the data record. Where the TUR meets or exceeds 4:1, the TUR field is blank.

Tom Fatur

Tom Fatur
President

Juan Guzman

Calibrated By
Juan Guzman

Manufacturer:	Martel Corporation	Cal Date:	September 30, 2014
Model:	BETAGAUGE-PI-PRO-015C	Report Date:	September 30, 2014
Serial Number:	2916096	Temperature:	21.0°C
		Relative Humidity:	50 %
Calibration Procedure:	GAUGE 10"-1000 psi: (1 year) FINAL VER MAN/6000 600		
Procedure Revision:	1.0		

Standards Used

Asset	Manufacturer	Model Number	Description	Cal. Date	Due Date
311808	Mensor	CPC 6000	Pressure Standard	14-Jan-14	14-Jan-15

Test Data

PARAMETER	RESULT	ACCEPTANCE LIMITS		TUR
		LOW	HIGH	
-14.000 to 15.000 psi Verification.				
15.000psi	15.000	14.992	15.008	PASS
14.000psi	14.001	13.992	14.008	PASS
12.000psi	12.001	11.992	12.008	PASS
9.750psi	9.751	9.742	9.758	PASS
7.500psi	7.501	7.492	7.508	PASS
5.500psi	5.501	5.492	5.508	PASS
3.250psi	3.251	3.242	3.258	PASS
1.250psi	1.251	1.242	1.258	PASS
0.000psi	0.000	-0.008	0.008	PASS
-5.000psi	-4.999	-5.008	-4.992	PASS
-10.000psi	-9.999	-10.008	-9.992	PASS
-14.000psi	-13.999	-14.008	-13.992	PASS
0.9653 to 1.0342 Bar Verification.				
1.0342"Bar"	1.0342	1.0337	1.0347	PASS
0.9653"Bar"	0.9653	0.9648	0.9658	PASS
0.8274"Bar"	0.8274	0.8269	0.8279	PASS
0.6722"Bar"	0.6723	0.6717	0.6727	PASS
0.5171"Bar"	0.5172	0.5166	0.5176	PASS
0.3792"Bar"	0.3793	0.3787	0.3797	PASS
0.2241"Bar"	0.2241	0.2236	0.2246	PASS
0.0862"Bar"	0.0863	0.0857	0.0867	PASS
0.0000"Bar"	0.0000	-0.0005	0.0005	PASS
-0.3447"Bar"	-0.3447	-0.3452	-0.3442	PASS

METICAL RunTime Report: Calibration Results

Page 1 of 2

Calibration Report Number: 085631093020142916096

Corporate Park Drive, Derry, NH 03038 (603) 434-8179 (800) 821-0023 FAX (603) 434-1653 www.martelcorp.com



PARAMETER	RESULT	ACCEPTANCE LIMITS		TUR
		LOW	HIGH	
-0.6895"Bar"	-0.6894	-0.6900	-0.6890	PASS
-0.9653"Bar"	-0.9652	-0.9658	-0.9648	PASS
-96.53 to 103.42 kPa Verification.				
103.42 kPa	103.42	103.37	103.47	PASS
96.53 kPa	96.53	96.48	96.58	PASS
82.74 kPa	82.74	82.69	82.79	PASS
67.22 kPa	67.23	67.17	67.27	PASS
51.71 kPa	51.72	51.66	51.76	PASS
37.92 kPa	37.93	37.87	37.97	PASS
22.41 kPa	22.41	22.36	22.46	PASS
8.62 kPa	8.63	8.57	8.67	PASS
0.00 kPa	0.00	-0.05	0.05	PASS
-34.47 kPa	-34.47	-34.52	-34.42	PASS
-68.95 kPa	-68.94	-69.00	-68.90	PASS
-96.53 kPa	-96.52	-96.58	-96.48	PASS

ANEXO 9: PRÁCTICAS METROLÓGICAS

PRÁCTICA N°1 CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS



OBJETIVO DEL EJERCICIO

1. Introducción a las características y aplicaciones de la magnitud de presión.
2. Experiencia con la manipulación de elementos neumáticos básicos.
3. Familiarizarse con términos metrológicos e identificarlos en el instrumento.
4. Reconocer durante el ensayo metrológico los posibles desvíos existentes en un manómetro que se encuentra descalibrado.
5. Eliminar los posibles desvíos mediante un proceso de calibración utilizando el banco de pruebas de presión y vacío.
6. Comprobar que el manómetro ha quedado calibrado calculando el índice de capacidad y efectuando mediciones de presiones conocidas.

EQUIPOS Y MATERIALES

a) Equipo del laboratorio

- Banco de pruebas neumático con sus respectivos patrones de presión y depresión.
- Un manómetro analógico de trabajo: rango de 0 a 6 bar, resolución de 0.5 bar.
- Herramientas como: Extractores de agujas, destornilladores, juegos de llaves para acoplamiento, pinzas, adaptadores, racores, tubos, teflón.
- Equipos de seguridad industrial (guantes, gafas)

b) Equipo que debe traer el estudiante

- Hoja técnica de inspección de instrumentos de presión (UPSMT-001)
- Archivo digital de cálculos de calibración

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Con referencia al entorno de trabajo

➤ **PRESIÓN**

Se define como una magnitud física que mide la fuerza ejercida en dirección perpendicular por unidad de superficie. Cabe indicar que el origen de esas fuerzas puede derivarse de los fluidos que están comprimidos.

Al clasificar los tipos de presión encontramos dos grandes clasificaciones:

- a) La presión relativa la cual tiene como punto de referencia la presión atmosférica y
- b) La presión absoluta la cual tiene como referencia el cero absoluto de presión.

➤ **METROLOGÍA**

La metrología es la ciencia que se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica.

➤ **MANÓMETRO**

Un manómetro es un aparato que sirve para medir la presión de gases o líquidos contenidos en recipientes cerrados.

Los manómetros son de dos tipos:

Manómetros del tipo abierto y Manómetros diferenciales.

