

DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LOS ESTUDIANTES EN TECNOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO

Jorge Luis Calderón-Pérez¹, Oliver Cruz-Rico², Darwin Ospina-Martínez³

¹ Ingeniero Aeronáutico y Especialista en Servicio de la Policía. Jefe de grupo de investigación, Escuela de Aviación Policial (ESAVI)

² Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico y técnico en Servicio de Policía, técnico en Mantenimiento Aeronáutico línea Black Hawk, Policía Nacional de Colombia. Correo electrónico: oliver.cruz@correo.policia.gov.co

³ Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico y técnico en Servicio de Policía, técnico en Mantenimiento Aeronáutico línea Black Hawk, Policía Nacional de Colombia

Recibido: 28 de enero del 2016 Aprobado: 30 de junio del 2016

Cómo citar este artículo: J. L. Calderón-Pérez, O. Cruz-Rico, D. Ospina-Martínez, "Diseño de un sistema neumático para el desarrollo de competencias en los estudiantes en Tecnología de Mantenimiento Aeronáutico", *Ingeniería Solidaria*, vol. 12, no. 20, pp. 121-131, oct. 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v12i20.1481>

Resumen. *Introducción:* este artículo es producto de la investigación "Diseño e instalación de sistema neumático para la instrucción de los estudiantes de la Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico (TMA)". La investigación se desarrolló durante el 2014 y el 2015 por el semillero de investigación de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI), adscrita a la Dirección Nacional de Escuelas (DINAE). *Metodología:* se diseñó y construyó un aula práctica con un sistema neumático para el manejo de materiales y estructuras de aviación de los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico. Se utilizó la red neumática en acero galvanizado y con compresor Quincy de primera generación, con el que cuenta la Policía Nacional en el hangar de Mariquita, Colombia. Para la construcción e instalación fue necesario el estudio de leyes que analizaran el comportamiento de los gases, aplicadas en la instalación de la red neumática ya existente. *Resultados:* se instaló el sistema neumático como herramienta pedagógica con el fin de mejorar las competencias del saber hacer de los estudiantes. Se resalta que el sistema neumático creado logró mantener la presión constante entre 90-100 PSI en los seis puntos de trabajo adaptados en el sistema neumático requerido para el funcionamiento de las herramientas empleadas en el campo aeronáutico. *Conclusiones:* el aula diseñada permitió simular las condiciones reales de trabajo para lograr que los estudiantes adquirieran competencias para su futuro desempeño laboral.

Palabras clave: aeronáutico, aula práctica, diseño, mantenimiento, sistema neumático.



DESIGN OF A PNEUMATIC SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT OF SKILLS AMONG AERONAUTICS MAINTENANCE TECHNOLOGY STUDENTS

Abstract. *Introduction:* This article is the result of the “Design and installation of a pneumatic system for Aeronautics Maintenance Technology students’ instruction (TMA)”. The research was conducted during 2014 and 2015 by the Police Aviation School research group (ESAVI), attached to the National Directorate of Schools (DINAE). *Methodology:* design and construction of a lab with a pneumatic system for handling aviation materials and structures by the Aeronautics Maintenance Technology students. The pneumatic network in galvanized steel was used with a first generation Quincy compressor that the National Police has in the hangar of Mariquita, Colombia. For the construction and installation, laws that analyzed the behavior of gases applied in the installation of the existing pneumatic network had to be studied. *Results:* the pneumatic system was installed as a teaching tool in order to improve the skills of knowledge to students. The pneumatic system created maintained constant pressure between 90-100 PSI at the six work points adapted in the pneumatic system required for the operation of the tools used in the aviation field. *Conclusions:* the classroom designed allowed simulating actual working conditions to ensure that students gain the skills for future job performance.

Keywords: aeronautics, classroom practice, design, maintenance, pneumatic system.

