



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Mecánico.

Proyecto de Investigación:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN
NEUMÁTICA PARA EL LABORATORIO INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO”**

Autor:

Alcívar Bravo Frowen Manuel

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor, M.Sc.

Quevedo - Los Ríos – Ecuador.

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Alcívar Bravo Frowen Manuel**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alcívar Bravo Frowen Manuel

C.C. # 0302615976



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor**; Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Alcívar Bravo Frowen Manuel**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Diseño e implementación de una red de distribución neumática para el laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo**”, previo a la obtención del de **Ingeniero Mecánico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor, M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor M.Sc. mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Diseño e implementación de una red de distribución neumática para el laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo**” presentado por el estudiante **Alcívar Bravo Frowen Manuel**, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en 95% y similitud en 5%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

URKUND	
Documento	avances fin fin.pdf (D173926847)
Presentado	2023-09-14 23:41 (-05:00)
Presentado por	Rodger (rsalazarl@uteq.edu.ec)
Recibido	rsalazarluteq@analysis.urkund.com
Mensaje	FROWEN ALCIVAR PROYECTO INVESTIGACION Mostrar el mensaje completo 5% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor M.Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Diseño e implementación de una red de distribución neumática para el laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Cristian Paul Topa Chuquitarco

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Yusimit Karina Zamora Hernández

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Diego Paul Monga Sánchez

QUEVEDO-LOS RÍOS-ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía, dándome la fuerza y la salud para culminar esta etapa de mi carrera.

Agradezco a mis padres, Frowen Edilberto Alcívar Vélez y Mercedes del Pilar Bravo Gamboa, por su paciencia y comprensión durante el largo recorrido de la carrera y siempre sus palabras de apoyo que nunca faltaron durante uno de los momentos más oscuros de mi vida, siempre agradecido con los padres con los que me bendijo Dios.

Agradezco al Ingeniero Rodger Salazar Loor por su disposición de ser mi asesor y guía en este proyecto de investigación. Por compartir sus conocimientos y apoyarme, por su paciencia y tiempo que se tomó para desarrollar la tesis durante todo el proceso.

Gracias a los profesores de la Universidad Técnica del Estado de Quevedo y de la Facultad de Ingeniería que me han brindado sus conocimientos, valores, apoyo y dedicación a lo largo de mi carrera para formar a un profesional competente y comprensible ante los problemas que me enfrentare en la vida.

Agradezco a mis compañeros de la carrera, que con al paso del tiempo se convirtieron en mis amigos e hicieron que la carrera sea mucho más agradable de cursarla, con los cuales tuve la oportunidad de pasar muy buenos momentos y que logramos tener anécdotas para poder recordarlas el resto de mi vida.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios como una forma de alabanza, porque me caí durante todo el proceso de desarrollo y sé que, en los días más difíciles, la energía que das al mundo en forma de vida y felicidad me ayudó a levantarme. Sé que no puedes alcanzar la victoria sin sacrificios, pero he logrado superarlos con dos personas llenas de tu energía, y soy responsable de ellos.

Por eso, también dedico mi esfuerzo a mis padres Pilar y Frowen, porque sin su ayuda no lo hubiera logrado, por llevarme a esta meta y nunca desistir, creyendo que el mejor legado que nos pueden dejar es su educación.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En este proyecto de investigación se llevó a cabo el diseño e implementación de una red de distribución neumática para el Laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La finalidad de esta red es proveer un sistema seguro y confiable para el uso de los estudiantes y profesores en sus prácticas y proyectos de investigación. Para el diseño de la red, se tomó en cuenta la capacidad del compresor, la longitud y diámetro de la tubería necesaria, así como los materiales adecuados para la red de distribución. Además, se ha considerado la posibilidad de una futura ampliación de la capacidad de aire comprimido o el aumento de la extensión de la red de tubería. El análisis del compresor es fundamental para determinar el alcance de la red de distribución neumática. Se ha estudiado la capacidad del compresor, lo que permitió definir la cantidad de herramientas y equipos que podrán ser utilizados simultáneamente. El diseño también incluye la definición de la longitud y diámetro de la tubería para asegurar una distribución uniforme del aire comprimido en todo el laboratorio. Se ha realizado un análisis detallado de los materiales necesarios para la red de distribución, con el fin de garantizar la seguridad y confiabilidad del sistema. Finalmente, la instalación de la red de distribución neumática incluirá la adquisición y montaje de componentes neumáticos, tuberías y accesorios existentes en el taller.

Palabras clave: Aire comprimido, compresor, red de distribución, neumática.

ABSTRACT AND KEYWORDS

In this research project, the design and implementation of a pneumatic distribution network for the industrial laboratory of the State Technical University of Quevedo was carried out. The purpose of this network is to provide a secure and reliable system for use by students and teachers in their practices and research projects. For the design of the network, the capacity of the compressor, the length and diameter of the necessary pipe, as well as the appropriate materials for the distribution network were taken into account. In addition, the possibility of a future expansion of compressed air capacity or increasing the extension of the pipeline network has been considered. Compressor analysis is essential to determine the scope of the pneumatic distribution network. The capacity of the compress has been studied, which made it possible to define the number of tools and equipment that can be used simultaneously. The design also includes the definition of the length and diameter of the pipe to ensure uniform distribution of compressed air throughout the laboratory. A detailed analysis of the materials necessary for the distribution network has been carried out, in order to guarantee the safety and reliability of the system. Finally, the installation of the pneumatic distribution network will include the acquisition and assembly of existing pneumatic components, pipes and accessories in the workshop.

Keywords: Compressed air, compressor, distribution network, pneumatics.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
CÓDIGO DUBLÍN.....	xx
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y FÓRMULAS.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	23
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de Investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.1.1. Diagnóstico.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5

1.2.2.	Objetivos Específicos.....	5
1.3.	Justificación.	6
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....		7
2.1.	Neumática	8
2.2.	Aire comprimido.....	8
2.2.1.	Suministro	8
2.2.2.	Demanda	9
2.2.3.	Propiedades del aire comprimido.....	9
2.2.4.	Propiedades físicas del aire.	10
2.2.5.	Características del aire comprimido.....	10
2.2.6.	Tratamiento del aire comprimido.....	11
2.2.6.1.	Calidad del aire.	11
2.2.6.2.	Humedad del aire.	12
2.2.6.3.	Secado.....	13
2.3.	Compresor.....	14
2.3.1.	Clasificación de Compresores.....	14
2.3.1.	Compresores de émbolo.....	14
2.3.2.	Compresores rotativos.....	15
2.3.3.	Compresores centrífugos.....	15
2.4.	Red de distribución neumática.....	15
2.4.1.	Tipos de redes de distribución neumática.....	16
2.4.1.1.	Red abierta	16
2.4.1.2.	Red cerrada.	16
2.4.2.	Tendido de la red.....	16
2.4.3.	Válvulas	17
2.4.3.1.	Válvulas de control direccional	17

2.4.4.	Distribución del aire comprimido	18
2.4.4.1.	Tubería principal	18
2.4.4.2.	Tubería de distribución	18
2.4.4.3.	Tubería de servicio.....	18
2.4.4.4.	Transporte del aire comprimido.....	18
2.4.4.5.	Materiales para el transporte del aire comprimido.....	18
2.5.	Cálculo de tuberías.....	19
2.5.1.	Caudal de consumo	20
2.5.1.1.	Coeficiente de simultaneidad	20
2.5.1.2.	Coeficiente de utilización.....	21
2.5.1.3.	Consumo específico.	21
2.5.1.4.	Capacidad de los compresores.	22
2.5.2.	Diámetro de tubería principal	23
2.5.3.	Diámetro de la tubería de servicio	24
2.5.4.	Longitud de la tubería	24
2.5.4.1.	Número de Reynolds.....	25
2.5.4.2.	Densidad del aire.....	25
2.5.5.	Pérdida de carga causada por los accesorios en la red de distribución.	26
2.6.	Velocidad del aire en las tuberías	27
2.7.	Unidad de mantenimiento	27
2.7.1.	Filtro.....	28
2.7.2.	Clasificación de filtros según su grado de filtración.....	28
2.7.3.	Regulador.....	28
2.7.4.	Lubricador.....	29
2.8.	Recomendaciones de diseño de una red neumática	29
2.9.	Plan de mantenimiento.....	30

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.1. Localización	33
3.1.1. Descripción del lugar	33
3.2. Tipo de investigación.	34
3.2.1. Investigación bibliográfica.....	34
3.2.2. Investigación experimental	34
3.3. Métodos de investigación.....	34
3.3.1. Método deductivo	34
3.3.2. Método inductivo	35
3.3.3. Método experimental	35
3.4. Fuentes de recopilación de información.	35
3.5. Diseño de la investigación.	35
3.6. Instrumentos de investigación.....	35
3.7. Tratamiento de datos.	36
3.8. Recursos Humanos y materiales.	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Presión de funcionamiento de la red.	38
4.2. Temperatura en la localidad.	38
4.3. Características del compresor	39
4.3.1. Compresor de aire Campbell Hausfeld - Modelo VT558705AJ.....	39
4.3.2. Compresor de aire Campbell Hausfeld - Modelo CE4104	39
4.4. Selección del trazado de la red de aire comprimido.	40
4.5. Coeficientes en una red de distribución neumática.....	41
4.5.1. Coeficiente de simultaneidad	41
4.5.2. Coeficiente de utilización.....	41
4.6. Cálculo de caudal requerido.....	41
4.6.1. Caudal requerido por las herramientas neumáticas.....	41

4.6.2.	Caudal corregido	42
4.6.3.	Diámetro interior de la tubería principal	43
4.6.4.	Diámetro interior de la tubería de distribución	44
4.6.5.	Diámetro interior de la tubería de servicio.....	44
4.7.	Longitud total de la tubería	45
4.7.1.	Número de Reynolds.....	45
4.7.2.	Factor de fricción en el diagrama de Moody.	46
4.7.3.	Longitud equivalente.....	47
4.8.	Dimensión de las tuberías según el manual del compresor	48
4.9.	Programa de mantenimiento	49
4.9.1.	Plan de mantenimiento del compresor	49
4.9.2.	Instalación y ubicación del compresor.....	49
4.9.2.1.	Jaula de seguridad	50
4.9.3.	Gestión de mantenimiento de la red de aire comprimido	50
4.9.4.	Localización de fugas y control	50
4.9.5.	Recomendaciones de operación	51
4.9.5.1.	Protocolos de seguridad para el uso del aire comprimido	51
4.9.6.	Revisión del sistema de aire comprimido	52
4.9.6.1.	Lubricación del compresor.....	52
4.9.6.2.	Filtro de aire	52
4.9.6.3.	Componentes del compresor	52
4.9.6.4.	Correa.....	52
4.9.7.	Plan de mantenimiento de la red de distribución	53
4.10.	Selección de material de la tubería.	54
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		56
5.1.	Conclusiones.	57

5.2.	Recomendaciones.....	58
	CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....	59
	CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Coefficiente de simultaneidad	20
Tabla 2.	Coefficiente de utilización	21
Tabla 3.	Consumo de aire de herramientas neumáticas.....	22
Tabla 4.	Velocidad del aire neumático	27
Tabla 5.	Temperatura Ciudad de Quevedo.....	38
Tabla 6.	Características del compresor Modelo VT558705AJ.....	39
Tabla 7.	Características del compresor Modelo CE4104	40
Tabla 8.	Herramientas neumáticas.....	42
Tabla 9.	Componentes de la red neumática	47
Tabla 10.	Características de materiales de tubería.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Composición química del aire a presión	9
Figura 2.	Nivel de pureza del aire a presión	12
Figura 3.	Rendimiento efectivo de una red de distribución	26
Figura 4.	Localización UTEQ Campus "La María"	33
Figura 5.	Tamaño mínimo de las tuberías de las líneas de aire comprimido.....	48
Figura 6.	Distribución de fugas en red neumática	51
Figura 7.	Programa de mantenimiento.....	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1:	Consumo del caudal de la red neumática	23
Ecuación 2:	Caudal corregido	23
Ecuación 3:	Diámetro interior	23
Ecuación 4:	Longitud total de la tubería.....	24
Ecuación 5:	Longitud equivalente de la tubería	24
Ecuación 6:	Numero de Reynolds	25
Ecuación 7:	Densidad del aire	25
Ecuación 8:	Punto crítico.....	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Diagrama de Moody	64
Anexo 2.	Coefficiente de pérdidas de accesorios de tubería de flujo turbulento	65
Anexo 3.	Propiedades del punto crítico	66
Anexo 4.	Construcción de jaula de seguridad del compresor	67
Anexo 5.	Instalación de la jaula de seguridad del compresor	67
Anexo 6.	Instalación del compresor	68
Anexo 7.	Instalación de las tuberías área de motores eléctricos	69
Anexo 8.	Instalación de las tuberías en el área de motores de combustión	70
Anexo 9.	Instalación de las tuberías en el área de soldadura	71
Anexo 10.	instalación de tuberías en el área de mecánica general	71
Anexo 11.	Planos	72

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Diseño e implementación de una red de distribución neumática para el laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo		
Autor:	<u>Alcívar Bravo Frowen Manuel</u>		
Palabras clave:	Aire comprimido	Compresor	Red de distribución.
Fecha de publicación:			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2023.		
Resumen:	<p>Resumen. - Se llevará a cabo el diseño e implementación de una red de distribución neumática para el laboratorio industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La finalidad es proveer un sistema seguro y confiable para su respectivo uso. Para el diseño de la red, se ha tomado en cuenta la capacidad del compresor, la longitud y diámetro de la tubería necesaria, así como los materiales adecuados para la red de distribución. Además, se ha considerado la posibilidad de una futura ampliación de la capacidad de aire comprimido o el aumento de la extensión de la red de tubería. El análisis del compresor es fundamental en el diseño de la red de distribución neumática. Se ha estudiado la capacidad del compresor y su capacidad de generar aire comprimido, lo que permitió definir la cantidad de herramientas y equipos que podrán ser utilizados simultáneamente. Se ha realizado un análisis detallado de los materiales necesarios para la red de distribución, con el fin de garantizar la seguridad y confiabilidad del sistema.</p> <p>Abstract. - The design and implementation of a pneumatic distribution network will be carried out for the industrial laboratory of the State Technical University of Quevedo. The purpose is to provide a safe and reliable system for its respective use. For the design of the network, the capacity of the compressor, the length and diameter of the necessary pipe, as well as the appropriate materials for the distribution network have been taken into account. In addition, the possibility of a future expansion of compressed air capacity or increasing the extension of the pipeline network has been considered. Compressor analysis is essential in the design of the pneumatic distribution network. The capacity of the compressor and its ability to generate compressed air have been studied, which made it possible to define the number of tools and equipment that can be used simultaneously. A detailed analysis of the materials necessary for the distribution network has been carried out, in order to guarantee the safety and reliability of the system.</p>		
Descripción:	102 hojas: dimensiones 290 x 210 mm + CD-ROM 6162		
URI:			

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y FÓRMULAS

TERMINOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
Q	Caudal	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
D	Diámetro tubería principal.	m
d	Diámetro tubería de distribución.	m
Q _{corregido}	Caudal corregido	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
L _{Total}	Longitud nominal de la tubería en metros.	m
L _{equivalente}	Longitud equivalente de la tubería en metros.	m
ΔP	Pérdida de presión	Pa
P _{trabajo}	Presión de funcionamiento en bar.	Bar
P	Presión.	Pa
T	Temperatura.	K
V	Velocidad del aire.	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$

K	Coeficiente de pérdida	-
f	Factor de fricción	-
Re	Número de Reynolds	-
ρ	Densidad del fluido.	$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
v	Velocidad del fluido	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
μ	Viscosidad dinámica del fluido	$\frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}$
R	Constante de los gases	$287 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}}$

INTRODUCCIÓN

El aire ha sido ampliamente utilizado en diversas industrias, convirtiéndose en objeto de estudio científico e implementación a las industrias alimentarias, farmacéuticas e incluso en la automatización. La investigación y desarrollo continúan siendo de gran importancia, y se busca su implementación en diversos procesos industriales, empleándose como transportador de energía para realizar tareas de mantenimiento en procesos industriales, como el ensamblaje o las cadenas de montaje.