➤ **BANCO DE PRUEBAS**

Es el elemento o mecanismo mediante el cual se va a realizar el ensayo metrológico, consta de elementos patrones y accesorios que facultan el ejercicio.

➤ **PATRÓN**

Es el elemento primordial para realizar el ensayo metrológico, ya que este define el valor real a donde de apuntar el elemento que está siendo calibrado.

➤ **CALIBRACIÓN**

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados mediante un instrumento de medición o un sistema de medición, con valores representados por una medida de material o un material de referencia de un patrón.

Con referencia al ensayo metrológico

➤ **EXACTITUD**

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud.

➤ **PRECISIÓN**

Es la capacidad de reiterar la misma medida cerca o dentro de una misma zona.

➤ **INCERTIDUMBRE**

Es la forma de que para un mensurando y su resultado de medición dado, no hay un solo valor, sino un número infinito de valores dispersos alrededor del resultado, que son consistentes con todas las observaciones datos y conocimientos que se tengan del mundo físico, y que con distintos grados de credibilidad pueden ser atribuidos al mensurando.

➤ **CLASE**

Es el grado dentro del escalafón de trazabilidad que tiene el instrumento, entre más fina es su clase más cerca se encuentra del valor real.

➤ **REPETIBILIDAD**

Es la variación de las mediciones obtenidas con un instrumento de medición, cuando es utilizado varias veces por un operador, al mismo tiempo que mide las mismas características en una misma parte. Es referido como variación del equipo.

➤ **REPRODUCIBILIDAD**

Es la variación, entre promedios de las mediciones hechas por diferentes operadores que utilizan un mismo instrumento de medición cuando miden las mismas características en una misma parte.

➤ **ERROR**

Es la diferencia entre la salida del instrumento correspondiente a una entrada (que no varía con el tiempo) y el valor de la salida que verdaderamente debe corresponder a esa entrada.

➤ **RESOLUCIÓN**

Es la mínima lectura del instrumento.

➤ **RANGO**

Límites físicos/mecánicos en el cual puede esta expresada la lectura del instrumento.

PROCEDMIENTO PARA PRÁCTICA METROLÓGICA

1. Limpieza total del manómetro a calibrar en el caso de que sea necesario.

2. Dejar estabilizar tanto el patrón como el mensurando a la temperatura ambiente 2 horas.
3. Si el manómetro no presenta identificación propia, ni número de serie, proceder a identificarlo con un código (Se recomienda utilizar la secuencia UPS-MAN-XYZ)
4. El instrumento se acoplará en el calibrador patrón mediante los adaptadores adecuados de forma que no existan fugas (Salvo indicación contraria por parte del fabricante o del solicitante de la calibración el manómetro se instalará en posición vertical).
5. Se comprobará que el rango de calibración del manómetro esté dentro del rango del calibrador patrón.
6. Se debe realizar el cálculo del índice de la calidad de la calibración “Q”.
7. Se recomienda someter al instrumento a una operación de eliminación de posible pereza.
8. El número de puntos de calibración será mínimo de cinco, uniformemente repartidos en el rango de calibración del manómetro.
9. Para cada uno de los puntos de calibración se realizarán 4 secuencias de medidas, 2 en sentido creciente de presión y 2 en sentido decreciente;
10. Los datos del ensayo metrológico serán anotados en el formato inspección “UPSMT-001”
11. Se realizará el cálculo de incertidumbre
12. Se realizará el cálculo de capacidad.

CALCULOS

Datos:

Tabla: Manómetro Patrón vs Instrumento

PATRÓN		INSTRUMENTO	
DESCRIPCIÓN	Manómetro Precisión	DESCRIPCIÓN	Manómetro Trabajo
TIPO	Digital	TIPO	Analógico
FABRICANTE	Martel Electronics	FABRICANTE	Ametek
MODELO	PI-PRO-100G	MODELO	HS-3
N° SERIE	2916097	N° SERIE	2458NI
RANGO	0 a 6 bar	RANGO	0 a 4 bar
EXACTITUD	0.05 %	EXACTITUD	0.25 %
INCERTIDUMBRE	0.0017 bar		
FACTOR COB. "K"	2		

Tolerancia del instrumento a calibrar

$$T = \frac{\text{Exactitud} \times \text{Rango}}{100}$$

$$T = \frac{0.25 \times 4}{100}$$

$$T = 0.01$$

Índice de calidad de calibración

$$Q = \frac{T/\sqrt{3}}{U/K}$$

$$Q = \frac{0.01/1.7321}{0.0017/2}$$

$$Q = 7$$

Relación $7 > 3$ "Es Apto"

Como se cumple con la relación $Q > 3$, el equipo patrón tiene la capacidad de calibrar el instrumento.

Registro de datos



No. DE CONTROL DE VERIFICACIÓN: UPSMT-0001

HOJA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

Equipo:	MANÓMETRO	Código:	UPS-MAN-001
Fabricante:	AMETEK	Usuario	UNV. POL. SALESIANA
Modelo:	HS-3	Clase:	0.25 %
Nº Serie:	2458NI	Exactitud:	1 <i>Bar</i>
Rango:	0 a 4 Bar	Decimales:	1
Tipo:	Analógico	Resolución:	0.5 <i>Bar</i>

Fechas		Condiciones Ambientales:	
Recepción:	Nov-2014	Temp(°C):	23 ± 2°C
Calibración:	Dic-2014	H. (%Hr):	50 %

Presión	Lecturas			
	1ª Serie		2ª Serie	
	Patrón			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2.0	2.0	2.25	2.0	2.25
3.0	3.0	3.25	3.0	3.25
4.0	4.0	4.25	4.0	4.25

Elaborado por:

Observación: PRACTICA N°1
 CALIBRACIÓN UPS

Cálculo de Incertidumbre Manómetro

3. Contribución de la incertidumbre debida a la repetibilidad de las medidas leídas en el mesurando.

$$U_1(0.50) = \sqrt{\frac{\sum(0.50-0.50)^2+(0.50-0.50)^2+(0.50-0.50)^2+(0.50-0.50)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(1.00) = \sqrt{\frac{\sum(1.00-1.00)^2+(1.00-1.00)^2+(1.00-1.00)^2+(1.00-1.00)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(1.50) = \sqrt{\frac{\sum(1.50-1.50)^2+(1.50-1.50)^2+(1.50-1.50)^2+(1.50-1.50)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0000}$$

$$U_1(2.00) = \sqrt{\frac{\sum(2.06-2.00)^2+(2.06-2.25)^2+(2.06-2.00)^2+(2.06-2.00)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0625}$$

$$U_1(3.00) = \sqrt{\frac{\sum(3.06-3.00)^2+(3.06-3.25)^2+(3.06-3.00)^2+(3.06-3.00)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0625}$$

$$U_1(4.00) = \sqrt{\frac{\sum(4.06-4.00)^2+(4.06-4.25)^2+(4.06-4.00)^2+(4.06-4.00)^2}{4(4-1)}} = \mathbf{0.0625}$$

Tabla: Incertidumbre por repetibilidad

PRESIÓN PATRÓN	PRIMERA SERIE		SEGUNDA SERIE		MEDIAS CRECIENTES	MEDIAS DECRECIENTES	MEDIAS TOTALES	CORRECCIÓN VALOR MEDIDO	INCERTIDUMBRE POR REPETIBILIDAD (U1)
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente					
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.0000
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.0000
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.0000
2.00	2.00	2.25	2.00	2.00	2.00	2.13	2.10	-0.10	0.0625
3.00	3.00	3.25	3.00	3.00	3.00	3.13	3.10	-0.10	0.0625
4.00	4.00	4.25	4.00	4.00	4.00	4.13	4.10	-0.10	0.0625

2. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del medurando.

$$U_2 = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} = \frac{0.5}{3.4641} = \mathbf{0.1443}$$

3. Contribución de la incertidumbre debida a la histéresis del medurando

$$U_{3(0.50)} = \frac{0.50 - 0.50}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = \mathbf{0.00}$$

$$U_{3(1.00)} = \frac{1.00 - 1.00}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = \mathbf{0.00}$$

$$U_{3(1.50)} = \frac{1.50 - 1.50}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = \mathbf{0.00}$$

$$U_{3(2.00)} = \frac{2.00 - 2.13}{2\sqrt{3}} = \frac{0.13}{3.4641} = 0.0361$$

$$U_{3(3.00)} = \frac{3.00 - 3.13}{2\sqrt{3}} = \frac{0.13}{3.4641} = 0.0361$$

$$U_{3(4.00)} = \frac{4.00 - 4.13}{2\sqrt{3}} = \frac{0.13}{3.4641} = 0.0361$$

Tabla: Incertidumbre debida a la histéresis del mesurando

	Creciente	Decreciente	Constante	Manómetro (U3)
Uhist_(0.50)	0.50	0.50	3,46	0,0000
Uhist_(1.00)	1.00	1.00	3,46	0,0000
Uhist_(1.50)	1.50	1.50	3,46	0,0000
Uhist_(2.00)	2.00	2.13	3,46	0,0361
Uhist_(3.00)	3.00	3.13	3,46	0,0361
Uhist_(4.00)	4.00	4.13	3,46	0,0361

4. Contribución de la incertidumbre debida al Error Máximo Permisible (EMP) del patrón

$$EMP = \frac{\text{Exactitud} \times \text{Intervalo de Medición}}{100} = \frac{0.05 \times 6}{100} = 0.003$$

$$U_4 = \frac{EMP}{\sqrt{3}} = \frac{0.003}{1.7321} = 0.0017$$

5. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del patrón

$$U_5 = \frac{\text{res. (patrón)}}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{3.4641} = 0.0029$$

6. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_6 = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de temperatura no es cuantificable para nuestro caso.

7. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_7 = \frac{\Delta p}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de presión por diferencia de altura no existe. El diseño del banco de pruebas evito considerar esta variable colocando las salidas del patrón y del mesurando al mismo nivel.

Incertidumbre combinada

$$U_c(0.50) = \sqrt{(0.00)^2 + (0.1443)^2 + (0.00)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1444$$

$$U_c(1.00) = \sqrt{(0.00)^2 + (0.1443)^2 + (0.00)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1444$$

$$U_c(1.50) = \sqrt{(0.00)^2 + (0.1443)^2 + (0.00)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1444$$

$$U_c(2.00) = \sqrt{(0.0625)^2 + (0.1443)^2 + (0.0361)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1614$$

$$U_c(3.00) = \sqrt{(0.0625)^2 + (0.1443)^2 + (0.0361)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1614$$

$$U_c(4.00) = \sqrt{(0.0625)^2 + (0.1443)^2 + (0.0361)^2 + (0.0017)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 0.1614$$

Incertidumbre expandida

$$U_{0.50} = 2 \times 0.1444 = 0.2888$$

$$U_{1.00} = 2 \times 0.1444 = 0.2888$$

$$U_{1.50} = 2 \times 0.1444 = 0.2888$$

$$U_{2.00} = 2 \times 0.1614 = 0.3228$$

$$U_{3.00} = 2 \times 0.1614 = 0.3228$$

$$U_{4.00} = 2 \times 0.1614 = 0.3228$$

Tabla: Incertidumbre expandida

	Contribución del Medurando			Contribución del Patrón		Contribución Condiciones Calibración		Incert. Combinada	Incert. Expandida
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U(y)	U
0.50	0.0000	0.1443	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1444	0.2888
1.00	0.0000	0.1443	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1444	0.2888
1.50	0.0000	0.1443	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1444	0.2888
2.00	0.0625	0.1443	0.0361	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1614	0.3228
3.00	0.0625	0.1443	0.0361	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1614	0.3228
4.00	0.0625	0.1443	0.0361	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	0.1614	0.3228

Cálculo de Capacidad - Presión

$$C_{0.50} = \frac{1}{0.2888} = 3.46 \quad C_{1.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.46 \quad C_{1.50} = \frac{1}{0.3228} = 3.46$$

$$C_{2.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.10 \quad C_{3.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.10 \quad C_{4.00} = \frac{1}{0.2888} = 3.10$$

En base al valor de capacidad encontrado, podemos establecer la siguiente conclusión:

El instrumento es **CONFORME** para la Tolerancia requerida.