PROJEÇÃO DE UM SISTEMA PNEUMÁTICO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS NOS ESTUDANTES EM TECNOLOGIA DE MAUTENÇÃO AERONÁUTICA

Resumo. *Introdução:* este artigo é produto da pesquisa “Projeção e instalação de sistema pneumático para a instrução dos estudantes da Tecnologia em Manutenção Aeronáutica (TMA)”. A pesquisa foi desenvolvida durante os anos de 2014 e 2015 pelo viveiro de investigação da Escola de Aviação Policial (ESAVI), adscrita à Direção Nacional de Escolas (DINAE). *Metodologia:* foi realizada a projeção e a construção de uma aula pratica com um sistema pneumático para o manejo de materiais e estruturas de aviação dos estudantes da Tecnologia em Manutenção Aeronáutica. Foi utilizada a rede pneumática em aço galvanizado e com compressor Quincy de primeira geração, que possui a Polícia Nacional no hangar de Mariquita, Colômbia. Para a construção e instalação foi necessário o estudo de leis que analisaram o comportamento dos gases aplicadas na instalação da rede pneumática já existente. *Resultados:* instalou-se o sistema pneumático como ferramenta pedagógica objetivando melhorar as competências do saber fazer dos estudantes. Destaca-se que o sistema pneumático criado conseguiu manter a pressão constante entre 90-100 PSI nos seis pontos de trabalho adaptados no sistema pneumático requerido para o funcionamento das ferramentas empregadas no campo aeronáutico. *Conclusões:* a aula projetada permitiu simular as condições reais de trabalho para conseguir que os estudantes adquiram competências para seu futuro desempenho no âmbito trabalhista.

Palavras chave: aeronáutico, aula prática, projeção, manutenção, sistema pneumático.

1. Introducción

Los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI), adscrita a la Dirección Nacional de Escuelas (DINAE), no contaban con un aula para poner en práctica los conocimientos teóricos de la asignatura Resistencia de Materiales y Estructuras de Aviación, y aunque se tenía un espacio limitado en el hangar de la Policía Nacional, este no era un ambiente óptimo para desarrollar las prácticas de la asignatura nombrada. Por esta razón, la investigación tuvo como objetivo general diseñar e instalar un aula práctica con sistema neumático para los estudiantes de la asignatura Resistencia de materiales y estructuras de aviación. Para lograr los objetivos de investigación propuestos, se partió de la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo mejorar las competencias del saber hacer del estudiante en la asignatura de Resistencia de materiales y estructuras de aviación? La respuesta a esta pregunta de resolvió con el diseño de un aula práctica que permite a los estudiantes alcanzar competencias relacionadas con la asignatura ya mencionada.

2. Antecedentes de investigación

Antes de dar inicio al estudio de las teorías pedagógicas y físicas que influyeron en el diseño del aula práctica de estructuras, se indagaron a nivel internacional algunas investigaciones que tuvieran relación con sistemas neumáticos. A continuación se relacionan las investigaciones publicadas más relevantes:

- “Modelo de enseñanza de neumática y automatización para ingenieros”, investigación adelantada por Gustavo A. Rodríguez, docente de la Universidad Simón Bolívar, Caracas, D. F., Venezuela, y Jorge E. Torres, docente de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, Venezuela. Estos investigadores desarrollaron un proceso de automatización en neumática en un laboratorio, con el fin de desarrollar competencias en los estudiantes en automatización neumática [1].
- En la Escuela Politécnica Nacional, de Quito Ecuador, se desarrolló la investigación titulada “Diseño y construcción de un módulo didáctico para el marcado de piezas en serie que permita mejorar la enseñanza aprendizaje en el área de neumática y control”, adelantada por Danny Alberto Cabrera Carpio y Vicente Toapanta, director del Centro Docente. Esta investigación desarrolló un módulo didáctico para que los estudiantes adquirieran conocimientos teórico-prácticos sólidos en el área de neumática [2].
- Siguiendo en esta búsqueda en el ámbito nacional, se hallaron instituciones como la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en su Facultad Tecnológica, que cuenta con un laboratorio de automatización y control (hidráulica neumática) que tiene como fin fortalecer el componente teórico-práctico en la enseñanza en el área de automatización industrial, al igual que un laboratorio de resistencia de materiales que ayuda a complementar el proceso enseñanza-aprendizaje del estudiante, en cuanto se refiere a las áreas de la ingeniería de ensayos y resistencia de materiales [3].
- Andrés Felipe Tovar Rivera, de la Universidad Militar Nueva Granada, estudiante del pregrado de ingeniería mecatrónica, adelantó la investigación llamada “Automatización y control de actuadores neumáticos para mini-marcos del Laboratorio de Estructuras”. En esta investigación se realizaron pruebas comparativas de resistencia de materiales aplicando fuerzas con ayuda de sistemas neumáticos, mecánicos e hidráulicos, con el propósito de sustituir la fuerza muscular y habilidad humana [4].
- Está también el estudio “Competencias docentes de profesores de pregrado: diseño y validación de un instrumento de evaluación”, desarrollado por Itala Marina Camargo Escobar, de la Facultad de Psicología, y Carlos Pardo Adames, ambos docentes de la Maestría en Psicología de la Universidad Católica de Colombia. Ellos diseñaron un instrumento para evaluar a profesores de pregrado de la universidad en sus competencias docentes [5].
- En el 2014, la Fuerza Aérea Colombiana implementó un modelo pedagógico del sistema educativo que promueve que el estudiante adquiera habilidades y destrezas para aprender a conocer, investigar, hacer, a ser y a saber convivir [6].
- También los investigadores visitaron el Centro de Capacitación Indoamericana, institución que cuenta con un laboratorio neumático para instrucción y capacitación del personal que