Una red de distribución neumática es un sistema diseñado para el transporte y distribución de aire comprimido a diferentes puntos de una instalación industrial. El aire comprimido es generado mediante un compresor y se transporta a través de una red que está compuesta por tuberías específicas para conducir fluidos como el aire hasta los puntos de consumo, donde se utiliza para accionar herramientas neumáticas, maquinaria y otros equipos. Para garantizar un suministro estable y seguro, la red de distribución neumática incorpora elementos como válvulas, filtros, reguladores de presión y acumuladores, que controlan el flujo de aire y aseguran que se mantengan los parámetros operativos adecuados.

El diseño de un sistema neumático se planifica a través del análisis de fluidos, donde se considera el comportamiento del aire al circular por las tuberías de la red, así como de los componentes que interactúan con él, como válvulas, tuberías, acoplamientos, entre otros. A través de estudios experimentales se puede comprender las propiedades del aire comprimido a presión, y se pueden determinar parámetros críticos como la presión, el caudal o la velocidad del aire dentro de las tuberías. Estos datos son fundamentales para que el diseño de un sistema neumático cumpla con los requisitos operativos necesarios.

En el laboratorio de mecánica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la falta de una red de distribución neumática limita las posibilidades de los estudiantes para realizar prácticas académicas que integren la teoría y la práctica, lo que restringe su desarrollo académico. Es por ello por lo que se propone el diseño e implementación de una red de distribución neumática que permita a los alumnos y profesores realizar prácticas académicas e investigaciones que fortalezcan los conocimientos adquiridos en el aula.

Con la implementación de una red de distribución neumática, se brindaría una oportunidad única para los estudiantes de explorar y aplicar los conocimientos adquiridos en un entorno práctico y profesional.

A través de la revisión bibliográfica de datos experimentales, normas estandarizadas, fichas técnicas y catálogos, se obtendrá información valiosa que permitirá llevar a cabo el diseño de un sistema neumático que satisfaga los requisitos operativos del Laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Con el crecimiento de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, se han abierto nuevas ofertas académicas para la sociedad, lo que ha generado cambios en la estructura organizacional de la institución, como el traslado de las carreras de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y otras facultades a la extensión de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el campus "La María". Las nuevas instalaciones en el campus presentan limitaciones en la disponibilidad de equipos requeridos para realizar investigaciones y prácticas académicas en el área de Neumática, que fortalecerá los conocimientos a los estudiantes, especialmente en la carrera de Ingeniería Mecánica sobre el uso de esta tecnología.

Los modelos educativos modernos se basan en la práctica y la teoría, lo que fortalece la formación de profesionales y proporciona conocimientos sólidos a los estudiantes. La Universidad Técnica Estatal de Quevedo cuenta con docentes profesionales y especializados en sus respectivas áreas, pero la institución no tiene los suficientes equipos de trabajo para tener laboratorios especializados en sus respectivas áreas.

El Laboratorio Industrial de la Facultad de las Ciencias de la Ingeniería no cuenta con una red de distribución neumática donde se pueda realizar múltiples actividades enfocadas en el desarrollo de perfil profesional de un ingeniero mecánico fortaleciendo el conocimiento a través de la práctica en un laboratorio equipado para el uso de profesores y estudiantes.

Dado lo expuesto con anterioridad, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con busca de la excelencia académica, determina que la implementación de una red de distribución neumática y su uso para el desarrollo de prácticas e investigación ayudaría en los índices de calidad académica de la institución con respecto a sus respectivas autoridades de evaluación de desarrollo de la universidad como lo es el CEAACES.

1.1.1.1. Diagnóstico.

El Laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo no cuenta con una red de distribución neumática que cumpla con los requerimientos para poder realizar prácticas que refuercen los conocimientos obtenidos en el aula, con lo cual los estudiantes

y profesores de la carrera de Ingeniería Mecánica puedan realizar estudios y análisis de casos reales.

1.1.2. *Formulación del problema.*

¿La implementación de un sistema de red de distribución neumática en el Laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo permitirá que los estudiantes realicen prácticas que refuercen los conocimientos adquiridos en el aula, brindándoles un mayor dominio en el uso de herramientas neumáticas aplicadas en la industria?

1.1.3. *Sistematización del problema.*

¿Cuál será el diseño de la red de distribución neumática que se implementará en el Laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo?

¿Cuáles serán los componentes que se seleccionarán para la implementación de una red de distribución neumática en el laboratorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo?

¿Qué beneficios se obtendrán con la implementación de un sistema neumático a los estudiantes en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo?

1.2. *Objetivos.*

1.2.1. *Objetivo General.*

Implementar una red de distribución neumática para realizar actividades de aprendizaje y prácticas en el Laboratorio Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

1.2.2. *Objetivos Específicos.*

- Realizar planos y esquematización de la red de distribución neumática.
- Determinar los requerimientos para el diseño de la red de distribución neumática.
- Seleccionar los componentes necesarios para la implementación de una red de distribución neumática.
- Acondicionar las líneas de distribución neumática a los puestos de trabajo.

1.3. Justificación.

La remodelación del campus "La María" incluye una área destinada a laboratorios, donde se requiere la instalación de equipamiento que cumpla con los requisitos necesarios. Sin embargo, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo tiene limitaciones en cuanto a materiales y componentes de laboratorio, lo que impide contar con equipo necesario para realizar prácticas que refuercen la formación de los estudiantes. A pesar de esto, los laboratorios complementan perfectamente la teoría, permitiendo mejorar la comprensión de los fenómenos que actúan en la neumática.

Las actividades realizables en el laboratorio son aplicables a procesos utilizados en la automatización y control de sistemas industriales, lo que permite a los estudiantes adquirir conocimientos y habilidades prácticas en la mecánica, electricidad, neumática y en algunos casos en software especializado para la industrialización. La implementación de una red de distribución neumática permitiría avanzar en el progreso tecnológico y beneficiaría a los estudiantes al ofrecerles la oportunidad de desarrollar y mejorar su técnica profesional.

El proyecto busca contribuir al desarrollo de la universidad mediante la implementación de una red de distribución neumática, que permita accionar las herramientas del laboratorio y proporcionar prácticas a los estudiantes de Ingeniería Mecánica. Además, se busca fomentar la investigación en el área de neumática y automatización de procesos industriales en la carrera de Ingeniería Mecánica.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Neumática

La neumática es el uso generalmente de aire a presión, o de cualquier otro gas, y la cual se le encuentra utilidad en áreas de automatización, por lo que se lo puede encontrar aplicabilidad en cualquier proceso moderno de producción, tanto a nivel pequeño como en un taller, o a gran escala como en una empresa mediana - grande, esto con el fin de convertir algunos procesos manuales a procesos automáticos.

La neumática utiliza energía muy limpia, como lo es el aire a presión, siendo ventajoso por su versatilidad en su aplicación en las industrias ya que lo beneficia mucho por el hecho de que se la puede aplicar en cualquier industria y no existe el riesgo de contaminación del proceso en el cual está siendo utilizado, de igual forma la tiene una probabilidad muy baja de poder ocasionar accidentes como si lo fuera la energía hidráulica o energía eléctrica.

El aire comprimido tiene sus inconvenientes, entre los que se encuentra su gran cantidad de ruido producido, que en algunas actividades resulta importante limitar la cantidad de ruido ocasionado, así como la fuerza empleada normalmente a grandes cantidades se considera más pérdidas que ganancias la aplicación de la neumática [1].

2.2. Aire comprimido

El aire comprimido es físicamente incoloro, inodoro e insípido bajo presión constante, empleándose como fuente de energía ayudando a que los equipos neumáticos funcionen de manera más eficiente. Un sistema de aire comprimido se puede dividir en dos partes: suministro, que es donde se genera el aire a presión, y distribución o demanda, donde se encarga de dispensar a los puntos de servicios requeridos.

2.2.1. Suministro

Conocido como el paquete de compresión, consta del motor, el compresor, el tanque y el equipo de procesamiento, como controles, filtros, enfriadores, secadores y tanques de almacenamiento.

2.2.2. Demanda

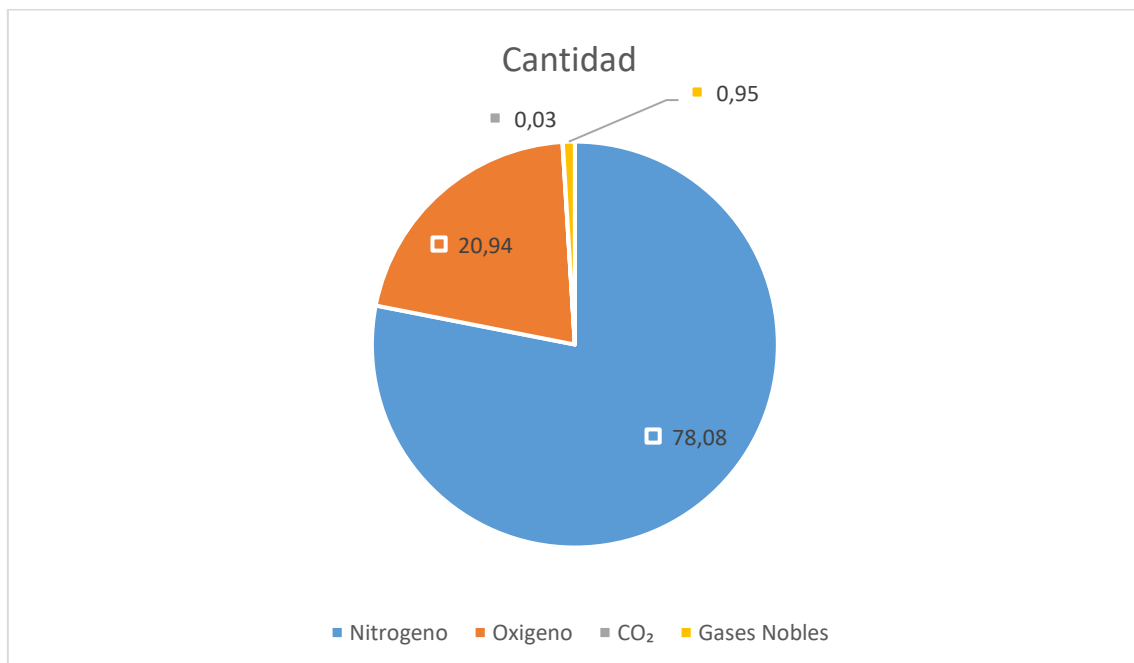
Consiste en líneas principales de distribución, cabezales principales, mangueras, reguladores de presión, válvulas y otras secciones [2].

2.2.3. Propiedades del aire comprimido

El aire este compuesto por 78.08% de N, 20.94% de O, 0.03% de CO₂ y 0.95% de una mezcla de otros gases nobles. El aire comprimido tiene unas propiedades físicas como lo son la densidad que es de $1.18 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ a 25 °C, una viscosidad de 0.018 cP a 20 °C, además de que se puede contar como almacenable, antideflagrante, limpio, alta disponibilidad, compresible y de fácil transportación, a 1.013 bar cuando se encuentra a una temperatura de 20 °C.

Figura 1.

Composición química del aire a presión



Nota. Composición química del aire que se encuentra normalmente en la atmósfera.

Las propiedades con las que cuenta el aire son [3]:

Fluidez: no presenta ninguna resistencia al desplazamiento.

Compresibilidad: Al ser un gas adopta la forma en la que se encuentra encerrado, y al contrario de los fluidos líquidos el aire si se puede comprimir si se le aplica presión, lo que permite que el aire pueda variar su volumen.

Elasticidad: La presión que ejerce sobre el aire lo afecta de similar forma en todas las direcciones y con la misma fuerza.

Expansión: Al disminuir la presión el gas aumenta el volumen.

2.2.4. Propiedades físicas del aire.

Entre las propiedades del aire se encuentra el caudal, la presión, el peso y el volumen específicos

Caudal: Cantidad del fluido que circula por determinada área de una tubería por fracción de tiempo.

Presión: La presión es la fuerza normal aplicada por unidad de área. Hay diferentes tipos de presión, incluida la presión absoluta, la presión manométrica, la presión atmosférica y el vacío.

Peso específico: $1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a 0°C y 1 atmósfera de presión.

Volumen específico: $0,773 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ a 0°C y 1 atmósfera.

2.2.5. Características del aire comprimido

El aire comprimido surge del aire atmosférico sometido a presión, el cual es incoloro, inoloro e insípida. El aire atmosférico varía su presión dependiendo de la altura geográfica en la que se encuentre [4].

El aire comprimido se encuentra de forma abundante en la atmósfera, por lo que su disponibilidad es prácticamente ilimitada, también puede transportarse fácilmente a través de tuberías.

El aire a presión es muy limpio comparado con otros fluidos, y tiene una gran capacidad de almacenamiento por lo que facilita el trabajo de no generar pérdidas, y no existe riesgo de incendio o explosiones por lo que no es necesario instalaciones antideflagrantes [5].

2.2.6. Tratamiento del aire comprimido

El compresor aspira el aire del exterior, pero el aire no siempre resulta ser confiable para un uso inmediato por que suele contener partículas en suspensión y humedad. Esto se desea evitar, por lo que se realizan actividades de preparación y tratamiento del aire con el fin de reducir la humedad y descartar impurezas.

2.2.6.1. Calidad del aire.

El aire es la combinación de diferentes tipos de gases y siempre se encuentra contaminado por polvo, arena, cristales salinos, pero dependiendo de la ubicación geográfica y las actividades que se realicen cerca del compresor la cantidad de suciedad del aire puede variar.

La contaminación del aire comprimido puede generar desde pequeños inconvenientes hasta grandes complicaciones como instrumentos dañados u óxido y corrosión en las tuberías, por lo que es necesario tener un control de calidad del aire dependiendo de los requerimientos y necesidad de su uso en mejorar la calidad del aire comprimido [7].