CONCLUSIONES

- En base a la toma de datos se pudo obtener el valor de incertidumbre y capacidad del manómetro inspeccionado.
- Con el formato de inspección metrológica se pudo ordenar y clasificar los datos fijos y variables del ejercicio metrológico.
- Con el ensayo metrológico se puede garantizar el funcionamiento del manómetro inspeccionado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda dejar estabilizar los equipos de ensayo a la temperatura del laboratorio en el lapso mínimo de 2 horas.
- Se recomienda realizar la limpieza respectiva al manómetro de trabajo antes de realizar la prueba metrológica.
- Se recomienda identificar el manómetro inspeccionado.
- Una vez terminado el ejercicio metrológico, si el manómetro es apto para su uso señalarlo con una etiqueta para saber su estado final (verde: ACEPTADO - rojo: RECHAZADO).

BIBLIOGRAFIA

- Seminario de manometría: Fis. Luis Sogamoso U. Metrocaribe@lycos.com
- Escuela de Ingeniería Mecánica: GUÍA DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN - Departamento de Ciencias Térmicas – Escuela de Ingeniería
- La guía Metas: Metas & Metrólogos Asociados

OBJETIVO DEL EJERCICIO

1. Introducción a las características y aplicaciones de la magnitud de presión (negativa).
2. Experiencia con la manipulación de elementos neumáticos básicos.
3. Familiarizarse con términos metrológicos e identificarlos en el instrumento.
4. Reconocer durante el ensayo metrológico los posibles desvíos existentes en un vacuómetro que se encuentra descalibrado.
5. Eliminar los posibles desvíos mediante un proceso de calibración utilizando el banco de pruebas de presión y vacío.
6. Comprobar que el vacuómetro ha quedado calibrado, calculando el índice de capacidad y efectuando mediciones de presiones conocidas.

EQUIPOS Y MATERIALES

a) Equipo del laboratorio

- Banco de pruebas neumático con sus respectivos patrones de presión y depresión.
- Un vacuómetro analógico de trabajo: rango de 0 a 600 milibares, resolución de 50 milibares.
- Herramientas como: Extractores de agujas, destornilladores, juegos de llaves para acoplamiento, pinzas, adaptadores, racores, tubos, teflón.
- Equipos de seguridad industrial (guantes, gafas)

b) Equipo que debe traer el estudiante

- Hoja técnica de inspección de instrumentos de presión (UPSMT-002)
- Archivo digital de cálculos de calibración

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Con referencia al entorno de trabajo

➤ **VACÍO**

Se define como depresión; es una magnitud física que mide la fuerza ejercida en dirección perpendicular por unidad de superficie en sentido negativo.

Al clasificar los tipos de vacío encontramos dos grandes clasificaciones:

c) Vacío relativo el cual tiene como punto de referencia la presión atmosférica y

d) Vacío absoluto el cual tiene como referencia el cero absoluto de presión.

➤ **METROLOGÍA**

La metrología es la ciencia que se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica.

➤ **VACUÓMETRO**

Es un instrumento destinado para medir presiones inferiores a la presión atmosférica. La medida del vacuómetro no tiene más significado que valorar la caída de presión.

➤ **BANCO DE PRUEBAS**

Es el elemento o mecanismo mediante el cual se va a realizar el ensayo metrológico, consta de elementos patrones y accesorios que facultan el ejercicio.

➤ **PATRÓN**

Es el elemento primordial para realizar el ensayo metrológico, ya que este define el valor real a donde de apuntar el elemento que está siendo calibrado.

➤ **CALIBRACIÓN**

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados mediante un instrumento de medición o un sistema de medición, con valores representados por una medida de material o un material de referencia de un patrón.

Con referencia al ensayo metrológico

➤ **EXACTITUD**

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud.

➤ **PRECISIÓN**

Es la capacidad de reiterar la misma medida cerca o dentro de una misma zona.

➤ **INCERTIDUMBRE**

Es la forma de que para un mensurando y su resultado de medición dado, no hay un solo valor, sino un número infinito de valores dispersos alrededor del resultado, que son consistentes con todas las observaciones datos y conocimientos que se tengan del mundo físico, y que con distintos grados de credibilidad pueden ser atribuidos al mensurando.

➤ **CLASE**

Es el grado dentro del escalafón de trazabilidad que tiene el instrumento, entre más fina es su clase más cerca se encuentra del valor real.

➤ **REPETIBILIDAD**

Es la variación de las mediciones obtenidas con un instrumento de medición, cuando es utilizado varias veces por un operador, al mismo tiempo que mide las mismas características en una misma parte. Es referido como variación del equipo.

➤ **REPRODUCIBILIDAD**

Es la variación, entre promedios de las mediciones hechas por diferentes operadores que utilizan un mismo instrumento de medición cuando miden las mismas características en una misma parte.

➤ **ERROR**

Es la diferencia entre la salida del instrumento correspondiente a una entrada (que no varía con el tiempo) y el valor de la salida que verdaderamente debe corresponder a esa entrada.

➤ **RESOLUCIÓN**

Es la mínima lectura del instrumento.

➤ **RANGO**

Límites físicos/mecánicos en el cual puede esta expresada la lectura del instrumento.

PROCEDIMIENTO PARA PRÁCTICA METROLÓGICA

1. Limpieza total del vacuómetro a calibrar en el caso de que sea necesario.
2. Dejar estabilizar tanto el patrón como el mensurando a la temperatura ambiente 2 horas.