adelanta estudios técnicos en Mantenimiento Aeronáutico.

- A nivel institucional, en el Área de Aviación Policial, los hangares pertenecientes a la Dirección de Antinarcóticos cuentan con sistemas neumáticos para las labores de mantenimiento; sin embargo, estos no son suficientes teniendo en cuenta las necesidades y cantidad de trabajo que demanda cada taller.

3. Metodología

Para la construcción e instalación del aula práctica en trabajo de estructuras y resistencia de materiales, fue necesario el estudio de leyes que analizan el comportamiento de los gases, aplicadas en la instalación de la red neumática. La neumática es una de las formas más antiguas de producir energía; permite la utilización de distintas herramientas, como las remachadoras, taladros, *motortool*, entre otras. Para Ringegni [7], la neumática en el campo aeronáutico ha contribuido a la disminución del peso de componentes que trabajan con aire comprimido en las aeronaves, que de no ser así, sería necesario la utilización de componentes hidráulicos que aumentarían el riesgo en las operaciones aéreas seguras, al igual que la disminución de la autonomía de vuelo de la aeronave. Para este autor el aire a presión es una fuente confiable de potencia para el funcionamiento de herramientas aeronáuticas.

Entre las leyes más conocidas de la neumática se encuentran las dos siguientes: 1) la Ley combinada de los gases [8]: “a temperatura constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones que soportan”, y 2) Ley de Charles y Gay Lussac [9]: “el volumen de una muestra de gas seco varía directamente con la temperatura absoluta o kelvin si la presión permanece constante”. De acuerdo con los planteamientos de [10], las dos leyes antes enunciadas se pueden expresar de una forma combinada, como se muestra en la ecuación 1.

$$\frac{P.V.M}{T} = m \cdot R \quad (1)$$

Donde:

P = presión absoluta (kg/cm²) (abs) u otras unidades

v = volumen (m³)

M = masa molar del gas en gr/mol

T = temperatura absoluta (K)

m = masa del gas (kg)

R = constante de los gases

La constante de los gases (R) es la cantidad de trabajo requerida para elevar la temperatura de una masa de 1 kg del gas en un kelvin.

Se debe agregar que fue de gran importancia para la investigación establecer las pérdidas o caídas de presión teniendo en cuenta los siguientes aspectos: cantidad de líneas neumáticas, tipo de materiales, diámetro de la tubería, parámetros de presión y demás componentes que fueron necesarios en el diseño del aula práctica para el trabajo en estructuras.

Caída de presión en la línea neumática (ecuación 2).

$$\Delta P = \frac{1.6 \times 10^3 \cdot Q_v^{1.85} \cdot L}{d^5 P_1} \quad (2)$$

Donde:

ΔP = Caída de presión, Pa

L = Longitud de tubería, en m

Q_v = caudal del aire libre, en m³/s

d = diámetro interior del tubo, en m

P_1 = presión absoluta del aire a la entrada del tubo, Pa

Con bastante frecuencia, el valor de la fricción depende de diversos factores, como la temperatura, la velocidad del aire en el tubo, entre otros; de donde, en ciertos casos, se puede usar la ecuación 3 para la caída de presión.

$$\Delta P = \frac{\beta}{RT} \frac{v^2}{d} \cdot L \cdot p \quad (3)$$

Donde:

ΔP = caída en la presión, en bar

p = presión del aire, en bar (absoluta)

R = constante de los gases; para el aire = 29,27

T = temperatura absoluta (273 + t), K

t = temperatura del aire, en °C

d = diámetro interior del tubo, en mm

L = longitud total del tubo, en m

v = velocidad del aire en el tubo, 6-10 m/s

Qf = cantidad de aire que fluye, en kg/h

p = coeficiente de resistencia, el cual varía con un factor de fricción

Como en la ecuación 4, donde:

$$G = \frac{1.6Q_f^{1.85}}{d^5} \quad (4)$$

Se debe agregar que fue de gran importancia para la investigación establecer las pérdidas o caídas de presión, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: cantidad de líneas neumáticas, tipo de materiales, diámetro de la tubería, parámetros de presión y demás componentes que fueron necesarios en el diseño del aula práctica para el trabajo en estructuras.