Se puede clasificar el aire en 4 niveles de calidad de aire, donde cada uno depende de donde será aplicado:

Nivel 1: Aire de planta el cual su función resulta para ser más en usos generales y no precisa de ser un aire limpio ni sin humedad.

Nivel 2: Aire para instrumentos, tiene mayor aplicación en laboratorios, aplicación de diferentes tipos de pintura, controles de clima, este tipo de aire debe contener cantidades moderadas tanto de humedad como suciedad.

Nivel 3: Aire aplicado a áreas industriales como la alimenticia, farmacéutica, química o electrónica debe contar con muy poca humedad y suciedad, por el hecho de estar implicado en el proceso de elaboración de un producto para el consumo humano.

Nivel 4: Este tipo de aire se lo utiliza mucho en el área médico como los hospitales y consultorios con lo que debe ser un aire sin humedad y sin suciedad.

Figura 2.

Nivel de pureza del aire a presión

ISO8573-1:2010 CLASE	Partículas sólidas			Concentración máscica mg/m ³	Agua		Aceite
	Número máximo de partículas por m ³				Punto de roció a presión de vapor	Líquida g/m ³	Concentración total de aceite (líquido, aerosol y vapor) mg/m ³
	0,1 - 0,5 micras	0,5 - 1 micras	1 - 5 micras				
0	Tal como especifique el usuario o el proveedor del equipo y más estrictos que los de la Clase 1.						
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70 °C	-	0,01
2	≤ 400 000	≤ 6000	≤ 100	-	≤ -40 °C	-	0,1
3	-	≤ 90 000	≤ 1000	-	≤ -20 °C	-	1
4	-	-	≤ 10 000	-	≤ +3 °C	-	5
5	-	-	≤ 100 000	-	≤ +7 °C	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10 °C	-	-
7	-	-	-	5 - 10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5 - 5	-
9	-	-	-	-	-	5 - 10	-
X	-	-	-	> 10	-	> 10	> 10

FUENTE: INTRODUCCIÓN A LAS NORMAS ISO DE CALIDAD DE AIRE [6].

2.2.6.2. *Humedad del aire.*

La humedad del aire se encuentra relacionada a la cantidad y calidad de vapor que hay en la atmosfera y como lo afecta en la red neumática.

La humedad es la cantidad de vapor de agua en el aire. Siempre hay vapor de agua en el aire y su cantidad depende de muchos factores, como lo son si ha llovido recientemente, si se encuentra cerca del mar, si hay vegetación en el suelo, la temperatura, entre otros.

Cantidad de aire: El volumen del sistema de aire comprimido se obtiene sumando el consumo de cada operación de todo el sistema. Además, los tanques se instalan cuando la demanda es alta, ya que sobredimensionar el compresor no es bueno porque el sistema funciona en modo de carga parcial y consume más energía del aire producido.

Nivel de presión: Se debe determinar el nivel de presión del sistema de aire comprimido e indicar la presión requerida para los distintos procesos, esto se debe a que se puede definir un nivel adecuado para niveles de presión altos.

El punto de rocío: Es a la temperatura en el que el aire se encuentra saturado de vapor de agua. Cuando la temperatura del aire es inferior a ese punto empieza la condensación del aire húmedo a una determinada presión. Cuando las temperaturas bajan a 0 °C se forma hielo. Cuanto menor es el punto de rocío, menor es la cantidad de agua que puede retener el aire. El punto de rocío está relacionado con la humedad relativa del aire, la temperatura y la presión, por lo que cuando mayor temperatura más vapor de agua hay, mientras que mayor presión menor humedad hay en el aire.

Humedad máxima del aire: Es la cantidad máxima de vapor de agua que existe en un metro cúbico de aire a una temperatura específica.

Humedad absoluta del aire: Es la humedad absoluta del aire resulta de la cantidad de vapor de agua que existe en un determinado volumen de aire, por lo que la se mediría a través de gramos por metro cúbico de vapor de agua.

Humedad relativa del aire: Es la relación entre el contenido real de vapor de agua y el contenido máximo posible de vapor de agua en el aire (estado de saturación).

2.2.6.3. Secado.

Para secar el aire se presentan 3 alternativas con distintos procesos como lo son:

Secado por enfriamiento: Enfría el aire a una temperatura de 3 °C, donde llega al punto de rocío, con lo que se formará un condensado y el agua del aire se reducirá y se va a drenar, el aire que se enfrió se recalentara a temperatura ambiente al salir del secador.

Secado por absorción: El secado por absorción resulta de un proceso químico a base de cloruro de sodio que atrae la humedad, se debe tratar con cuidado pues al ser un ácido puede corroer la superficie expuesta.

Secado por adsorción: A través de un gel las moléculas de vapor se enlazan por motivo de las fuerzas moleculares, el gel se consume, pero también es regenerable por lo que se necesita de dos depósitos para el proceso de secado y el de regeneración se realicen al mismo tiempo [4].

2.3. Compresor

El compresor es una máquina que tiene como finalidad entregarle energía a un fluido, en específico a un gas, el cual se encarga de ofrecerle mayor presión al gas, es del compresor donde sale el aire comprimido, que como fuente primaria surge usualmente de un motor eléctrico o un motor de combustión, de aquí el aire comprimido es transferido a un recipiente para poder ser distribuido a una red de distribución neumática [8].

El funcionamiento de un compresor se basa en que el tanque de almacenamiento adquiere gas a una presión P_1 , el cual luego se encarga de entregar el gas a una presión P_2 , la cual debe ser superior a la P_1 de admisión [9].

Una manera de comprender el funcionamiento de los compresores es como se encarga de admitir aire desde la atmosfera, para después poder distribuirlo a través de una red de tuberías, pero con una mayor presión de la que se encontraba en el exterior [10].

2.3.1. Clasificación de Compresores

Los compresores se los puede clasificar en compresores de émbolo, compresores rotativos y compresores centrífugos.

2.3.1. Compresores de émbolo

El compresor más común resulta ser el de émbolo, empleándose tanto como unidad móvil o fija. Se puede dividir en compresores de una etapa, de dos etapas o más etapas; en donde una etapa debe de constar de que la presión final requerida se la obtiene de un solo cilindro, en estos casos la presión final del aire resulta de entre 6 - 8 bares, si se expone a mayor presión el compresor se elevaría demasiado su temperatura.

Los compresores de dos etapas permiten hasta una presión de 50 bar, mientras que los de varias etapas, que suele ser entre tres y cuatro etapas, permiten hasta una presión máxima de 250 bar.

Los compresores de émbolo para empezar a generar aire a presión deben de ser activado por medio de un motor de combustión interna o un motor eléctrico.

2.3.2. *Compresores rotativos*

Los compresores rotativos suministran presiones menores que las de émbolo, pero sus presiones de servicio son mayores que las centrífugas, de manera similar tienen mayor caudal que los compresores de émbolo, pero menor que los centrífugos.

Los compresores rotativos los hay de paletas o de tornillos:

Compresores rotativos de paletas: Los compresores rotativos de paleta están constituidos por un rotor donde van colocadas las paletas, el cuerpo del rotor cambia el volumen durante la aspiración del aire, mientras disminuye de volumen aumenta su presión.

Compresores rotativos de tornillo: Los compresores rotativos de tornillo son dos rotores paralelos, uno macho y el otro hembra, de forma helicoidal se encargan de aspirar aire mientras giran los rotores y comprimen el aire en sus lóbulos de manera continua.

2.3.3. *Compresores centrífugos*

La compresión del aire sucede a través de del uso rápido de un rodete giratorio. La presión surge al presionar las partículas de aire en el rodete a alejarse del centro como producto de la acción centrífuga. El compresor centrífugo no genera mucha presión, pero si es capaz de manejar gran cantidad de volumen de aire [11].

2.4. Red de distribución neumática

Es el conjunto de tuberías por el cual va a circular aire a presión determinada, de manera similar en las tuberías va a circular el aire a un caudal y velocidad requerida según las necesidades o la capacidad máxima permitida.

El diseño de la red de distribución se debe dimensionar de tal manera que entre el punto de salida del compresor y el punto más lejano de consumo tenga una caída de presión de 0.1 bar, a la que también hay que añadirle las pérdidas finales [13].

2.4.1. Tipos de redes de distribución neumática

2.4.1.1. Red abierta

Es un conjunto de tuberías formado desde el origen de la red de distribución, que sería el compresor, y termina en el final que sería el punto de consumo, se la considera la red de distribución más económica por el hecho de que cuenta con menor longitud de tubería.

Inclinación en la red de distribución

En las redes de distribución abiertas se necesita que el conjunto de tuberías se encuentre con una inclinación de entre 1% y 2% para poder dirigir en el sentido del flujo el agua condensada que se encuentra en la parte superior de la tubería a una salida y de esa manera evitar futuros problemas con el agua condensada en los elementos de la red de distribución.

2.4.1.2. Red cerrada.

Es un conjunto de tuberías formado desde el origen de la red de distribución, y se cierra en su extremo, dándole forma a un anillo, es más efectiva en su distribución y menor pérdida de carga comparada con la red abierta, pero su contra resulta de la falta de dirección constante del flujo en algún punto llega a depender de la demanda del punto de consumo, lo que ocasiona que por el cambio de flujo llegue a inutilizarse.

Al ser una red cerrada no se le es fácil eliminar el agua condensada, por lo que es necesario implementar un sistema de secado de mayor calidad en la red de distribución, lo cual facilita a un mejor mantenimiento a este tipo de red de distribución [14].

2.4.2. Tendido de la red

La implementación del tendido de la red tiene similar importancia que el dimensionamiento de las tuberías, las tuberías requieren de mantenimiento, por lo que su instalación requiere que cuente con un lugar donde sea fácil acceso para el personal de mantenimiento.

Como se mencionó en el apartado 2.4.1.1. se debe tener en cuenta que las tuberías cuenten con un descenso de entre el 1 y 2% desde el nivel más alto de la línea, instalando al final de la línea una llave de purga general.

2.4.3. Válvulas

En la instalación de la red de distribución neumática va a ser necesario la implementación de válvulas para poder controlar el fluido del aire a presión por lo que se va a analizar el estudio de las válvulas de control direccional.

2.4.3.1. Válvulas de control direccional

Las válvulas de control direccional, también denominadas válvulas distribuidoras, son las encargadas de permitir el arranque, paro o sentido de circulación del aire comprimido. Este tipo de válvulas tienen la función de mantener o cambiar las conexiones entre los ductos conectados según las órdenes recibidas. Las válvulas de control se las puede encontrar en diferentes tipos como lo son: distribuidores de potencia o principales, distribuidores fin de carrera, distribuidores auxiliares.

Distribuidora de potencia o principal: La distribuidora de potencia o principal esta encargada de suministrar aire directamente a los actuadores neumáticos y de manera similar se encarga de su escape.

Distribuidora fin de carrera: Permiten abrir o cerrar el paso al aire donde su función no solo se basa en dirigirse directamente hacia el actuador, sino hacia el accionamiento de otros mecanismos de control. En este apartado se puede conocer las válvulas que se puede usar en la red de distribución que se está diseñando, como las válvulas aguja o la de bola.

Distribuidor auxiliar: Los distribuidores auxiliares se utilizan en circuitos que combinan los distribuidores de fin de carrera y los distribuidores de potencia para dirigir de forma correcta las señales de presión de aire [11].

2.4.4. Distribución del aire comprimido

2.4.4.1. Tubería principal

La tubería principal es la que está unida desde el depósito de almacenamiento del aire comprimido y se encarga de dirigir el aire que consume la planta. Es la tubería que debe contar con la menor cantidad de pérdida posible de presión y posible ampliación de la red con su respectivo aumento de caudal. ***Tubería de distribución***

La tubería de distribución se encarga de compartir aire a presión en una red donde se encuentra diferentes tuberías de servicio, en este tipo de tubería se encuentra las redes cerradas (o también denominadas anillo) y las redes abiertas.

2.4.4.3. Tubería de servicio

La tubería de servicio es la encargada de distribuir el aire a presión hasta el punto o los diferentes puntos de consumo con el objetivo de que llegue el fluido con los requerimientos necesarios.

2.4.4.4. Transporte del aire comprimido

El transporte del aire comprimido es el mayor de los problemas en las redes de distribución neumática, debido al rozamiento existente entre el fluido y las paredes de la tubería, lo que genera pérdidas de presión del fluido, otros factores que afecta la pérdida de carga suelen ser: trayectorias no lineales de las tuberías, malas conexiones y empalmes de las tuberías, tuberías muy largas o superficies de las tuberías demasiado rugosas.

2.4.4.5. Materiales para el transporte del aire comprimido

Se presentarán materiales que generalmente se los utiliza en las redes de distribución presentando su pro y contras, y dependiendo a las industrias en donde se las implementa según sus características.

Acero al carbono: El acero al carbono fue el primer material para uso de redes de distribución por su alta resistencia y fácil de conseguir, pero por altos costo de mantenimiento debido a la corrosión por motivo de la condensación.

Acero galvanizado: Similar al acero al carbono, con la diferencia que el recubrimiento del zinc permitía la duración de un par de años más, pero al final se obtenía el mismo resultado.

Acero inoxidable: El acero inoxidable termina con los problemas de los materiales anteriores, pero con la diferencia de costos muchos más elevados, y con mano de obra calificada para poder realizar la instalación de la red de distribución, la cual debería de ser soldada.

Polímero: El polímero es de los materiales más económicos, pero también cuenta con un mayor porcentaje de peligro, por el hecho de que en un periodo de más o menos 2 años el polímero empieza a generar revientes, lo que presenta un riesgo tanto para el proceso como para las personas.

Aluminio: En la última década las industrias les han dedicado mayor empleo a las tuberías de aluminio por el hecho de su resistencia parecida al acero, no corroerse con el agua como el acero inoxidable y tener una rugosidad muy baja, además de ser un material muy liviano, lo que lo convierte en un material ideal para la instalación de una red de distribución neumática [15].

2.5. Cálculo de tuberías

Al transportar un fluido sobre la tubería se presentan pérdidas de presión, lo que se transforma en consumo de energía y se lo puede expresar como aumento de coste de producción.

El motivo que se presenten pérdidas en la tubería es por el rozamiento que existe entre el fluido, que en este caso es el aire a presión, y la superficie de la tubería, además de añadir la oposición de las variaciones de dirección en los conductos y los accesorios individuales que se presentan en la red de distribución.

Por consideración de las pérdidas en las tuberías, las instalaciones neumáticas se las debe considerar en las instalaciones siempre previniendo una futura ampliación, el sobredimensionamiento no presente problemas para la red de distribución, sino como

beneficios se obtendría menor pérdida de presión y se contaría a la tubería como un depósito de almacenamiento.