3. Si el vacuómetro no presenta identificación propia, ni número de serie, proceder a identificarlo con un código (Se recomienda utilizar la secuencia UPS-MAN-XYZ).
4. El instrumento se acoplará en el calibrador patrón mediante los adaptadores adecuados de forma que no existan fugas (Salvo indicación contraria por parte del fabricante o del solicitante de la calibración el manómetro se instalará en posición vertical).
5. Se comprobará que el rango de calibración del vacuómetro esté dentro del rango del calibrador patrón.
6. Se debe realizar el cálculo del índice de la calidad de la calibración “Q”.
7. Se recomienda someter al instrumento a una operación de eliminación de posible pereza.
8. El número de puntos de calibración será mínimo de cinco, uniformemente repartidos en el rango de calibración del vacuómetro.
9. Para cada uno de los puntos de calibración se realizarán 4 secuencias de medidas, 2 en sentido creciente de presión y 2 en sentido decreciente;
10. Los datos del ensayo metrológico serán anotados en el formato inspección “UPSMT-002”
11. Se realizará el cálculo de incertidumbre
12. Se realizará el cálculo de capacidad.

CALCULOS

Datos:

Tabla: Vacuómetro Patrón vs Instrumento

PATRÓN		INSTRUMENTO	
DESCRIPCIÓN	Vacuómetro Precisión	DESCRIPCIÓN	Manómetro Trabajo
TIPO	Digital	TIPO	Analógico
FABRICANTE	Martel Electronics	FABRICANTE	WIKA
MODELO	PI-PRO-015C	MODELO	XYZ
N° SERIE	2916096	N° SERIE	1234
RANGO	0 a 600 milibar	RANGO	0 a 400 milibar
EXACTITUD	0.05 %	EXACTITUD	0.25 %
INCERTIDUMBRE	0.17 milibar		
FACTOR COB. "K"	2		

Tolerancia del instrumento a calibrar

$$T = \frac{\text{Exactitud} \times \text{Rango}}{100}$$

$$T = \frac{0.25 \times 4}{100}$$

$$T = 0.01$$

Índice de calidad de calibración

$$Q = \frac{T/\sqrt{3}}{U/K}$$

$$Q = \frac{0.01/1.7321}{0.0017/2}$$

$$Q = 7$$

Relación $7 > 3$ "Es Apto"

Como se cumple con la relación $Q > 3$, el equipo patrón tiene la capacidad de calibrar el instrumento.

Registro de datos



No. DE CONTROL DE VERIFICACIÓN: UPSMT-0002

HOJA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE VACÍO

Equipo:	VACUÓMETRO	Código:	UPS-VAC-001
Fabricante:	Wika	Usuario	UNV. POL. SALESIANA
Modelo:	XYZ	Clase:	0.25%
Nº Serie:	1234	Exactitud:	100 <i>mBar</i>
Rango:	0 a 400 mBar	Decimales:	0
Tipo:	Analógico	Resolución:	50 <i>mBar</i>

Fechas		Condiciones Ambientales:	
Recepción:	Nov-2014	Temp(°C):	23 ± 2°C
Calibración:	Dic-2014	H. (%Hr):	50%

Vacío	Lecturas			
	1ª Serie		2ª Serie	
	Patrón			
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente
mBar	mBar	mBar	mBar	mBar
50	50	50	50	50
100	100	100	100	100
150	150	150	150	150
200	225	225	225	225
300	325	325	325	352
400	425	425	425	425

Elaborado por:

Observación: PRÁCTICA N°2
CALIBRACIÓN UPS

Cálculo de Incertidumbre Vacuómetro

4. Contribución de la incertidumbre debida a la repetibilidad de las medidas leídas en el mesurando.

$$U_1(50) = \sqrt{\frac{\sum(50-50)^2+(50-50)^2+(50-50)^2+(50-50)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(100) = \sqrt{\frac{\sum(100-100)^2+(100-100)^2+(100-100)^2+(100-100)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(150) = \sqrt{\frac{\sum(150-150)^2+(150-150)^2+(150-150)^2+(150-150)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(200) = \sqrt{\frac{\sum(225-225)^2+(225-225)^2+(225-225)^2+(225-225)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(300) = \sqrt{\frac{\sum(325-325)^2+(325-325)^2+(325-325)^2+(325-325)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

$$U_1(400) = \sqrt{\frac{\sum(425-425)^2+(425-425)^2+(425-425)^2+(425-425)^2}{4(4-1)}} = 0.0000$$

Tabla: Incertidumbre por repetibilidad

PRESIÓN PATRÓN	PRIMERA SERIE		SEGUNDA SERIE		MEDIAS CRECIENTES	MEDIAS DECRECIENTES	MEDIAS TOTALES	CORRECCIÓN VALOR MEDIDO	INCERTIDUMBRE POR REPETIBILIDAD (U1)
	Creciente	Decreciente	Creciente	Decreciente					
50	50	50	50	50	50	50	50	0.00	0.0000
100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.0000
150	150	150	150	150	150	150	150	0.00	0.0000
200	225	225	225	225	225	225	225	0.00	0.0000
300	325	325	325	325	325	325	325	0.00	0.0000
400	425	425	425	425	425	425	425	0.00	0.0000

2. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del medurando.

$$U_2 = \frac{50}{2\sqrt{3}} = \frac{50}{3.4641} = \mathbf{14.4338}$$

3. Contribución de la incertidumbre debida a la histéresis del medurando

$$U_{3(50)} = \frac{50 - 50}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = \mathbf{0.00}$$

$$U_{3(100)} = \frac{100 - 100}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = \mathbf{0.00}$$

$$U_{3(150)} = \frac{150 - 150}{2\sqrt{3}} = \frac{0}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(200)} = \frac{225 - 225}{2\sqrt{3}} = \frac{0.00}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(300)} = \frac{325 - 325}{2\sqrt{3}} = \frac{0.00}{3.4641} = 0.00$$

$$U_{3(400)} = \frac{425 - 425}{2\sqrt{3}} = \frac{0.00}{3.4641} = 0.00$$

Tabla: Incertidumbre debida a la histéresis del mesurando

	Creciente	Decreciente	Constante	Manómetro (U3)
U_{hist(50)}	50	50	3,46	0,0000
U_{hist(100)}	100	100	3,46	0,0000
U_{hist(150)}	150	150	3,46	0,0000
U_{hist(200)}	225	225	3,46	0,0000
U_{hist(300)}	325	325	3,46	0,0000
U_{hist(400)}	425	425	3,46	0,0000

4. Contribución de la incertidumbre debida al Error Máximo Permisible (EMP) del patrón

$$EMP = \frac{\textit{Exactitud} \times \textit{Intervalo de Medición}}{100} = \frac{0.05 \times 600}{100} = 0.3$$

$$U_4 = \frac{EMP}{\sqrt{3}} = \frac{0.3}{1.7321} = 0.1732$$

5. Contribución de la incertidumbre debida a la resolución del patrón

$$U_5 = \frac{\text{res. (patrón)}}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{3.4641} = 0.0029$$

6. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_6 = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de temperatura no es cuantificable para nuestro caso.