En su mayor parte, (G) se toma como 0,007 para todos los tipos de tubo de acero con interior liso [11].

4. Diseño del sistema neumático

Para el diseño fue importante resaltar que la Policía Nacional en el hangar de Mariquita (Tolima) cuenta con una red neumática en acero galvanizado y con un compresor Quincy de primera generación (figura 1). Este compresor está integrado por tres grandes componentes, cuyas características se especifican a continuación:

4.1 Cabezal compresor

- Desplazamiento de aire a una presión máxima de acuerdo con normativa DIN-1945 y con condición de aspiración de 1 bar, 0 °C: 141 m³/h
- Presión máxima de trabajo: 10 Bar = 144 psi
- Temperatura máxima ambiente: 40 °C
- Diferencia entre temperatura del aire comprimido y temperatura de aspiración: 10 - 15 °C
- Volumen aire de refrigeración: 5600 m³/h = 3293 cfm
- Contenido de aceite: 8,5 l
- Contenido residual aceite en aire comprimido: 2-3 mg/m³
- Nivel sonoro: 71 dB (A)

4.2 Motor eléctrico

- Potencia estimada: 18,5 Kw = 25 HP
- Voltaje/frecuencia: 220-380 V-50 Hz

- Protección/iso: IP 55/F-B
- RPM: 2950

4.3 Compresor de tornillo abarca

- Presión: de 8 a 13 bar
- Potencia: de 7,5 a 50 HP
- Caudal: de 770 a 4350 l/min
- Largo: de 810 a 1250 mm
- Ancho: de 660 a 950 mm
- Alto: de 1090 a 1400 mm
- Peso: de 245 a 650 kg



Figura 1. Compresor Quincy

Fuente: elaboración propia

Para calcular el dimensionamiento de la tubería principal de una red neumática, fue necesario tener en cuenta el consumo más desfavorable, partiendo de la cantidad de presión cuando son operadas todas las máquinas, razón por la cual el diámetro de las acometidas debe ser superior para que la velocidad típica se mantenga y el caudal sumado con la presión atmosférica cumpla con los criterios establecidos del diámetro de la tubería [12].

4.4 Diseño preliminar

Para iniciar se realizó un bosquejo del sistema neumático que se instaló en el área determinada, con esto se sentaron bases más claras para el diseño final (ver figura 2).

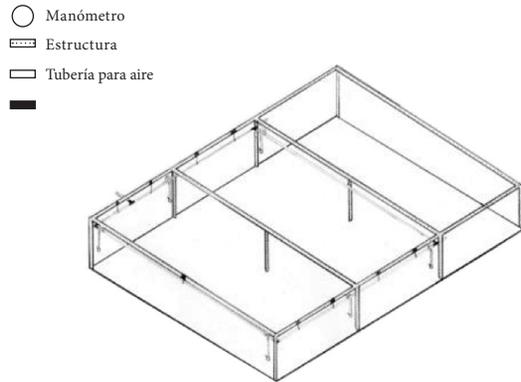


Figura 2. Bosquejo sistema neumático para instrucción
Fuente: elaboración propia

Para determinar los materiales más acordes (tabla 1), se tomó como ejemplo la red neumática del hangar de la Policía Nacional de Mariquita, conexión hecha en acero galvanizado de 1” (pulgada), el cual produce altos índices de corrosión dentro de la tubería que tiene diversas consecuencias, como acortar la vida útil de las herramientas y la necesidad de un mantenimiento continuo de los filtro-regulador-lubricador (FRL). Por lo anterior, se seleccionó el polipropileno para la instalación de la tubería, lo que garantizó la calidad adecuada para el correcto funcionamiento de las herramientas neumáticas según la norma ISO 8573-1, parámetros de calidad de aire, y lo establecido por seguridad integral.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de materiales