2.5.1. Caudal de consumo

Para determinar correctamente las dimensiones de la red neumática, se debe tener en cuenta que el compresor debe ser alimentado con suficiente aire para su consumo periódico. Es normal que estos dispositivos tengan tiempo muerto porque, el operador debe detener el consumo de aire de la unidad neumática para insertar la pieza en la máquina, cambiar la herramienta, entre otras actividades necesarias y durante estas interrupciones los compresores de menor capacidad tendrán tiempo de presurizar el tanque de almacenamiento o red de aire comprimido.

Durante el tiempo que la máquina se encuentra operando podemos encontrar factores como lo son el coeficiente de uso o coeficiente de simultaneidad que está relacionado con la presión de la red neumática [16].

2.5.1.1. Coeficiente de simultaneidad

Cuando diferentes herramientas están funcionando al mismo tiempo, o en general todo el sistema que compone la industria, el coeficiente de utilización de cada herramienta entregara el coeficiente de simultaneidad [17].

El coeficiente de simultaneidad es del número de herramientas o equipos neumáticos que se están utilizando en cada momento que consumen aire. Resulta imposible que todas las herramientas y equipos neumáticos se encuentren trabajando al mismo tiempo por el hecho de que existe un desfase entre sus periodos de trabajo como se presenta en la Tabla 1 [18].

Tabla 1.
Coeficiente de simultaneidad

N° dispositivos neumáticos de consumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Coeficiente de simultaneidad	1	0.94	0.89	0.86	0.83	0.8	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69	0.68
---------------------------------	---	------	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------

FUENTE: NEUMÁTICA E HIDRÁULICA [18].

2.5.1.2. *Coefficiente de utilización*

Es la capacidad necesaria del compresor para alimentar las diferentes herramientas, equipos o un grupo de accionamientos neumáticos, también está involucrado el consumo de la herramienta y el tiempo que el componente neumático está parado por el trabajo.

Los valores de las herramientas se la estima en la Tabla 2:

Tabla 2.
Coefficiente de utilización

Herramientas	Atornillador	Amoladora	Remachadora	Taladro	Lijadora	Roscadora	Pistola de limpieza	Máquina de soldar
%	25	40	50	25	50	30	10	70

FUENTE: AIRE COMPRIMIDO [17] .

Para conseguir la capacidad del compresor se necesita sumar los consumos de todas las herramientas que se desean emplear y hacer la reducción del tanto por ciento conveniente [17]. *Consumo específico.*

El consumo específico hace referencia al consumo de aire requerido para servicio continuo a la presión de trabajo de una herramienta. Las unidades que utiliza son litros por minuto $\left(\frac{N \cdot m^3}{min}\right)$.

La Tabla 3 representa el consumo específico de diferentes herramientas de trabajo a una presión de 6 bar.

Tabla 3.

Consumo de aire de herramientas neumáticas

Equipo	Remachadora	Taladro	Atornillador	Llave de impacto
Consumo en $\frac{L}{min}$	142	80	142	139

FUENTE: CATÁLOGO DE HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS [18].

2.5.1.4. Capacidad de los compresores.

Para conocer la capacidad del compresor se necesita saber el dato de consumo medio del conjunto de utilización de aire de la planta.

La capacidad del compresor se puede descubrir estableciendo los siguientes parámetros:

1. Determinar la aplicación de la planta y el tipo y cantidad de herramientas a utilizar.
2. Establecer la lista de herramienta, modelo, número y consumo específico.
3. Conocer el consumo general promedio del aire de todas las unidades neumáticas
4. Definir el coeficiente de utilización individual o coeficiente de simultaneidad de la planta.
5. Realizar el cálculo del consumo total promedio de aire libre por el coeficiente de simultaneidad global de la planta.
6. Se añade en un 5% a 10% de consumo de aire sobre el calculado para integrar la pérdida de aire en el sistema.
7. Se añade un porcentaje de consumo de aire por una posible ampliación a futuro.
8. La suma de todos los valores mencionados será el consumo de aire total que pertenece al estudio planificado [17].

De tal manera que si se sabe la cantidad de herramientas neumáticas y los factores de uso y simultaneidad se puede dimensionar la red neumática [16].

La ecuación 1 presenta el consumo del caudal de la red neumática donde involucra el factor de uso, simultaneidad y la cantidad de herramientas.

$$Q = \sum_{i=1}^n \left(N^{\circ} \text{ ud} * \frac{1}{s} \text{ ud.} \right) * \frac{\text{factor de uso}}{100} * \text{factor simultaneidad}$$

(Ecuación 1: Consumo del caudal de la red neumática)

El caudal anterior se ajusta con la siguiente fórmula para tener en cuenta cualquier ampliación de la instalación y posibles fugas:

$$Q_{\text{corregido}} = \left\{ Q + \left[\left(Q * \frac{\% \text{reserva}}{100} \right) + \left(Q * \left(\frac{\% \text{reserva}}{100} \right) * \left(\frac{\% \text{fugas}}{100} \right) \right) \right] \right\} * 2$$

(Ecuación 2: Caudal corregido)

El factor 2 tiene como finalidad compensar los picos de consumo, por lo que se sabe que el consumo medio de aire ronda entre 20 a 60%. Se estima un 30% de reserva y si se realiza un constante y buen mantenimiento tendrá un 10% de fugas [16].

El caudal total corregido se deriva de los datos recopilados de los caudales de consumo de cada máquina y la determinación de diferentes factores y tolerancias de fuga y escalado. Estos valores son adecuados para el cálculo del caudal mediante la Ecuación 2, utilizado para calcular el caudal.

2.5.2. *Diámetro de tubería principal*

El diámetro de la tubería tiene mucha importancia en una red neumática por motivo de que según la longitud de la tubería, diámetro y presión puede variar el funcionamiento de la red, desde no llegar con la presión requerida o presentar exceso de presión a su punto de servicio. La ecuación que se aplica para determinar el diámetro interior de una tubería que relaciona la presión, la longitud de la tubería y el caudal del sistema neumático [16]:

$$D = \sqrt[5]{(1,6 \cdot 10^3) * Q^{1,85} * \frac{L_{\text{Total}}}{\Delta P * P_{\text{trabajo}}}}$$

(Ecuación 3: Diámetro interior)

Para usar esta ecuación se debe tener en cuenta la presión del sistema, eso implica la recopilación de datos de todas las máquinas que requieren aire comprimido. Sin embargo, debido a que requiere presión en un sistema absoluto, se recomienda usar la Ecuación 2.

La presión relativa es la que se requiere el sistema de la red de distribución, y la presión atmosférica depende de la localización geográfica en la que se encuentre el compresor, lo que quiere decir a la altura sobre el nivel del mar (msnm) que se encuentra el compresor.

2.5.3. Diámetro de la tubería de servicio

Para realizara el análisis del diámetro interior de la tubería de servicio, se debe conocer el caudal que consume cada máquina, y para su estudio se recomienda utilizar la tubería que requiera mayor consumo para su respectivo análisis, en caso de que una misma tubería este siendo utilizada por dos o más herramientas se sugiere usar esa tubería, sumar el caudal de todas las herramientas que están siendo operativas en esa rama de la red para llevar a cabo el cálculo y determinar el diámetro requerido de la tubería de servicio.

2.5.4. Longitud de la tubería

Para obtener la longitud de las tuberías es necesario obtener un croquis de distribución de aire en el taller industrial y distinguir los componentes de la red: líneas principales, líneas de servicio y accesorios. Pues se empezará calculando el diámetro mayor (la línea principal) y las líneas de servicio. Para hacer esto, necesita saber la trayectoria y la longitud (distancia recorrida) de la línea en cuestión [16].

$$L_{\text{Total}} = L_L + \Sigma L_{\text{equivalente}}$$

(Ecuación 4: Longitud total de la tubería)

$$L_{\text{equivalente}} = \frac{K * D}{f}$$

(Ecuación 5: Longitud equivalente de la tubería)

2.5.4.1. Número de Reynolds

Para determinar el coeficiente de fricción de la tubería se hace uso del diagrama de Moody y el número de Reynolds, y para el número de Reynolds se lo puede determinar a través de valores de la velocidad, densidad y viscosidad dinámica del aire además del diámetro de la tubería, son valores que se aplican como se muestra en la Ecuación 6.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

(Ecuación 6: Numero de Reynolds)

2.5.4.2. Densidad del aire

Para obtener el número de Reynolds uno de los factores a tener en cuenta es la densidad del fluido, que en este caso es el aire, y para determinar la densidad del aire se usa la Ecuación 7.

$$\rho_n = \frac{P}{T * R}$$

(Ecuación 7: Densidad del aire)

Donde se muestra que necesita los valores de la presión, temperatura y la constante de los gases ideales para encontrar la densidad a través de la ecuación de los gases ideales, pero para poder usar la ecuación 7 el aire debe de ser considerado como un gas ideal y se lo puede deducir a través de la relación del punto crítico donde determina que si la temperatura de trabajo es mayor que la temperatura crítica y la presión de trabajo es menor que la presión crítica se lo puede considerar como un gas ideal.

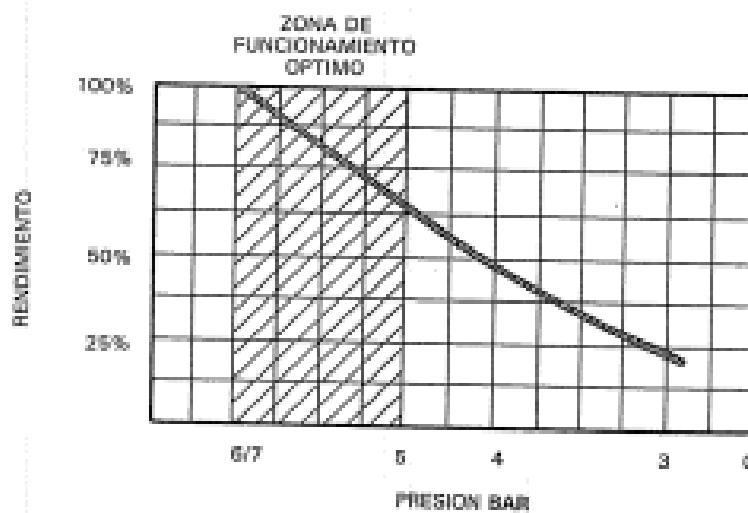
$$T_0 > T_{\text{critica}}$$

$$P_0 < P_{\text{critica}}$$

(Ecuación 8: Punto crítico)

Figura 3.

Rendimiento efectivo de una red de distribución



Se debe de mantener siempre en las instalaciones neumáticas, tendrá sus respectivas excepciones aquellos casos donde el fabricante demuestre sus condiciones de trabajo especificadas. La necesidad de montar las tuberías de forma correcta, bien calibradas, y todo normalizado garantiza un trabajo muy eficiente lo que evita tener pérdidas económicas, y para entender esto queda resaltar que la energía neumática que se gasta se materializa en el trabajo de la herramienta.

2.5.5. Pérdida de carga causada por los accesorios en la red de distribución.

Las pérdidas de aire por fugas resultan algo inevitables, por lo que sí se puede hacer es tratar de reducir lo máximo posible las pérdidas, de manera que la instalación de las tuberías cuente con la menor cantidad de fugas posibles, como pauta se tiene un margen de entre 10% y 15% de las pérdidas de aire en consideración de la capacidad del compresor [17].

Las pérdidas adicionales se los determina asumiendo los elementos que componen la red de distribución como una longitud equivalente a la longitud total real de la tubería. Los elementos para considerar las pérdidas son los codos, tes o válvulas, las cuales tienen diferente coeficiente de pérdida distinta entre sí mismo, por lo que es esencial calcularlo para obtener un valor aproximado[18]:

2.6. Velocidad del aire en las tuberías

La velocidad del aire en las tuberías varía según la aplicación del aire a presión y la longitud de la tubería en total como se muestra en la Tabla 4 [19].

Tabla 4.
Velocidad del aire neumático

Características de las tuberías neumáticas.	Velocidad del aire neumático $\left(\frac{m}{s}\right)$
Tuberías principales y secundarias.	De 2.3 a 10
Tuberías de alimentación a máquinas.	Hasta 25
Mangueras de toma de aire para útiles neumáticos.	De 15 a 29
Mangueras largas utilizadas en obras y astilleros.	De 5 a 6

FUENTE: TECNOLOGÍA Y CIRCUITOS DE APLICACIÓN DE NEUMÁTICA, HIDRÁULICA Y ELECTRICIDAD [19].

2.7. Unidad de mantenimiento

Es una unidad de tratamiento del aire comprimido, son esenciales para el correcto funcionamiento de cualquier sistema neumático, es característica de un sistema neumático, todo sistema neumático debe tener una unidad de mantenimiento al principio de una instalación. Incluso con tratamiento de aire comprimido en la línea o salida del compresor, se debe instalar una en cada máquina, ya que extenderá la vida útil de cada componente del sistema neumático porque tiene la capacidad de filtrar los desechos en el aire entrante. Cualquier residuo de la tubería, como partículas de óxido, contaminantes del aire, exceso de aire de la misma tubería, condensación, entre otros.

El filtro atraparé todos estos posibles contaminantes y luego a través del regulador se tendrá una presión constante para que la unidad funcione correctamente, estabilizando la presión en el valor requerido, ahorra consumo de aire, trabajando con suficiente presión,

se ahorra mucha energía, lo que significa un bajo consumo económico de energía de la unidad, y finalmente el lubricador hará funcionar cada parte de la cadena neumática, la única forma en que la lubricación llega a cada parte del sistema es a través del lubricador, lo que usualmente ocasiona que el aire se contamine, muchas unidades son mecánicas por lo que es necesaria la lubricación [20].

2.7.1. Filtro

La función del filtro es eliminar todas las impurezas y condensados del aire comprimido en circulación. La condensación del aire, las impurezas ambientales y el manejo inadecuado del aceite lubricante pueden corroer las piezas móviles y las conexiones de los componentes neumáticos; estas sustancias pueden filtrarse a través del sistema y contaminar el medio ambiente. Si no se utilizan filtros en el sistema neumático, existe una alta posibilidad de que el producto de un proceso en particular quede inutilizable debido a la contaminación. Los filtros hay que cambiarlos cada cierto tiempo porque, aunque sigan filtrando, aunque estén sucios, hay que tener en cuenta que el polvo ofrece más resistencia al flujo de aire y por tanto menor presión [20].

2.7.2. Clasificación de filtros según su grado de filtración.

Filtro de capa simple: Son de tejido compuesta de metal y material sintético con poros, retienen tamaños mayores a 40 μm a 5 μm , según su filtración.

Microfiltro: Retienen partículas de medidas superiores a 1 μm .

Submicrónico: Retienen partículas de tamaños superiores a 0,01 μm a 5 μm .

Filtros ciclónicos: Pasan realizando un movimiento rotatorio.

Filtro de carbón activo: Contienen un filtrante de carbón activo poroso y retienen partículas finas desde de un 0,003 μm , retienen sustancias aromatizantes u odoríferas.