7. Contribución de la incertidumbre debida a las condiciones ambientales (temperatura)

$$U_7 = \frac{\Delta p}{\sqrt{3}} = \frac{0}{1.7321} = 0.00$$

El valor de la incertidumbre se asume como cero “0”, ya que la variación de presión por diferencia de altura no existe. El diseño del banco de pruebas evito considerar esta variable colocando las salidas del patrón y del mesurando al mismo nivel.

Incertidumbre combinada

$$U_c(50) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(100) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(150) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(200) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(300) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

$$U_c(400) = \sqrt{(0.00)^2 + (14.4338)^2 + (0.00)^2 + (0.1732)^2 + (0.0029)^2 + (0.00)^2 + (0.00)^2} = 14.4348$$

Incertidumbre expandida

$$U_{50} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{100} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{150} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{200} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{300} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

$$U_{4.00} = 2 \times 14.4348 = 28.8696$$

Tabla 7: Incertidumbre expandida - Depresión

	Contribución del Medurando			Contribución del Patrón		Contribución Condiciones Calibración		Incert. Combinada	Incert. Expandida
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U(y)	U
50	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
100	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
150	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
200	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
300	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696
400	0.0000	14.4338	0.0000	0.0017	0.0029	0.0000	0.0000	14.4348	28.8696

Cálculo de Capacidad

$$C_{50} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{100} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{150} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{200} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{300} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

$$C_{400} = \frac{100}{28.8696} = 3.46$$

En base al valor de capacidad encontrado, podemos establecer el siguiente comentario:

El instrumento es CONFORME para la Tolerancia requerida.

CONCLUSIONES

- En base a la toma de datos se pudo obtener el valor de incertidumbre y capacidad del vacuómetro inspeccionado.
- Con el formato de inspección metrológica se pudo ordenar y clasificar los datos fijos y variables del ejercicio metrológico.
- Con el ensayo metrológico se pudo garantizar el funcionamiento del vacuómetro inspeccionado.

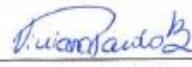
RECOMENDACIONES

- Se recomienda dejar estabilizar los equipos de ensayo a la temperatura del laboratorio en el lapso mínimo de 2 horas.
- Se recomienda realizar la limpieza respectiva al vacuómetro de trabajo antes de realizar la prueba metrológica.
- Se recomienda identificar el vacuómetro inspeccionado.
- Una vez terminado el ejercicio metrológico, si el vacuómetro es apto para su uso señalarlo con una etiqueta para saber su estado final (verde: ACEPTADO - rojo: RECHAZADO).

BIBLIOGRAFIA

- Seminario de manometría: Fis. Luis Sogamoso U. Metrocaribe@lycos.com
- Escuela de Ingeniería Mecánica: GUÍA DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN - Departamento de Ciencias Térmicas – Escuela de Ingeniería
- La guía Metas: Metas & Metrólogos Asociados.