Material	Ventajas	Desventajas
Acero (negro y galvanizado)	1. Uso tradicional	1. Roscado soldado con autógena 2. Instalación de ajustadores experimentados 3. Alta corrosión y acumulación de moho
Polipropileno	1. Garantiza el aire limpio 2. Baja dilatación 3. Buena calidad interna 4. Ensamble simple 5. Componentes reutilizables 6. Ligero 7. Libre de corrosión	

Fuente: elaboración propia

Para el diseño de la estructura, se tuvo en cuenta una inclinación en el techo con el objetivo de dirigir la condensación del aire a un punto donde se pudiera drenar fácilmente, como se observa a continuación (figura 3).

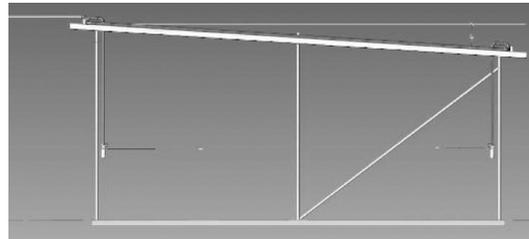


Figura 3. Vista frontal de la estructura y sistema neumático
Fuente: elaboración propia con el uso de Auto CAD 2007

Una vez seleccionada el área para la instalación de la red neumática dentro del diseño, se ubicaron siete puntos de trabajo; entre estos se encuentran dos puntos principales con instrumentos (FRL) destinados a la realización del mantenimiento de esta red. El diámetro de esta conexión se muestra en la figura 4.

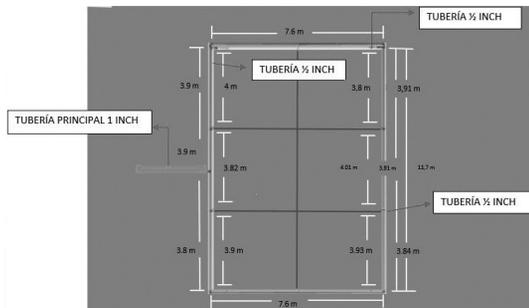


Figura 4. Vista superior de la estructura y sistema neumático
Fuente: elaboración propia con el uso de Auto CAD 2007

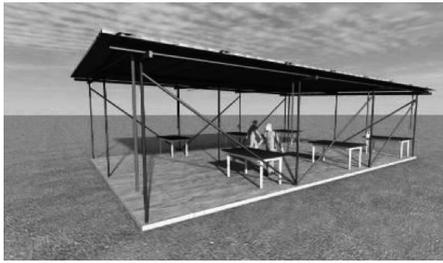


Figura 5. Vista estructura y sistema neumático 3D.
Fuente: elaboración propia con el uso de Auto CAD 2007



Figura 6. Vista 2 estructura y sistema neumático 3D.
Fuente: elaboración propia con el uso de Auto CAD 2007

4.5 Diseño en tercera dimensión

De acuerdo con los parámetros ya establecidos en los diseños anteriores, se visiona el sistema neumático como aula práctica de instrucción para la asignatura de Resistencia de materiales y estructuras de aviación (figuras 5 y 6); de esta manera, se convierte en una herramienta pedagógica que ayuda al desarrollo de las competencias del ser-saber-saber hacer y el desempeño laboral competente e integral de los estudiantes, docentes y egresados de la ESAVI.

5. Construcción del sistema neumático

Durante la instalación de esta red neumática fue necesario tener en cuenta que el polipropileno sufre dilatación-contracción de 0,11 mm en su diámetro, producto de dos factores: por cada metro de tubo instalado y por los cambios de temperatura (ecuación 5).

$$\Delta L = \mu \times \Delta t \times L \tag{5}$$

Donde:

ΔL : variación longitudinal entre dos puntos fijos (mm)

μ : coeficiente de dilatación lineal (0,11 mm/m x °C)

Δt : diferencia de temperatura entre temperatura ambiente del día, cuando se instala la tubería y la temperatura de trabajo a la que esta será sometida.

L : largo del tramo tubería entre dos puntos fijos (m)

Por otra parte, existe una recomendación en las instalaciones realizadas en exteriores o para cuando existen variaciones importantes de temperatura, como puede observarse en la tabla 2: insertar en las líneas rectas, liras u omegas para dicho fin; asimismo, se recomienda el uso de un soporte continuo para tratar de evitar los soportes planos en V que causan unas elongaciones (figura 8) y lograr así un pandeo menor del 2% de acuerdo con la correcta instalación de la tubería (figura 7).