2.7.3. Regulador

Cuando el aire está seco y limpio, comienza el proceso de operación del regulador en la unidad de servicio y se debe ajustar el nivel de presión del aire que sale del compresor. Esta configuración afecta la cantidad de fuerza en el sistema, una presión más alta permite que el actuador aplique más fuerza, mientras que una presión más baja produce menos fuerza. El regulador hace esto mediante el uso de un dispositivo accionado por resorte, la

perilla del regulador ajusta la fuerza del resorte de control para lograr el punto de ajuste de presión deseado, cada vez que el nivel de presión cae por debajo del punto de ajuste deseado, la válvula se restablece internamente a una presión más alta. abre el camino del flujo descendente y este continúa hasta que la presión en el sistema alcanza la presión establecida por el regulador. En este punto, la válvula interna se cierra hasta que se produce un nuevo flujo de demanda, y el regulador suele estar equipado con un manómetro para que el usuario pueda controlar la presión del sistema. El trabajo del regulador de presión es mantener el aire utilizado en el circuito neumático a una presión constante independientemente de los cambios de presión que se produzcan.

2.7.4. Lubricador

En aplicaciones especiales como motores o herramientas neumáticos, se pueden agregar lubricantes para dispersar una fina neblina de lubricante en el aire comprimido para ayudar a lubricar los componentes seguidos por el flujo de aire. Finalmente, todos los componentes neumáticos serán lubricados, previniendo el desgaste prematuro de las partes móviles, reduciendo la fricción y protegiendo los componentes neumáticos de la corrosión. Al usar este aceite, reducimos el desgaste potencial, reducimos la fricción o el daño por fricción y brindamos protección contra el desgaste potencial. La gota formada en la cámara de goteo cae por un tubo delgado donde la velocidad del aire la rompe y la convierte en una fina neblina de aceite que se suspende en el aire.

2.8. Recomendaciones de diseño de una red neumática

Para el diseño de una red neumático se debe considerar las siguientes recomendaciones para su diseño e instalación:

- En el diseño del predio debe contar con instalaciones visibles y accesibles.
- El cableado eléctrico debe tener protección y respetar las distancias mínimas para evitar obstáculos al omento de realizar el mantenimiento.
- El material utilizado para las instalaciones eléctricas debe soportar las cargas eléctricas, evaluar la resistencia a diferentes tipos de fallas comunes.
- Antes de hacer futuras ampliaciones, nos debemos asegurar que las tuberías que ya están instaladas puedan sostener la demanda de caudal actual.

- De acuerdo con el cálculo de cargas, es decir si se piensa ampliar debe evaluarse en el plano de instalaciones si se consideró la reserva, de no respetar la sobre carga puede traer consecuencias irreparables.
- Se recomienda inclinación de dos por ciento.
- La ubicación de las llaves para prevenir fugas, tanto como la válvula
- La unión de tuberías de servicio se debe hacer a partir de la sección con mayor altura de la tubería secundaria y así prevenir la caída de agua por gravedad hacia los componentes neumáticos y su posterior daño o avería.

2.9. Plan de mantenimiento

El mantenimiento resulta de una serie de actividades a realizar por personas especializadas a su respectiva área, con el objetivo de que las máquinas, equipos, componentes e instalaciones que involucren un proceso industrial se encuentren en estado óptimo para que su rendimiento este acorde con lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en marcha [21].

Para el correcto funcionamiento de la red de distribución neumática se debe considerar el compresor en buen estado, que no presente fallas y el aire a presión no se encuentre contaminado y las tuberías no deben presentar fugas que significaría pérdida de presión y por lo tanto las herramientas neumáticas no tuvieran su óptimo rendimiento permisible, lo que sería un grave problema para toda la instalación.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente proyecto investigativo se realiza en la ciudad de Mocache, provincia de Los Ríos, ubicado en el centro de la región litoral del Ecuador, a una altura de 74 m.s.n.m. Tiene frontera al norte con el cantón de Quevedo, al este con el cantón de Ventanas, al oeste con la provincia del Guayas y al sur con el cantón de Vinces.

Figura 4.

Localización UTEQ Campus "La María"



FUENTE: GOOGLE MAPS [22].

3.1.1. Descripción del lugar

Mocache es una tierra de rica vegetación, compuesta por una gran variedad de ríos y pequeños esteros, lleno de hermosos paisajes llenos de vida por su gran y bella naturales que lo adornan, acompañando el río Quevedo su hermoso panorama con un gran atractivo turístico [15].

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica se basa en la recopilación de información a través de diferentes medios aprobado por las entes académicas y demás organizaciones como lo son las universidades o asociaciones especialistas en cierto área de estudio, esta información se la puede encontrar a través de libros, informes, artículos científicos, proyectos de investigación, informes y tesis relacionada al área de neumática y red de distribución, con lo que se busca poder respaldar la información de la investigación planteada.

3.2.2. Investigación experimental

El proyecto de investigación está planteado para poder realizar diferentes practicas con el fin de llegar al punto óptimo de la instalación, por lo que se es necesario la experimentación para poder obtener un nivel aceptable del rendimiento de la red neumática y poder realizar los posibles ajustes de ser necesario.

3.3. Métodos de investigación.

Los métodos de investigación son técnicas que se utilizan para la recolección de información, existen diversas formas de obtener la información por lo que se presentará los métodos a aplicar en el desarrollo del proyecto de investigación.

3.3.1. Método deductivo

El método deductivo implica acceso a la información bibliográfica a través de diversas fuentes con el fin de desarrollar aplicaciones específicas para obtener ideas claras a partir de conocimientos generales, se parte de conocimientos generales para llegar a partes más específicas de la investigación como lo puede ser el aire a presión hasta llegar a conocer su aplicación.

3.3.2. Método inductivo

Identificando casos particulares del proyecto de investigación sobre una red de distribución y sus diferentes casos se pueda llegar al punto de conocimiento de forma general sobre la neumática y su aplicación, cumpliendo características y estándares determinados.

3.3.3. Método experimental

El método experimental implementamos la información obtenida de la teoría para aplicarla de forma analítica y practica en el proyecto de investigación para analizar los diferentes resultados que podemos obtener.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Se trabajo con fuentes primarias y secundarias, donde la fuente primaria se obtenía directamente del observador, es decir está en contacto directo el observador con el objeto de estudio que es la red neumática. Mientras que las fuentes secundarias están enfocadas en resultados que se obtuvieron con anterioridad a través de otras personas y se encuentra documentada en libros, informes, documentos, estadísticas o datos ya publicados relacionados con el área de neumática.

3.5. Diseño de la investigación.

La investigación está planteada para realizar la implementación de una red de distribución neumática, para facilitar las actividades académicas en el Laboratorio Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería donde está relacionado el área de diseño hasta la implementación y su respectivo mantenimiento.

3.6. Instrumentos de investigación.

El mecanismo utilizado para la recolección de datos e información para la implementación de una red de distribución implica desde revisión bibliográfica hasta la necesidad de recolección de datos a través de la experimentación con el fin de realizar estudio de análisis más confiable, al igual que profesionales en el área de estudio se vieron

implicados para la ayuda como guía y afinamiento de variables para poder corroborar los datos recolectados y resultados obtenidos de los diferentes tipos de experimentos realizados, además de la ayuda de softwares para generar el diseño de la red de distribución también el análisis de documentos para sostener la investigación y poder argumentar el desarrollo de manera formal, crítica y con información veraz y confiable.

3.7. Tratamiento de datos.

Para el tratamiento de datos se trabajó con diferentes softwares como ayuda como lo son:

- Word
- Excel
- Mathcad

3.8. Recursos Humanos y materiales.

Como recursos humanos en el desarrollo del proyecto de investigación se vieron implicados profesionales en el área de neumática y en el área de desarrollo de proyectos como guías.

En recursos materiales que intervinieron en la investigación tenemos lo que son:

- Laptop.
- Calculadora.
- Cuaderno de apuntes.
- Libros, tesis, informes, videos, catálogos, entre otros.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presión de funcionamiento de la red.

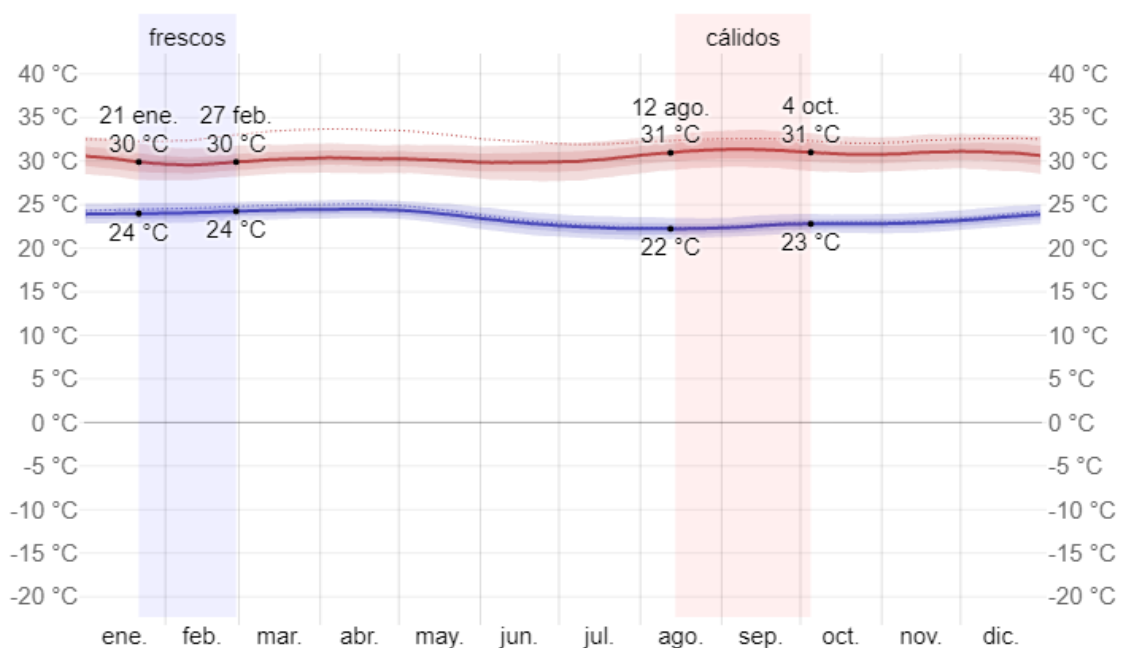
En la neumática lo teórico menciona que se puede accionar cualquier elemento neumático con una presión de entre 6 y 7 bar que es el rendimiento efectivo en una red de distribución neumática, al igual que la mayoría de los equipos que funcionan con aire comprimido trabajan a una presión de 6 bar o su equivalente de 90 psi aproximadamente [16].

Los diferentes tipos de reguladores que conforman la red de distribución deberán trabajar por lo mínimo con un excedente de 1 bar de presión para realizar su trabajo sin inconvenientes, y para que la red sea eficiente se necesita de 7 bar de presión para compensar las pérdidas de presión que podrían existir por los componentes de la red.

4.2. Temperatura en la localidad.

Quevedo se encuentra en la región costa de Ecuador, la Tabla 5 presentan las temperaturas a lo largo de un año de la ciudad donde se encuentra en un rango entre 21 y 34 °C. Para determinar demás valores se va a realizar el trabajo en función de una temperatura promedio de 28 °C.

Tabla 5.
Temperatura Ciudad de Quevedo



FUENTE: WEATHER SPARK [23].

4.3. Características del compresor

Se presentan 2 modelos de compresores, de la misma línea y marca, pero de diferentes épocas, el que se encuentra en el laboratorio es un compresor de aire Campbell Hausfeld - Modelo VT558705AJ, y uno moderno, pero con características similares es el compresor de aire Campbell Hausfeld - Modelo CE4104, el cual puede ser adquirido en el futuro y cumplirá con las características de la red neumática.

En las Tabla 6 y 7 las características y la capacidad de cada compresor.

4.3.1. *Compresor de aire Campbell Hausfeld - Modelo VT558705AJ*

El taller industrial del campus “La María” cuenta con un compresor antiguo, aun funcional, Campbell Hausfeld - Modelo VT558705AJ el cual tiene las siguientes características:

Tabla 6.

Características del compresor Modelo VT558705AJ

Característica	Capacidad
Motor eléctrico	5 hp monofásico 230/1/60c
Caudal	<ul style="list-style-type: none">• CFM @ 90 PSI: 9• CFM @ 40 PSI: 11,4
Requerimientos eléctricos	230 voltios y 15 amperios
Presión máxima	125 PSI
Volumen	60 galones

FUENTE: CONAUTO [25]

4.3.2. *Compresor de aire Campbell Hausfeld - Modelo CE4104*

Una posible futura repotenciación de la red de distribución neumática podría contar con un compresor de mayor capacidad que cuenta con las siguientes características [12]:

Tabla 7.*Características del compresor Modelo CE4104*

Característica	Capacidad
Motor eléctrico	5 hp monofásico 230/1/60c
Caudal	<ul style="list-style-type: none">• CFM @ 90 PSI: 17.3• CFM @ 140 PSI: 14.2
Presión máxima	140 PSI
Tanque de aire	Vertical de 80 galones
Salida de aire	$\frac{3}{4}$ in

FUENTE: COMPRESOR DE AIRE DE ETAPA ÚNICA [26]

4.4. Selección del trazado de la red de aire comprimido.

Para el trazado de la red de distribución neumática a implementar en el taller industrial se seleccionó la red abierta, que consiste en que la red comienza en el compresor y terminar en el punto de consumo más lejano, donde se va a dividir en diferentes tramos y va a contar con puntos de consumo en sitios específicos según se los requiera. El anexo 4 muestra el plano de la instalación de la red neumática implementada en el taller mecánico de la UTEQ, permitiendo identificar las medidas y demás componentes que lo componen.

Se seleccionó el diseño de una red abierta por motivo de que no se requiere que la red cubra el área del taller, sino lugares en específico como el área de soldadura, motores eléctricos, motores de combustión y el área de mecánica general.

Generar una red de distribución neumática óptima permite menor gasto de recursos, tanto de lo que es el consumo energético, las pérdidas ocasionadas por la longitud de la tubería, además de la compra de materiales que no sería necesario.

4.5. Coeficientes en una red de distribución neumática

Son factores que influyen en la distribución del aire a presión en la tubería, como lo es la simultaneidad de varios equipos siendo utilizados al mismo tiempo o la capacidad de utilización del compresor.

4.5.1. Coeficiente de simultaneidad

Es un coeficiente que se asigna en función del número de herramientas o equipos neumáticos que se están utilizando durante el funcionamiento y consumo de aire. En el proyecto se ha considerado 8 herramientas que pueden acoplarse en la red, mediante la Tabla 1, se identifica el valor del coeficiente que corresponde a 0.75.

4.5.2. Coeficiente de utilización

Este coeficiente se asigna en relación con la capacidad del compresor para alimentar las diferentes herramientas, máquinas o un grupo de accionamientos neumáticos. La Tabla 2 se muestran los valores de las herramientas a utilizar que son el atornillador con 0.25, la remachadora con 0.5 y el taladro con 0.25.