ANEXO 10: FACTURAS

002001 0003269																							
 DISETEC Cía. Ltda. <small>SOLUCIONES INDUSTRIALES</small>	RUC. 1791863984001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION No. 815 DEL 18-12-2009																						
Sucursal: Cda. la FAE, Elia Liut V-24 y Manzana 40 Telfs.:042 399-568 / 042 298-649 E-mail: disetecgye@disetec-ec.com / disetec_gye@yahoo.com Matriz: Mariano Cardenal Oa1-74 y Vicente Duque (tras IASA Caterpillar) Telef.: (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684 www.disetec-ec.com * E-mail: ventas@disetec-ec.com Quito - Ecuador	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> FACTURA Nº 002-001- 000003269 Nº Aut. SRI. 1113892170 Fecha de Autorización: 18 de Noviembre del 2013 </div>																						
CLIENTE BORIS JOEL CARRIEL MONTOYA C.I./RUC 0923415772 DIRECCION MAPASINGUE ESTE COOP. BUENOS AIRES MZ 304 SL 47 CIUDAD GUAYAQUIL TELEF/FAX 0981632136 FECHA 28/octubre/2014																							
Contribuyente Especial Resolución No 815 del 18-12-2009 GUIA REMISION																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">ITEM</th> <th style="width: 10%;">CODIGO</th> <th style="width: 10%;">CANT</th> <th style="width: 50%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 10%;">UNITARIO</th> <th style="width: 10%;">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1919159+NIST/CAL</td> <td>1.00</td> <td>Manómetro digital de alta exactitud, rango de 0 a 100 psi; exactitud del 0,05% del span; 5-1/2 dígitos, 18 unidades de presión, función de zero, auto shutdown.</td> <td>1,359.3000</td> <td>1,359.30</td> </tr> </tbody> </table>	ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL	1	1919159+NIST/CAL	1.00	Manómetro digital de alta exactitud, rango de 0 a 100 psi; exactitud del 0,05% del span; 5-1/2 dígitos, 18 unidades de presión, función de zero, auto shutdown.	1,359.3000	1,359.30	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">SUMA</td> <td style="text-align: right;">1,359.30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">DESCUENTO</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">SUBTOTAL</td> <td style="text-align: right;">1,359.30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">12% IVA</td> <td style="text-align: right;">163.12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">TOTAL</td> <td style="text-align: right;">1,522.42</td> </tr> </table>	SUMA	1,359.30	DESCUENTO	0.00	SUBTOTAL	1,359.30	12% IVA	163.12	TOTAL	1,522.42
ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL																		
1	1919159+NIST/CAL	1.00	Manómetro digital de alta exactitud, rango de 0 a 100 psi; exactitud del 0,05% del span; 5-1/2 dígitos, 18 unidades de presión, función de zero, auto shutdown.	1,359.3000	1,359.30																		
SUMA	1,359.30																						
DESCUENTO	0.00																						
SUBTOTAL	1,359.30																						
12% IVA	163.12																						
TOTAL	1,522.42																						
CONDICIONES DE PAGO CONTADO ORDEN DE COMPRA																							
Atención: Emitir y enviar Comprobante de Retención dentro de los 5 días de emitida la factura ART. # 50 LRT1: "NO SE RECIBIRAN RETENCIONES PASADO ESTE TÉRMINO"																							
<p style="font-size: small;">LA MENCIONADA SUMA EN ESTE DOCUMENTO ME (NOS) OBLIGA A PAGARLA EN MONEDA EN CURSO LEGAL CON INTERÉS% ANUAL DESDE ESTA FECHA HASTA EL VENCIMIENTO DEL PLAZO SEÑALADO; SIENDO DE MI (NUESTRA) CUENTA TODOS LOS IMPUESTOS Y TASAS QUE CAUSARE ESTE PAGARE; EN CASO DE MORAME (NOS) OBLIGO (AMOS) ADEMÁS, A PAGAR EL INTERÉS ADICIONAL DEL% ANUAL DESDE EL VENCIMIENTO HASTA SU TOTAL CANCELACIÓN; ASÍ COMO A CUBRIR TODOS LOS GASTOS JUDICIALES Y EXTRANJEROS INCLUSIVE LOS HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL COBRO SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER TALES GASTOS LA MERA ASEVERACIÓN DEL ACREEDOR. QUEDO (AMOS) su(s) obligado (S) A LOS JUECES O TRIBUNALES DE ESTA CIUDAD O ALAS QUE ELIJA EL ACREEDOR Y A LA VÍA EJECUTIVA, LUEGO DE HABER LEÍDO ESTE DOCUMENTO ESTAMPANDO MI FIRMA DE CONFORMIDAD A CONTINUACIÓN.</p>																							
 Firma Autorizada	Recibi Conforme - Cliente																						
<p style="font-size: x-small;">Carrías Alvarez Joel 48 Imp. Goby RUC: 180186410001 *Aut. SRI. 1226 Telf. 3401442 Numero del 2001 a 3000 Fecha de Caducidad: 18 de Noviembre del 2014</p>																							
<p style="font-size: x-small;">P.Q. ORIGINAL: ADBURENTE * C. VERDE: EMISOR C. ROSADA: SIN VALOR TRIBUTARIO</p>																							

302001 0003271



DISETEC Cía. Ltda.

SOLUCIONES INDUSTRIALES

RUC. 1791863984001

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
RESOLUCION No. 815 DEL 18-12-2009

Sucursal: Cda. la FAE, Ela Liut V-24 y Manzana 40 Telfs.:042 399-568 / 0-2 296-649
E-mail: disetecgye@disetec-ec.com / disetec_gye@yahoo.com
Matriz: Mariano Cardenal Ce1-74 y Vicente Duque (tras IIASA Caterpillar)
Telefs.: (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 230-0187 Fax: 280-7684
www.disetec-ec.com * E-mail: ventas@disetec-ec.com Quito - Ecuador

FACTURA

Nº 002-00 - **000003271**

Nº Aut. SRI. 1113892170

Fecha de Autorización: 18 de Noviembre del 2013

CLIENTE **OSCAR IVÁN VILLACÍS YARGAS**

C.I./RUC 0925566952

DIRECCION CDLA. PEDRO J. MONTERO Av. SEGUNDA Y CALLE PRIMERA

CIUDAD GUAYAQUIL

TELEF/FAX 0994751408

FECHA 28/Octubre/2014

Contribuyente Especial Resolución
No 815 del 18-12-2009

GUIA REMISION

ITEM CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1 1919445	1.00	Manovacuómetro digital de alta exactitud, rango en -30" Hg/15 PSI; exactitud del 0,1% del span en vacío; 5-1/2 dígitos, 18 unidades de presión, función de zero, auto shutdown. + + NIST TRAC CERTIFICADO	1,359.3000	1,359.30

	SUMA	1,359.30	
	DESCUENTO	0.00	
	SUBTOTAL	1,359.30	
CONDICIONES DE PAGO	CONTADO	12% IVA	163.12
ORDEN DE COMPRA	TOTAL	1,522.42	

Atención: Emitir y emitir Comprobante de Retención dentro de los 5 días de emitida la factura
ART. # 50 LRT1: "NO SE RECIBIRAN RETENCIONES PASADO ESE TIEMPO"

LA MENCIONADA SUMA EN ESTE DOCUMENTO ME (NOS) OBLIGA A PAGARLA EN MONEDA EN CURSO LEGAL CON INTERÉS% ANUAL DESDE ESTA FECHA HASTA EL VENCIMIENTO DEL PLAZO SEÑALADO. SIENDO DE MI (NUESTRA) CUENTA TODOS LOS IMPUESTOS Y TASAS QUE CAUSARE ESTE PAGARE. EN CASO DE MOROSIDAD (MOROS) DEBIDO (MOROS) A PAGAR EL INTERÉS ADICIONAL DEL% ANUAL DESDE EL VENCIMIENTO HASTA SU TOTAL CANCELACION. ASÍ COMO CUBRIR TODOS LOS GASTOS JUDICIALES Y EXTRAJUDICIALES INCLUSIVE LOS HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL DOBRO SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER TALES GASTOS LA MERA ASEVERACION DEL ACREEDOR, QUEBRO (MOROS) SEÑALADO (S) A LOS JUECES O TRIBUNALES DE ESTA CIUDAD O ALAS QUE EL JUEZ ACREEDOR Y ALA JUI EXECUTIVA, LUEGO DE HABER LEÍDO ESTE DOCUMENTO EN SU PLAZO MIPRIMA DE CONFIRMACION A CONTINUACION.