Tabla 2. Dilatación lineal para tuberías de los sistemas de polipropileno

Δt	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C
L										
0,1 m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
0,2 m	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
0,3 m	0,3	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3
0,4 m	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,6	3,1	3,5	4,0	4,4
0,5 m	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5
0,6 m	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6
0,7 m	0,8	1,5	2,3	3,1	4,2	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7
0,8 m	0,9	1,8	2,6	3,5	4,4	5,3	6,2	7,0	7,9	8,8
0,9 m	1,0	2,0	3,0	4	5,0	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9
1 m	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11,0
2 m	2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	17,6	19,8	22,2
3 m	3,3	6,6	9,9	13,2	16,5	19,8	23,1	26,4	29,7	33,0
4 m	4,4	8,8	13,2	17,6	22,0	26,4	30,8	35,2	39,6	44,0
5 m	5,5	11,0	16,5	22,0	27,5	33,0	38,5	44,0	49,5	55,0
6 m	6,6	15,5	19,8	26,4	33,0	39,6	46,2	52,8	59,5	66,0

Fuente: Dossier técnico IPS fusión [13]

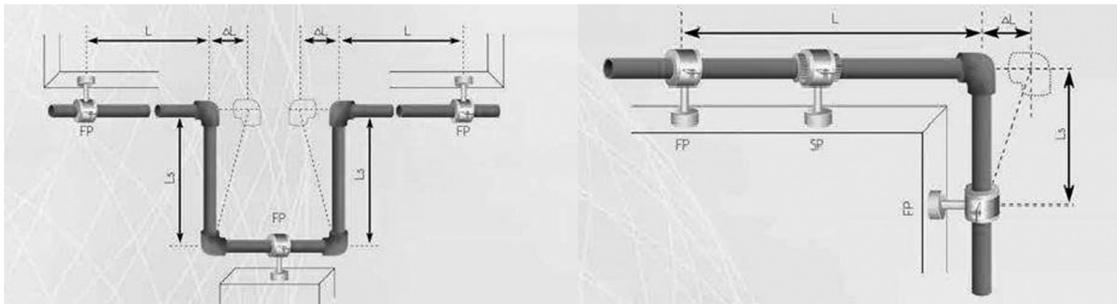


Figura 7. Métodos compensatorios para la instalación de líneas

Fuente: Manual técnico Blue Ocean [14].

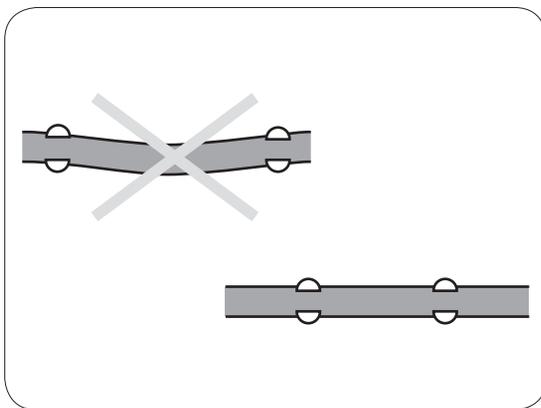


Figura 8. Longitud de soportes

Fuente: Dosier técnico IPS fusión [13].

La tubería polipropileno (PP), por medio de accesorios de transición, es compatible con todo tipo de tuberías y accesorios de polipropileno, PVC entre otros, y permite transiciones a sistemas metálicos como galvanizado, acero, cobre y bronces, que flexibilizan aún más su utilidad, y mejorarán así su comportamiento ante altas temperaturas y trabajos de remodelaciones.

5.1 Instalación área de trabajo

Después de reunir los parámetros y componentes, se procedió a la construcción y adecuación del aula práctica para trabajos en estructuras. En las figuras 9-13, se muestran los resultados obtenidos.