4.6. Cálculo de caudal requerido

Para calcular el diámetro necesario de la tubería de la red de distribución se considerarán las herramientas mencionadas en el apartado 4.5.2., las cuales son remachadora, taladro, atornillador y llave de impacto de la marca ALLIANCE, por lo cual se describe el procedimiento de cálculo ajustados al requerimiento de la demanda de aire del sistema.

4.6.1. Caudal requerido por las herramientas neumáticas

El cálculo del caudal se cuantifica según el requerimiento de aire comprimido en el sistema, así como la cantidad de herramientas neumáticas y factores de consumo considerados, mediante la Ecuación 1, se identifica el caudal requerido en una red neumática

La Tabla 8 describe las herramientas a utilizar en la red neumática y su respectivo caudal y diferentes coeficientes.

Tabla 8.
Herramientas neumáticas.

Herramienta neumática	Caudal de la herramienta $\frac{1}{s}$	Factor de uso	Factor de simultaneidad
Remachadora	2.36	0.5	0.75
Taladro	1.3	0.25	0.75
Atornillador	2.36	0.25	0.75
Llave de impacto	2.31	0.3	0.75

En la red neumática las herramientas a utilizar son dos remachadoras, dos atornilladores, dos taladros y dos llaves de impacto, donde se aplica la Ecuación 1 para determinar el caudal del sistema.

$$Q = \sum_{i=1}^n \left(N^{\circ} \text{ ud} * \frac{1}{s} \text{ ud} \right) \left(\frac{\text{factor de uso}}{100} \right) (\text{factor simultaneidad})$$

$$Q = (2)(2.36 \left(\frac{1}{s} \right))(0.5)(0.75) + (2)(2.36 \left(\frac{1}{s} \right))(0.25)(0.75) \\ + (2)(1.3 \left(\frac{1}{s} \right))(0.25)(0.75) + (2)(2.31 \left(\frac{1}{s} \right))(0.3)(0.75)$$

$$Q = 4.18 \frac{1}{s}$$

4.6.2. Caudal corregido

Determinado el caudal requerido, se procede a ajustar con la Ecuación 2 para tener en cuenta cualquier ampliación de la instalación y posibles fugas, se estima un 30% de reserva y si se realiza un constante y buen mantenimiento se espera un 10% de fugas:

$$Q_{\text{corregido}} = \left\{ Q + \left[\left(Q \left(\frac{\% \text{reserva}}{100} \right) \right) + \left(Q \left(\frac{\% \text{reserva}}{100} \right) \left(\frac{\% \text{fugas}}{100} \right) \right) \right] \right\} 2$$

$$Q_{\text{corregido}} = \left\{ 4.18 \frac{1}{s} + \left[\left(\left(4.18 \frac{1}{s} \right) (0.3) \right) + \left(\left(4.18 \frac{1}{s} \right) (0.3) (0.1) \right) \right] \right\} 2$$

$$Q_{\text{corregido}} = 11.11 \frac{1}{s}$$

4.6.3. Diámetro interior de la tubería principal

El cálculo del diámetro interior de la tubería principal emplea la Ecuación 3, para que se determine el diámetro de la tubería se relaciona el caudal y la presión que requiere la red neumática para su funcionamiento.

La red neumática cuenta con 4 puntos de servicio, donde cada punto se puede utilizar 2 herramientas neumáticas. En el Anexo 11 el plano muestra que la red se divide en dos tramos, un tramo donde se dirige solo al área de motores eléctricos y el otro tramo se dirige al área de mecánica general, soldadura y motores de combustión, por lo cual para cada tramo va a tener una longitud y caudal diferente.

$$Q_{\text{corregido}} = 11.11 \frac{1}{s}$$

El caudal corregido se lo divide entre 8 por que son la cantidad de herramientas que se utilizará. En el tramo de la salida del compresor hasta el inicio de la tubería de distribución existe una longitud de 3.02 m.

$$Q_h = \frac{Q_{\text{corregido}}}{8}$$

$$Q_h = \frac{11.11 \frac{1}{s}}{8}$$

$$Q_h = 1.38 \frac{1}{s} = 0.00138 \frac{m^3}{s}$$

$$D = \sqrt[5]{(1.6 \cdot 10^3)(Q^{1.85}) \left(\frac{L_{\text{Total}}}{\Delta P_* P_{\text{trabajo}}} \right)}$$

$$D = \sqrt[5]{(1,6 \cdot 10^3) \left(0,01104 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,85} \left(\frac{3,02 \text{ m}}{14000 \text{ Pa} * 600000 \text{ Pa}}\right)}$$

$$D = 0,01066 \text{ m} = 0,41 \text{ in}$$

4.6.4. *Diámetro interior de la tubería de distribución*

Cada tramo de la red neumática cuenta con longitud y puntos de consumo diferente, por lo que el diámetro de la tubería del tramo de los motores eléctricos tiene dos herramientas de consumo y una longitud de 15.49 m.

$$D = \sqrt[5]{(1,6 \cdot 10^3) \left(0,00276 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,85} \left(\frac{15,46 \text{ m}}{14000 \text{ Pa} * 600000 \text{ Pa}}\right)}$$

$$D = 0,00885 \text{ m} = 0,35 \text{ in}$$

Para el tramo de mecánica general, soldadura y motores de combustión existen 6 puntos de consumo y la longitud es de 22.83 m.

$$D = \sqrt[5]{(1,6 \cdot 10^3) \left(0,00828 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,85} \left(\frac{22,83 \text{ m}}{14000 \text{ Pa} * 600000 \text{ Pa}}\right)}$$

$$D = 0,01436 \text{ m} = 0,56 \text{ in}$$

4.6.5. *Diámetro interior de la tubería de servicio*

La longitud de tubería de servicio es de 2.60 m y cada una cuenta con dos puntos de servicio.

$$D = \sqrt[5]{(1,6 \cdot 10^3) \left(0,00276 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,85} \left(\frac{2,6 \text{ m}}{14000 \text{ Pa} * 600000 \text{ Pa}}\right)}$$

$$D = 0,00619 \text{ m} = 0,24 \text{ in}$$

4.7. Longitud total de la tubería

Para el cálculo de la longitud de la tubería se ha requerido de la distribución de aire a presión, donde para su respectivo estudio se toma a consideración la longitud de la tubería y los accesorios que se encuentran en ella como lo son los racores, codos o tes, con el fin de obtener la longitud total real que contara toda la red de tubería.

4.7.1. Número de Reynolds

Con el número de Reynolds se puede determinar si un fluido tiene un flujo turbulento o laminar, para poder conocer el coeficiente de fricción en el diagrama de Moody. Para determinar la longitud total se calcula el número de Reynolds con la Ecuación 6, el aire va a estar trabajando a una presión de 6.5 bar que equivalen a 650 kPa, y con una temperatura promedio de 26.5 °C (299.65 K), y la constante de los gases que es $287 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{K}}$ se calcula la densidad del aire con la Ecuación 7 a la presión que se encuentra trabajando en la red neumática.

Para poder usar la ecuación 7 que trabaja como gas ideal primero se determina si el aire se encuentra o no en su punto crítico, donde la temperatura de trabajo (26.5 °C = 299.65 K) tiene que ser mayor que su temperatura crítica (132.5 K) y la presión de trabajo (0.65 MPa) tiene que ser menor que su presión crítica (3.77 MPa).

El Anexo 3 muestra las propiedades del punto crítico de diferentes sustancias, incluyendo la del aire donde indica que la temperatura crítica es de 647.1 K y la presión crítica es de 22.06 MPa

$$T_0 > T_{\text{crítica}}$$

$$299.65 \text{ K} > 132.5 \text{ K}$$

$$P_0 < P_{\text{crítica}}$$

$$0.65 \text{ MPa} < 3.77 \text{ MPa}$$

El aire se lo puede definir como un gas ideal por que cumple con las condiciones del punto crítico y lo cual permite que se pueda usar la Ecuación 7 para determinar la densidad del aire.

$$\rho_n = \frac{P}{T * R}$$

$$\rho_n = \frac{650000 \text{ Pa}}{299.65 \text{ K} * 287 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}}}$$

$$\rho_n = 7.558 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Cuando se obtiene el valor de la densidad a presión que se está trabajando se aplica la Ecuación 6, con la densidad $7.558 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, el diámetro de la tubería de la red neumática es de 0.00885 m (0.35 in), la Tabla 5, en este caso se utiliza el valor de $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, porque representa la condición más crítica del sistema, y la viscosidad dinámica del fluido es $1.849 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}$

$$\text{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{7.558 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.00885 \text{ m}}{1.849 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}}$$

$$\text{Re} = 36175.39$$

En condición de flujo interno el flujo está en régimen turbulento.

4.7.2. Factor de fricción en el diagrama de Moody.

En el diagrama de Moody se puede determinar el factor de fricción que existe en una superficie por donde fluye algún tipo de fluido, líquido o gaseoso, y para determinar el factor de fricción en una tubería de acero galvanizada donde se transporta aire a presión

la rugosidad relativa se la encuentra con una relación entre la rugosidad y el diámetro de la tubería, la rugosidad del hierro galvanizado es de 0.15 mm, y el diámetro es de 8.85 mm.

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.15 \text{ mm}}{8.85 \text{ mm}}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0.0169$$

Con la rugosidad relativa de 0.0169 y el número de Reynolds de 36175.39 por medio del Anexo 1 que muestra el diagrama de Moody se puede observar que existe un factor de fricción de 0.044 en la tubería de acero galvanizado aplicado a la red neumática.

4.7.3. Longitud equivalente

La longitud equivalente se encuentra con la Ecuación 5, donde influyen los componentes de la red neumática como los codos o válvulas, además de sus coeficientes de pérdida, la cantidad de componentes en la red se presentarán en la Tabla 1.

Tabla 9.
Componentes de la red neumática

Componentes de la red neumática	Cantidad	Coefficiente de pérdida
Codos	6	0.9
Tes	11	2
Válvulas de bola	9	0.05

FUENTE: MECÁNICA DE FLUIDOS [18].

$$L_{\text{equivalente}} = \frac{KD}{f}$$

$$L_{\text{equivalente}} = \frac{((0.9)(6) + (2)(11) + (0.05)(9))(0.01688 \text{ m})}{0.057}$$

$$L_{\text{equivalente}} = 8.24 \text{ m}$$

La longitud total de la tubería principal sería la suma de la longitud de la tubería y la longitud equivalente, que es la Ecuación 4:

$$L_{\text{Total}} = L_{\text{equivalente}} + L$$

$$L_{\text{Total}} = 8.24 \text{ m} + 38.32 \text{ m}$$

$$L_{\text{Total}} = 46.56 \text{ m}$$

4.8. Dimensión de las tuberías según el manual del compresor

El consumo de la red de distribución neumática se divide en 2 tramos, el tramo que se dirige al área de motores eléctricos se encuentra con un caudal de $166.65 \frac{\text{l}}{\text{min}}$, y la longitud de 15.49 m, el tramo de mecánica general, soldadura y motores de combustión tiene un caudal de $499.95 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ y una longitud de 22.83 m, el caudal resulta de la suma de consumo por la cantidad de acoples que existen en la tubería de servicio.

Figura 5.

Tamaño mínimo de las tuberías de las líneas de aire comprimido

l/min	Longitud de las Tuberías			
	7,62 m	15,24 m	30,48 m	76,2 m
283.2	12,7 mm	12,7 mm	19,1 mm	19,1 mm
566.3	19,1 mm	19,1 mm	19,1 mm	2,54 cm
1132.7	19,1 mm	2,54 cm	2,54 cm	2,54 cm
1699.0	19,1 mm	2,54 cm	2,54 cm	2,54 cm
2831.7	2,54 cm	2,54 cm	2,54 cm	3,18 cm

FUENTE: COMPRESOR DE AIRE DE ETAPA ÚNICA[27]

El tramo de la tubería principal consta de una longitud menor de 7.62 m y tiene un caudal de $11.11 \frac{\text{l}}{\text{s}}$ lo que equivale a $666.6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ un valor que se aproxima a $566.3 \frac{\text{l}}{\text{min}}$, por lo que el manual recomienda un diámetro interior de tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgadas.

Para la tubería de distribución el tramo de área de motores eléctricos requeriría una tubería con un diámetro de 12.7 mm, mientras que el tramo del área de mecánica general, soldadura y motores de combustión requeriría una tubería con un diámetro de 19.1 mm según la Tabla de recomendaciones de instalación del compresor [27].

El tramo de la tubería de servicio consta de una longitud de 2.6 m y requiere de un consumo de caudal de $165.6 \frac{1}{\text{min}}$, el manual del compresor recomienda una tubería con diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgadas.

4.9. Programa de mantenimiento

Para implementar un programa de mantenimiento de los sistemas de aire comprimido, el objetivo es mantener los equipos neumáticos en buenas condiciones y con una larga vida útil, lo cual se logra mediante el uso de pautas confiables de frecuencia de mantenimiento.

4.9.1. Plan de mantenimiento del compresor

Para asegurar un rendimiento óptimo del compresor, es esencial realizar una verificación del filtro de aire y el nivel de aceite antes de cada utilización. Asimismo, se recomienda llevar a cabo inspecciones regulares de las válvulas y, en caso de que el tanque supere el nivel máximo de fábrica, se debe proceder a liberar el exceso de aire [26].

Cuando el tanque se encuentre con fallas no se lo debe modificar por ningún motivo, lo que se debe hacer en ese caso es reemplazar el tanque por uno nuevo. El tanque se debe drenar diariamente [26].

4.9.2. Instalación y ubicación del compresor.

Las siguientes recomendaciones se implementarán para reducir la probabilidad de falla del compresor y lograr un buen rendimiento.

Ubicación de la toma de aire: La entrada del compresor debe ser de aire fresco y libre de contaminantes, en la mayoría de los casos las unidades pequeñas están en la misma sala de máquinas que succiona el aire caliente al lado del compresor, por lo que no es beneficioso para la unidad, y si está en el sótano o en el techo, la temperatura será mayor o igual a la del compresor, que tampoco conviene.

Ubicación del compresor: Los compresores estarán ubicados en el exterior del laboratorio de máquinas e instrumentos, proporcionando sombra adecuada por la mañana para evitar el consumo de aire caliente y ventilación por la tarde por efecto del viento. Debe estar en un ambiente cerrado (rejilla) con techo para proteger del sol y la lluvia.

4.9.2.1. Jaula de seguridad

El compresor se debe encontrar en un lugar abierto y donde circule bastante aire, por lo que se lo instalará en el exterior del taller mecánico de la UTEQ y para seguridad y conservación se construyó una jaula de seguridad donde se encontrará protegido de lo que puede ser la exposición a las lluvias y al sol como se puede observar en el Anexo 5.