Juan Carlos

Firma Autorizada

Recibí Conforme - Cliente

Carlos Alvarez José @ mpa. Gaby RUC: 1901106450001 * Aut. SRI. 1225
Tel. 3401442 Numeral del 2001 al 3309 Fecha de Caducidad: 18 de Noviembre del 2014

P.D. ORIGINAL: ADOQUENTE * C. VERDE: EMISOR
C. ROJADA: SIN VALOR TRIBUTARIO

DISETEC Cía. Ltda.
SOLUCIONES INDUSTRIALES



RUC. 1791863984001

GUIAS DE REMISION

Nº-002-001-000000592

No. Aut. SRI. 1114188373

Fecha de Autorización: 16 / Enero / 2014

CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCIÓN Nº 815 DEL 18-12-2009

Sucursal: Cda. La FAE, Eln Lul V-24 y Manzana 40 Telfs.: 042 399-568 / 042 296-649
E-mail: disetec@disetec-ec.com / disetec_gre@yahoo.com

Matriz: Mariano Cardenal Oe1-74 y Vicente Duque (Iras IASA Caterpillar)

Teléfono: (593-2) 280-6222 / 249-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684

www.disetec-ec.com * E-mail: ventas@disetec-ec.com Quito - Ecuador

Fecha de emisión: 28/10/2014
Comprobante de Venta: fact # 3271-3269 No. Autorización: _____
Fecha de iniciación del traslado: 28/10/2014
Fecha de terminación del traslado: _____

MOTIVO DEL TRASLADO:

- VENTA TRABAJO A REALIZAR TRASLADO ENTRE ESTABLECIMIENTOS DE UNA MISMA EMPRESA.
 COMPRA EXPORTACION OTROS
 DEVOLUCION CONSIGNACION

PUNTO DE PARTIDA: Disetec Cia Ltda.
DESTINATARIO: Oscar Villacis
NOMBRE: _____ RUC / C.I.: _____
PUNTO DE LLEGADA: _____
IDENTIFICACION DE LA PERSONA ENCARGADA DEL TRANSPORTE:
NOMBRE: Oscar Villacis RUC / C.I. _____

BIENES TRANSPORTADOS:

ITM	CODIGO	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	1919153	vacuometro digital 0-100 PSI HARTON	un:	1.
2	1915445	vacuometro digital 0-200 PSI HARTON	un:	1.

Cortés Álvarez Joel Imp.Gaby Ruc. 1801186410001 Telf. 3401442 Aut. SRI. 1226 Numerado del: 401 al 600 Fecha de Caducidad: 16 de Enero del 2015

Juan P. Calderon
EMISOR

TRANSPORTISTA

Oscar Villacis
DESTINATARIO

P.Q. ORIGINAL: DESTINATARIO * C.VERDE: EMISOR * C. AMARILLA: S.R.I.



R.U.C. 1792224616001

CLAVE: Vegetales 104-110 y Azuay - Telf.: (0225)91461 288 8149/225 3157
Fax: 24-1833 + P.O. BOX: 17-76-016 - E-mail: info@ecuainsetec.com.ec
GUAYAS: Cda. Kennedy Norte Av. Azuay Buzonera y Algeal Carpediano N2. 105 512
TELEF: (04) 2680151/2680155/2680157 - Fax: 268-0145 - E-mail: info@ecuainsetec.com.ec
GUAYAS: Av. Fajardo Solano y Av. Rómulo Crespo Ed. Consejo de Ingeieros Civiles de Azuay - 3er Piso
PUNTO: Av. Flaco Rojas S/N entre calles 24 y 25 - Esf: Flacoan - CA 602 - Telf.: (09)90.004/330-0025
E-mail: info@ecuainsetec.com.ec

FACTURA

003-001- **Nº 000024291**

AUTORIZACIÓN S.R.I.: 11157554-44
FECHA DE AUTORIZACIÓN: 17 DE OCTUBRE DEL 2014

CLIENTE: OSCAR VILLACIS
FECHA: 10/12/2014
RUC o C.I.: 0925568952
Dirección: MAPASINGUE ESTE
TELEFONO: 0981632136 CIUDAD: GUAYAQUIL
FACTURA: Nº 003001-00024291

PAGO: CONTADO
VENCIMIENTO: 10/12/2014
O/C:
VENDEDOR: AV ELLAN GALLEGOS JUAN
CONTACTO:

CODIGO	TIPO	PRODUCTO	CANTIDAD	V. UNITARIO	DSTO %	TOTAL
001000394	VAD-1/4	GENERADOR DE VACIO	1.00	86.75	0.00	86.75



EMITIR CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE ECUAINSETEC CIA. LTDA.
Debo y pagare incondicionalmente a la orden de ECUAINSETEC CIA. LTDA. en el lugar y fecha que se menciona, el valor total expresado en este documento.

- NOTAS:
- No se acepta devoluciones.
 - Salda la mercadería de nuestras bodegas con por cuenta y riesgo del comprador.
 - Toda la mercadería pertenece a ECUAINSETEC CIA. LTDA. Hasta en total cancelación.
 - La mercadería se despacha debidamente comprobada.
 - El cliente declara su conformidad expresa con los términos de este documento.

TOTAL A PAGAR: NOVENTA Y SIETE. 16/100

NOMBRE: _____
FECHA: _____
C.I.: _____

SUBTOTAL	86.75
DESCUENTO	0.00
SUBTOTAL 2	86.75
IVA 0%	0.00
I.V.A. 12.00	10.41
TOTAL USD	97.16

RECIBIDO POR

ELABORADO POR

CANCELADO POR

Original: Cliente, Verde: Bodega, Amarilla: Dep. Técnico, Celeste: Contabilidad, Rosada: Cobranzas