Figura 9. Área de instalación del sistema neumático

Fuente: elaboración propia



Figura 10. Acoples y tubería termofusionada

Fuente: elaboración propia



Figura 11. Unidades de mantenimiento instaladas FRL

Fuente: elaboración propia



Figura 12. Líneas de trabajo con 01 unidad de mantenimiento (FRL) y líneas con acoples rápidos
Fuente: elaboración propia



Figura 13. Sistema neumático en funcionamiento
Fuente: elaboración propia

6. Nivel de satisfacción del sistema neumático como herramienta pedagógica para instrucción

Luego de la adecuación del aula práctica para trabajos en estructura, los estudiantes que cursan Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico y sus docentes hicieron uso de esta herramienta pedagógica; de igual manera, fue sometida a prueba por parte del personal especializado del hangar de la Policía Nacional de Mariquita. De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 3 y la figura 14, la cantidad de personas del ente estudiantil que fue encuestado arrojaron en sus respuestas un alto grado de satisfacción esperado.

Tabla 3. Personal encuestado

	Cantidad	De acuerdo	En desacuerdo
Estudiantes curso 10	29	26	3
Docentes	5	5	0
Especialistas	5	5	0
Totales	39	36	3

Fuente: elaboración propia

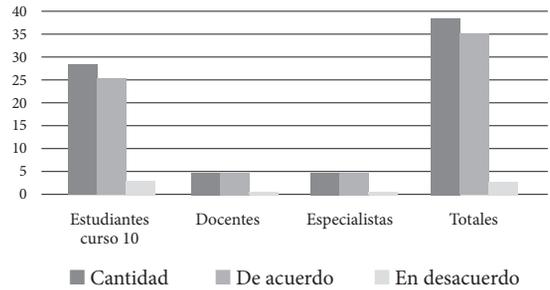


Figura 14. Resultado de satisfacción frente a la construcción del aula practica para trabajo en estructuras
Fuente: elaboración propia

7. Resultados

Como producto de la investigación adelantada en la ESAVI, donde se instaló el sistema neumático como herramienta pedagógica con el fin de mejorar las competencias del saber hacer de los integrantes de los diferentes cursos de Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se logró mantener la presión constante entre 90-100 PLSI en los seis puntos de trabajo adaptados en el sistema neumático, requerida para el funcionamiento de las herramientas empleadas en el campo aeronáutico (figura 15).



Figura 15. Medida de presión del sistema neumático
Fuente: elaboración propia



Figura 16. Prácticas en estructuras de aviación

Fuente: elaboración propia

- Durante el desarrollo de las prácticas en la asignatura de Resistencia de materiales y estructuras de aviación, la red neumática mantuvo la misma presión en las diferentes líneas de trabajo, sin importar la cantidad de herramientas utilizadas (figura 16).
- El aula práctica permite evaluar de manera fácil los conocimientos de los estudiantes.
- Se cumplió el pênsum académico y con el modelo de innovación (el Sistema Único de Calificación), se evaluaron las fortalezas y limitaciones de los estudiantes [15].

8. Conclusiones

- La investigación realizada permite evidenciar cómo un aula práctica fortalece la formación disciplinar y práctica de los estudiantes, ya que permite unir la teoría y la práctica.
- La construcción de un sistema neumático con el uso de nuevos materiales como el polipropileno, ofrece una ventaja importante: mejor efectividad en el trabajo, puesto que se disminuyen los problemas con relación a imprevistos como pérdidas de presión. También el sistema neumático ayuda a docentes y estudiantes a interactuar con materiales y equipos, con el fin desarrollar las competencias del saber hacer.
- El aula práctica fue aceptada por un 92,3 %, de las personas encuestadas, entre ellas 26 estudiantes, 5 docentes y 5 especialistas.
- Se benefician en promedio 50 integrantes de Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico por año, quienes encuentran un ambiente adecuado

para resolver problemas en situaciones imprevistas propias de la aviación.

- Por medio de la implementación del documento “Sistema uniforme de calificación” como herramienta de evaluación en el sistema neumático, se logró medir de una manera más objetiva que con un parcial teórico el desarrollo de las habilidades prácticas de los estudiantes de los últimos trimestres.
- El aula práctica es una herramienta didáctica para simular el espacio y las condiciones reales de un ambiente laboral; deja en evidencia la necesidad de contar con un elemento estructural similar al de una aeronave. Esto tiene la finalidad de que el estudiante no solo aprenda a manejar las herramientas, si no también que pueda trabajar en reparaciones simuladas propias del mundo de la aviación.