4.9.3. Gestión de mantenimiento de la red de aire comprimido

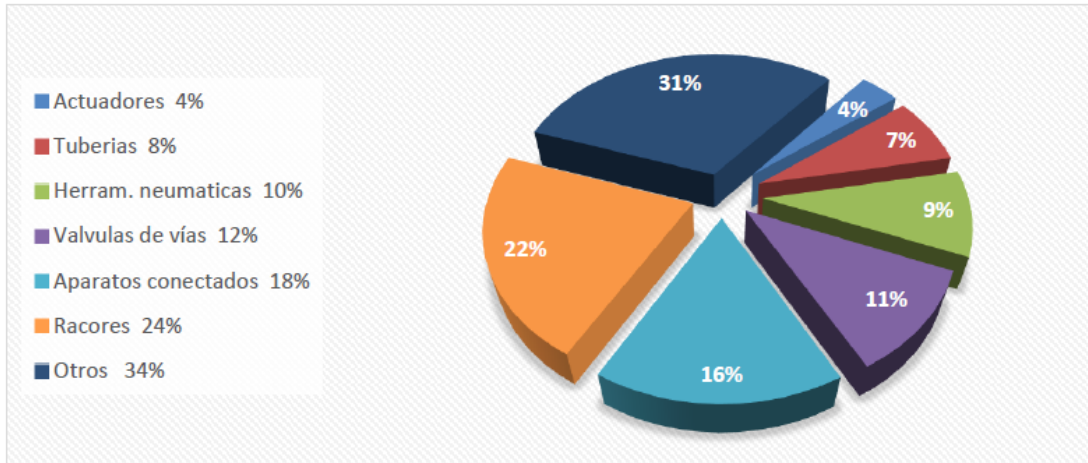
Cabe señalar que el concepto de mantenimiento no significa que los equipos dañados deban repararse lo antes posible, sino que los equipos se mantengan en óptimas condiciones de funcionamiento, por lo que se deben integrar las estrategias y objetivos relacionados con el mantenimiento.

4.9.4. Localización de fugas y control

La primera actividad para realizar en caso de exceso de pérdida de presión del aire es encontrar los puntos de fuga en la red, luego eliminar la fuga. Uno de los métodos más populares para eliminar la fuga es aplicar agua jabonosa en el área de la posible fuga, y si se observan burbujas, esto indica que existe una fuga de aire en el área. A continuación, la Figura 5 muestra cuales son las ubicaciones en la red neumática donde surgen mayor cantidad de fugas.

Figura 6.

Distribución de fugas en red neumática



FUENTE: diseño de un sistema de aire comprimido [2].

4.9.5. Recomendaciones de operación

Para el correcto uso de la red neumática y con la finalidad de evitar daños y evitar accidentes se presentan algunas recomendaciones básicas para el uso y su respectivo mantenimiento.

4.9.5.1. Protocolos de seguridad para el uso del aire comprimido

Para el buen funcionamiento de la red de aire comprimido a continuación se publicarán determinados protocolos de seguridad, por el simple hecho de que el riesgo de accidente siempre está presente, y saber actuar durante y después es fundamental para evitar un accidente. Estos consejos se enumeran a continuación.

No subestimar los riesgos del aire comprimido: No usar el aire comprimido en objetos que no estén diseñados para ello y tampoco exceder la presión nominal.

Desconectar el sistema para su mantenimiento: La persona capacitada encargada del mantenimiento debe cortar la energía eléctrica que alimenta al compresor y también debe estar bloqueada (eléctrica y neumáticamente) para que así pueda realizar su labor de forma segura.

4.9.6. Revisión del sistema de aire comprimido

Los sistemas de aire comprimido deben inspeccionarse regularmente para detectar defectos, roturas, sujetadores sueltos, corrosión y fugas. Por lo tanto, es necesario realizar bien dicho trabajo de control regularmente.

4.9.6.1. Lubricación del compresor.

Al cabezal del motor se le debe añadir aceite solo cuando sea necesario. Debe cambiar de aceite y filtro cada 3 meses o después de 200 horas de funcionamiento, lo que ocurra primero. El aceite recomendado para este tipo de compresores es [26]:

- Aceite no detergente de viscosidad única SAE 30 ISO 100 para compresores. Número de parte ST126700AV.
- Aceite sintético 10W30 como MOBIL 1°.

El aceite se debe de cambiar después de 50 horas de operación.

4.9.6.2. Filtro de aire

Nunca use la cabeza del compresor sin un filtro de entrada o con un filtro obstruido. El elemento del filtro de aire debe revisarse una vez al mes. Si se utiliza un filtro de aire sucio, el consumo de aceite será mayor, al igual que el aire de escape se contaminará con aceite [26].

4.9.6.3. Componentes del compresor

Una vez al mes, desconecte la alimentación eléctrica del compresor y limpie la culata, el motor, las aspas del ventilador, los conductos de aire y el tanque de agua [26].

4.9.6.4. Correa

Cada trimestre, es necesario examinar la tensión de las bandas. Ajuste la tensión para lograr una deflexión de entre 9.5 mm y 12.7 mm al aplicar una presión normal con el dedo, asegurándose de que ambos lados del volante estén alineados correctamente. Asimismo, las bandas deben mantenerse paralelas a la línea de referencia. [26]

La Figura 7 indica el plan de mantenimiento general que se debe de realizar a un compresor, con el fin de evitar pérdidas de presión, suciedad en el aire o incluso fallas del tanque de almacenamiento y evitar futuros accidentes e incluso ahorro por motivo de realizar el mantenimiento preventivo que permite mayor tiempo de vida útil.

Figura 7.

Programa de mantenimiento

Programa De Mantenimiento			
SERVICIO NECESARIO	DIARIAMENTE	MENSUALMENTE	TRIMESTRALMENTE
Chequé la válvula de seguridad	●		
Drene el tanque	●		
Mida el nivel de aceite	●		
Limpie o cambie el filtro de aire		●	
Chequé el sistema de enfriamiento interno		●	
Limpie los componentes		●	
Chequé la tensión de las bandas			●
Cambie el aceite			●

4.9.7. Plan de mantenimiento de la red de distribución

Las redes de aire comprimido se deben de diseñar amplias, para disminuir las pérdidas de cargas constantes como ocurre en muchas instalaciones. Todas las tuberías de la red deben de tener una inclinación de 2% en el sentido de la circulación del aire para que el agua condensada en la instalación pueda recogerse y eliminarse. Se debe de procurar que los diámetros de las conducciones disminuyan siempre en forma progresiva, eliminando estrangulaciones. Deben evitarse, en lo posible, los tramos largos y los circuitos abiertos [11].

Suponiendo que una red de distribución de aire comprimido haya sido correctamente tendida, la estanqueidad constituye un punto delicado; se procede a una revisión general como mínimo anual. Para realizar la revisión se bloquean todas las líneas de los consumidores, la instalación se carga con la presión de trabajo y se procede a determinar las pérdidas por fugas, de acuerdo con la disminución de la presión del depósito. Si las fugas son de consideración, es imprescindible localizar los puntos de fuga en la red y proceder a su reparación [11].

4.10. Selección de material de la tubería.

El material escogido para la implementación de la tubería para la red neumática es del acero galvanizado, siendo similar al acero al carbono que es muy resistente y fácil de conseguir, pero con la diferencia de que el recubrimiento de zinc le permitirá extender su vida útil y menor grado de corrosión.

Se descarto el uso de tuberías de acero inoxidable por su costo considerablemente alto, teniendo en cuenta que ese material tiene mayor uso en las industrias de alimentación o medicina donde se debe de tener un alto nivel de limpieza y purificación en el aire que se transporta por la tubería.

Las tuberías de polímero son de mayor peligro considerado entre los demás materiales, por el hecho de que en un periodo de 2 años la tubería empieza a presentar problemas, como la deformación de la tubería por la presión del aire o volverse un material muy frágil al paso del tiempo.

Las tuberías de acero al carbono fueron descartadas por el alto grado de corrosión que posee el material, lo que generaría un aire impuro por el óxido que se generaría en las tuberías y el trabajo de mantenimiento que tocaría realizar, que sería más constante.

Las tuberías de aluminio son de gran utilidad en la actualidad en las redes de distribución neumática, son similares a las tuberías de acero inoxidable con la única diferencia que la tubería de aluminio es liviana, de precio también presenta un valor elevado en el mercado y complicado de conseguir.

Tabla 10.
Características de materiales de tubería.

	Resistencia	Precio	Mantenimiento
Acero galvanizado	Buena resistencia	Buena relación entre calidad precio	Poco mantenimiento
Acero inoxidable	Buena resistencia	Consta de un valor elevado	Poco mantenimiento
Polímero	Tendencia a deformarse	Por la calidad del material tiene un precio accesible	Mantenimiento considerable por la deformación plástica del material
Acero al carbono	Buena resistencia	Consta de un valor elevado	Mucho mantenimiento por la tendencia a la corrosión
Aluminio	Buena resistencia	Consta de un valor elevado	Poco mantenimiento

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se realizó la elaboración de planos de la red de distribución neumática detallando los componentes necesarios y determinando las áreas del taller que necesitan un punto de servicio de aire a presión para su respectivo uso con un diseño óptimo según las necesidades del taller con el fin de reducir pérdidas de presión en el sistema.
- En el laboratorio industrial se llevan a cabo una amplia gama de actividades académicas que abarcan campos como la electricidad, la termodinámica, la electrónica, la neumática, la soldadura e incluso la mecánica de materiales. Debido a esta diversidad de áreas de estudio, la implementación de la red neumática se ha diseñado de manera integral, con el objetivo de ser utilizable en la mayoría de los sectores en los que se trabaja, sin que estas áreas interfieran entre sí.
- Se optó por emplear tubería de acero galvanizado en la instalación debido a un análisis que consideró factores como costo, mantenimiento y seguridad. Aunque existen opciones de tuberías de polímeros, se descartaron debido a su propensión a un rápido desgaste. Por otro lado, las tuberías de aluminio fueron desestimadas debido a su elevado costo y no disponibilidad en el mercado.
- Se procedió a instalar la tubería junto con sus componentes correspondientes y los puntos de acceso necesarios, garantizando que tanto profesores como alumnos tengan la posibilidad de acceder y llevar a cabo sus actividades académicas de manera eficiente y segura.
- El sistema alcanza una presión máxima de 90 – 100 psig proporcionada por el compresor instalado, el control de la presión se realiza por medio del presostato y por otro lado los elementos de seguridad como la válvula de alivio garantiza una operación segura de la red neumática.

5.2. Recomendaciones.

- Realizar el respectivo mantenimiento de manera periódica como lo señala el apartado 4.9. con el objetivo de mayor vida útil tanto del compresor como de la red de distribución.
- En caso de que el tanque del compresor muestre señales de fractura o alguna falla se debe descartar las actividades con el compresor y cambiarlo, por temas de seguridad no se debe soldar o sellar las fracturas por que la capacidad del tanque estará afectada y no presentara los mismos requerimientos de seguridad.
- En caso de ampliación del taller y de la red neumática se recomienda realizar un nuevo estudio para la capacidad de operación del compresor y capacidad de la distribución del caudal según los requerimientos de la posible ampliación.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

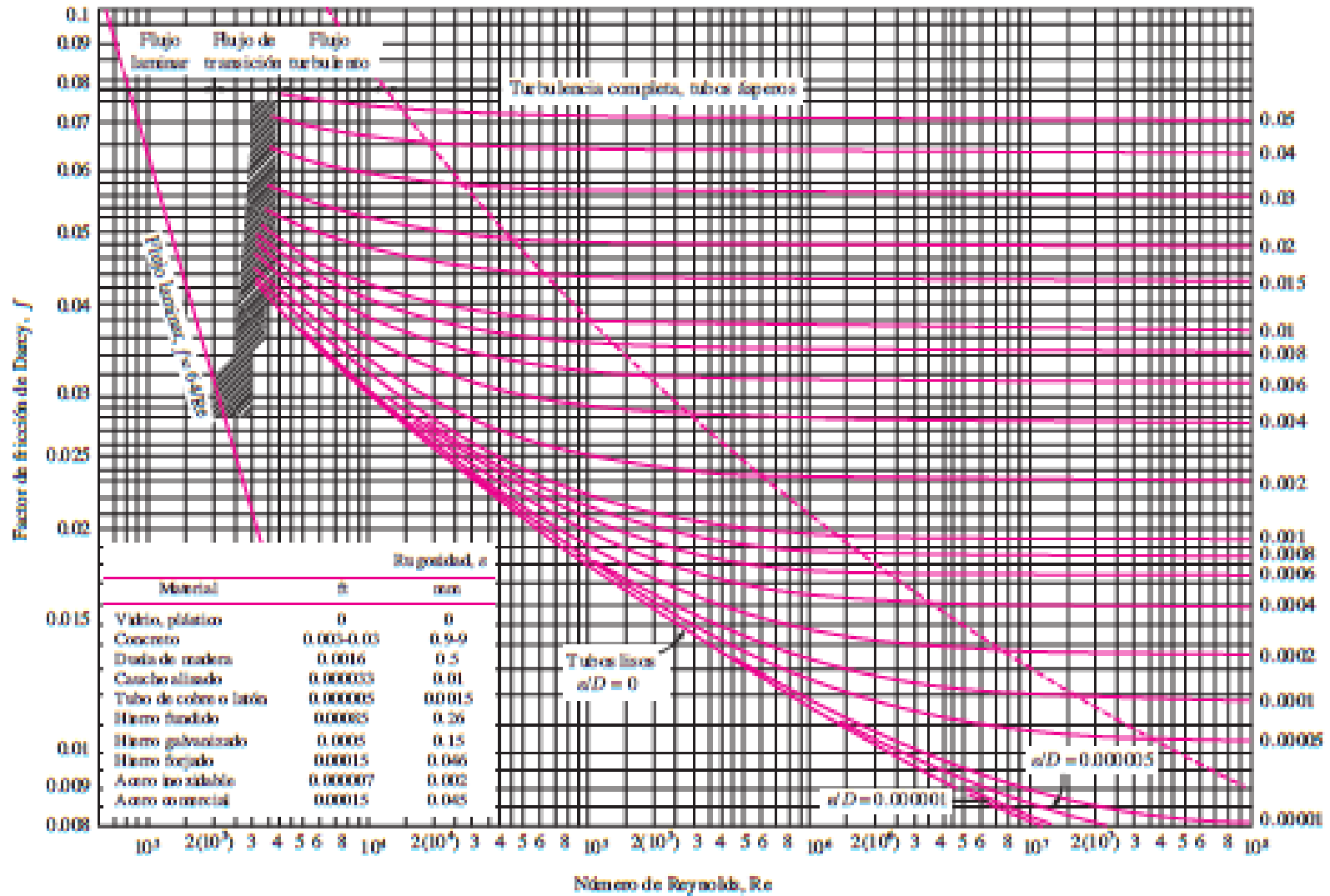
- [1] A. Serrano, Neumática práctica, Madrid: Paraninfo, 2009.
- [2] Y. Quispe, Diseño de un sistema de aire comprimido para el laboratorio de máquinas y herramientas de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional Jorge BasadreGrohmann en el año 2019, Tacna, 2019.
- [3] R. A. Acosta, «FUNDAMENTOS DE NEUMÁTICA, SENSORES Y ACTUADORES,» 2011, p. 100.
- [4] J. Rios, «Levantamiento de los sistemas neumáticos y de los consumos de aire comprimido dentro del área de convertidores y evaluar posibilidades de respaldo,» Concepción, 2020.
- [5] A. D. Vera, «Calculo y seleccion de compresores industriales, para un sistema neumatico de alto desempeño, de BERLINERLUFT, para la empresa COMPRESORES DE AIRE ZEPEDA,» Ciudad de Puebla, 2018.
- [6] I. Rand, «Guía sobre la calidad del aire,» Ingersoll-Rand Company Limited, Reino Unido, 2007.
- [7] P. H. Corporation, «Introduccion a las normas ISO de calidad del aire,» 2011.
- [8] E. Toasa, «Diseño e implementacion de la red de aire comprimido para el laboratorio de automatizacion y neumatica en la escuela de ingenieria industrial de la FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH,» Riobamba, 2014.
- [9] P. Fernández, «Compresores,» Departamento de ingenieria electrica y energetica, Cantabria.
- [10] R. Widman, «Compresores – Su Funcionamiento y Mantenimiento,» *WIDMAN*, nº 56, p. 8, 2008.