Agradecimientos

A pesar de que este artículo fue escrito por el teniente Jorge Luis Calderón Pérez y los patrulleros Oliver Cruz Rico y Darwin Ospina Martínez, está basado en la investigación titulada “Diseño e Instalación de Sistema Neumático para Instrucción a los Cursos de Tecnólogos en Mantenimiento Aeronáutico de la Escuela de Aviación Policial”, la cual fue realizada por los anteriormente nombrados y por los subintendentes Edwin Herley Sánchez Ramírez, Alejandro López Giraldo y Nixon Gildardo Cruz, y los patrulleros Juan Carlos Ospina Sanabria y Óscar Andrés Ríos Giraldo. A ellos también un agradecimiento.

Referencias

- [1] G. A. Rodríguez y J. E. Torres, “Modelo de enseñanza de neumática y automatización para ingenieros”, en *7th LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice*, San Cristóbal, Venezuela, junio 2-5, 2009, pp. 1-7 [en línea]. Disponible en: <http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p164.pdf>
- [2] D. A. Cabrera Carpio, “Diseño y construcción de un módulo didáctico para el marcado de piezas en serie que permita mejorar la enseñanza aprendizaje en el área de neumática y control” Proyecto para optar al título de Tecnólogo Electromecánico, Escuela de Formación de Tecnólogos, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, mayo 2009 [en línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1505/1/CD-2167.pdf>
- [3] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, “Cede Tecnológica”, *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 2015 [en línea]. Disponible en: <http://www.udistrital.edu.co:8080/en/web/laboratorio-mecanica/>
- [4] A. F. Tovar Rivera, “Automatización y control de actuadores neumáticos para mini-marcos del Laboratorio de estructuras”, Proyecto de investigación para optar al título de Ingeniero en Mecatrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, 2013 [en línea]. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10886/1/INFORME%20INVESTIGACION%20FINAL.pdf>
- [5] I. M. Camargo Escobar y C. Pardo-Adames, “Competencias docentes de profesores de pregrado: diseño y validación de un instrumento de evaluación”, *Universitas Psychologica*, vol. 7, n.º 2, pp. 441-455, mayo-agosto 2008 [en línea]. Disponible en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revPsycho/article/download/441/253>
- [6] Fuerza Aérea Colombiana, “Modelo pedagógico del sistema educativo de la Fuerza Aérea Colombiana”, Fuerzas Militares de Colombia, Fuerza Aérea Colombiana, Manual Disposición 01/2014, FAC 6-02, 22 enero 2014 [en línea]. Disponible en: https://www.emavi.edu.co/sites/default/files/modelo_pedagogico_0.pdf
- [7] P. L. Ringegni, “Sistemas neumáticos y sus aplicaciones en aeronáutica”, 2000 [en línea]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/206303389/Sistema-Neumaticos>
- [8] Zamora, *Gran Enciclopedia Estudiantil Zamora*. Bogotá, D. C., Colombia: Zamora Editores LTDA, 2003.
- [9] Prolibros, *Pedagógico universal*. Bogotá, D. C., Colombia: Prolibros LTDA, 1999, p. 530.
- [10] F. Barradas Solas, P. Valera Arroyo y M. C. Vidal Fernández, *Física y Química 1*. Madrid, España: 2008, p. 384. [en línea]. Disponible en: <https://fisi-cayquimicaiesmoraima.wikispaces.com/file/view/Solucionario+Libro+Santillana.pdf>
- [11] A. Garritz y J. A. Chamizo. *Tú y la química*. México, D. F., México: Pearson Educación de México, 2001, p. 75.
- [12] Tecnun, “Laboratorio de Neumática y Oleohidráulica . Práctica 3: cálculo en instalaciones neumáticas” [en línea]. Disponible en: http://www4.tecnun.es/asignaturas/neumatica/Practica%20Neumatica_Sol.pdf
- [13] Instalaciones Para Siempre [IPS], “Dossier técnico ips fusión”, sept. 2005, [en línea]. Disponible en: http://www.profesormolina.com.ar/mismaterias/instalaciones/manuales/dossier_tecnico_ipsfusion.pdf
- [14] Blue Ocean International [UK] Group, “Sistemas de tubería polipropileno random PPR. Catálogo técnico No. 3”, enero 2010 [en línea]. Disponible en: <http://dicol.com.co/wp-content/uploads/2016/08/Manual-T%C3%A9cnico-Blue-Ocean.pdf>
- [15] C. Restrepo y L. Parra, “Sistema uniforme de calificación de vuelo”, San Sebastian de Mariquita, 2013.