- [11] A. Guillen, Introduccion a la neumatica, Barcelona: Marcombo, 1993.
- [12] C. HAUSFELD, «conauto,» conauto, [En línea]. Available: <https://www.conauto.com.ec/index.php/campbell-hausfeld-compresor-ce4104/>. [Último acceso: 08 02 2023].
- [13] M. Castelló, C. Barrera, E. Pérez y N. Betoret, «Redes de distribucion de aire comprimido y dimensionamiento del compresor,» Universitat Politècnica de Valencia, Valencia.
- [14] A. Almanza y J. Carrascal, «Diseño y construccion de una red de distribucion de aire comprimido para el uso de herramientas neumaticas en la empresa FRENO SINU S.A.S. en la ciudad de Monteria,» Monteria, 2020.
- [15] Ecured, «Ecured,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Mocache_\(Ecuador\)#Descripci.C3.B3n](https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Mocache_(Ecuador)#Descripci.C3.B3n). [Último acceso: 17 01 2023].
- [16] A. C. Sole, Neumatica e Hidraulica, Marcombo, 2012.
- [17] E. Carnicer, Aire comprimido: Teoría y cálculo de las instalaciones, Madrid: Paraninfo, 1994.
- [18] A. & SHINANO, «CATÁLOGO DE HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS,» ALLIANCE & SHINANO.
- [19] E. M. J. Loachamin, REDISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO DE LA EMPRESA GRÁFICA IMPRENTA DON BOSCO C.S.P, Quito, 2016.
- [20] Y. Cengel, Transferencia de calor y masa, Ciudad de México: McGraw-Hill, 2011.
- [21] Y. Cengel, Mecánica de Fluidos, Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2006.

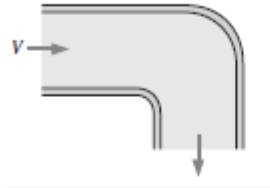
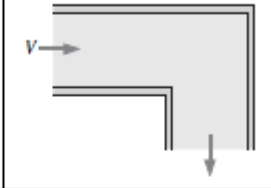
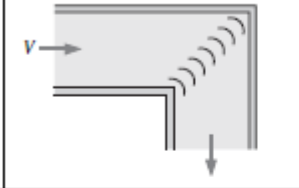
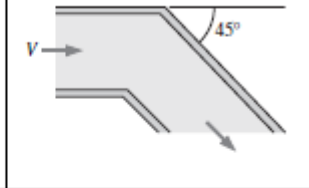
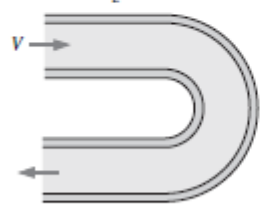
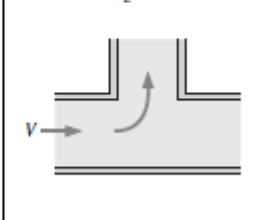
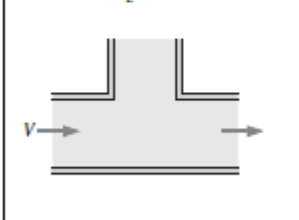
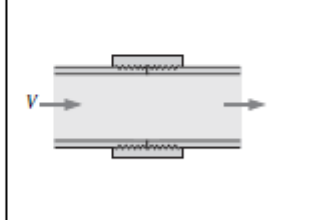
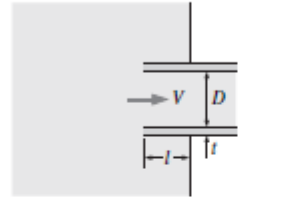
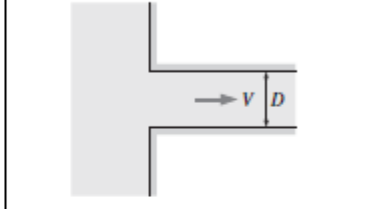
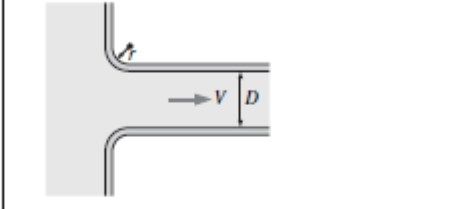
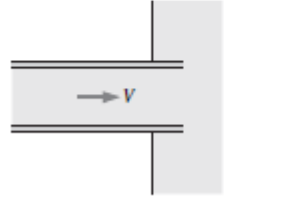
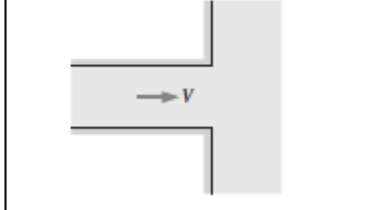
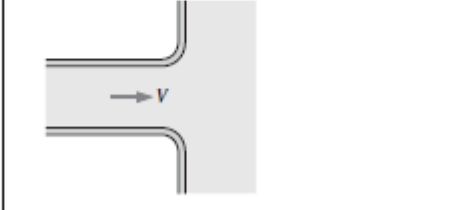
- [22] J. R. Vilorio, Tecnología y circuitos de aplicación neumática, hidráulica y electricidad, Madrid: Paraninfo, 2012.
- [23] R. L. A. Vanessa, Sistema de red de aire comprimido, Lima, 2017.
- [24] F. A. P. Rondón, CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, Bucaramanga: Ediciones USTA, 2021.
- [25] GOOGLE, «GOOGLE MAPS,» [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/maps/@-1.0803001,-79.4979781,15z?hl=es>. [Último acceso: 17 01 2023].
- [26] W. Spark, «Weather Spark,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/19356/Clima-promedio-en-Quevedo-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=Durante%20el%20transcurso%20del%20a%C3%B1o,m%C3%A1s%20de%2034%20%C2%B0C..> [Último acceso: 17 01 2023].
- [27] C. Hausfeld, «Compresor de aire de etapa única,» Marmon/Berkshire Hathaway Company, 2016.
- [28] J. L. Raso, Neumática, Madrid: Paraninfo, 2002.
- [29] J. Garcés, «Diseño estación y red de aire comprimido tranvia Ayacucho Medellín,» INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO, Medellín, 2017.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Moody



Anexo 2. Coeficiente de pérdidas de accesorios de tubería de flujo turbulento

<p>Codos y ramificaciones Codo suave de 90°: Embridado: $K_L = 0.3$ Roscado: $K_L = 0.9$</p> 	<p>Codo esquinado de 90° (sin álabes directores): $K_L = 1.1$</p> 	<p>Codo esquinado de 90° (con álabes directores): $K_L = 0.2$</p> 	<p>Codo roscado de 45°: $K_L = 0.4$</p> 
<p>Codo de retorno de 180°: Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 1.5$</p> 	<p>Conexión en T (flujo deriv.): Embridado: $K_L = 1.0$ Roscado: $K_L = 2.0$</p> 	<p>Conexión en T (flujo en línea): Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 0.9$</p> 	<p>Unión roscada: $K_L = 0.08$</p> 
<p>Válvulas</p> <p>Válvula de globo, totalmente abierta: $K_L = 10$ Válvula de compuerta, totalmente abierta: $K_L = 0.2$ Válvula de ángulo, totalmente abierta: $K_L = 5$ cerrada: $K_L = 0.3$ Válvula de bola, totalmente abierta: $K_L = 0.05$ cerrada: $K_L = 2.1$ Válvula de charrela: $K_L = 2$ cerrada: $K_L = 17$</p>			
<p>Entrada de la tubería Reentrante: $K_L = 0.80$ ($t \ll D$ e $l \approx 0.1D$)</p> 	<p>De borde agudo: $K_L = 0.50$</p> 	<p>Redondeada ($r/D > 0.2$): $K_L = 0.03$ Ligeramente redondeada ($r/D = 0.1$): $K_L = 0.12$ (véase figura 8-36)</p> 	
<p>Salida de la tubería Reentrante: $K_L = \alpha$</p> 	<p>De borde agudo: $K_L = \alpha$</p> 	<p>Redondeada: $K_L = \alpha$</p> 	
<p><small>Nota: el factor de corrección de energía cinética es $\alpha = 2$ para flujo laminar totalmente desarrollado, y $\alpha \approx 1$ para flujo turbulento totalmente desarrollado.</small></p>			

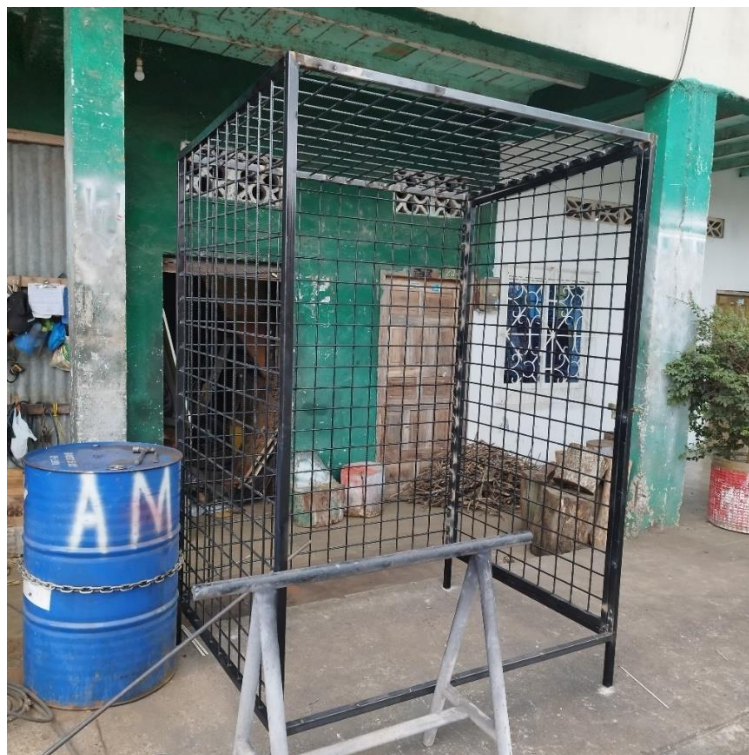
FUENTE: MECÁNICA DE FLUIDOS [18].

Anexo 3. Propiedades del punto crítico

Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico

Sustancia	Fórmula	Masa molar, <i>M</i> kg/kmol	Constante de gas, <i>R</i> kJ/kg · K*	Propiedades del punto crítico		
				Temperatura, K	Presión, MPa	Volumen, m ³ /kmol
Agua	H ₂ O	18.015	0.4615	647.1	22.06	0.0560
Aire	—	28.97	0.2870	132.5	3.77	0.0883
Alcohol etílico	C ₂ H ₅ OH	46.07	0.1805	516	6.38	0.1673
Alcohol metílico	CH ₃ OH	32.042	0.2595	513.2	7.95	0.1180
Amoniaco	NH ₃	17.03	0.4882	405.5	11.28	0.0724
Argón	Ar	39.948	0.2081	151	4.86	0.0749
Benceno	C ₆ H ₆	78.115	0.1064	562	4.92	0.2603
Bromo	Br ₂	159.808	0.0520	584	10.34	0.1355
<i>n</i> -Butano	C ₄ H ₁₀	58.124	0.1430	425.2	3.80	0.2547
Cloro	Cl ₂	70.906	0.1173	417	7.71	0.1242
Cloroformo	CHCl ₃	119.38	0.06964	536.6	5.47	0.2403
Cloruro metílico	CH ₃ Cl	50.488	0.1647	416.3	6.68	0.1430
Criptón	Kr	83.80	0.09921	209.4	5.50	0.0924
Diclorodifluorometano (R-12)	CCl ₂ F ₂	120.91	0.06876	384.7	4.01	0.2179
Diclorofluorometano (R-21)	CHCl ₂ F	102.92	0.08078	451.7	5.17	0.1973
Dióxido de carbono	CO ₂	44.01	0.1889	304.2	7.39	0.0943
Dióxido de sulfuro	SO ₂	64.063	0.1298	430.7	7.88	0.1217
Etano	C ₂ H ₆	30.070	0.2765	305.5	4.48	0.1480
Etileno	C ₂ H ₄	28.054	0.2964	282.4	5.12	0.1242
Helio	He	4.003	2.0769	5.3	0.23	0.0578
<i>n</i> -Hexano	C ₆ H ₁₄	86.179	0.09647	507.9	3.03	0.3677
Hidrógeno (normal)	H ₂	2.016	4.1240	33.3	1.30	0.0649
Metano	CH ₄	16.043	0.5182	191.1	4.64	0.0993
Monóxido de carbono	CO	28.011	0.2968	133	3.50	0.0930
Neón	Ne	20.183	0.4119	44.5	2.73	0.0417
Nitrógeno	N ₂	28.013	0.2968	126.2	3.39	0.0899
Óxido nitroso	N ₂ O	44.013	0.1889	309.7	7.27	0.0961
Oxígeno	O ₂	31.999	0.2598	154.8	5.08	0.0780
Propano	C ₃ H ₈	44.097	0.1885	370	4.26	0.1998
Propileno	C ₃ H ₆	42.081	0.1976	365	4.62	0.1810
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	153.82	0.05405	556.4	4.56	0.2759
Tetrafluoroetano (R-134a)	CF ₃ CH ₂ F	102.03	0.08149	374.2	4.059	0.1993
Triclorofluorometano (R-11)	CCl ₃ F	137.37	0.06052	471.2	4.38	0.2478
Xenón	Xe	131.30	0.06332	289.8	5.88	0.1186

Anexo 4. Construcción de jaula de seguridad del compresor



Anexo 5. Instalación de la jaula de seguridad del compresor



Anexo 6. *Instalación del compresor*



Anexo 7. *Instalación de las tuberías área de motores eléctricos*



Anexo 8. *Instalación de las tuberías en el área de motores de combustión*



Anexo 9. *Instalación de las tuberías en el área de soldadura*



Anexo 10. *instalación de tuberías en el área de mecánica general*



Anexo 11. *Planos*