



Universidad
Industrial de
Santander

**DISEÑO DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS DE
LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ SUÁREZ

SERGIO DANIEL MENDOZA GÉLVEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

**DISEÑO DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS DE
LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ SUÁREZ

SERGIO DANIEL MENDOZA GÉLVEZ

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

Ingeniero Mecánico, Ph. D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

A mi madre Ángela Gélvez, la mujer que me guió con paciencia, cariño y disciplina en las etapas más importantes de mi niñez.

A mi padre Edgar Mendoza, quien me enseñó a hacerme responsable de mis actos con madurez y sensatez.

A mis hermanos Rubén y Patricia, los que me inspiran desde mi infancia a ser una gran persona y un apoyo en la familia.

A mi pareja Angie Ardila, quien cree que aprendió mucho de mí y en realidad sólo me ha enseñado.

Sergio Daniel Mendoza Gélvez.

A mis padres Vilma Suarez y Omar Martínez quienes me apoyaron incondicionalmente para culminar mi carrera como ingeniero.

A mis compañeros de escuela y amigos de universidad por su apoyo y amistad en este camino.

A mi novia Johanna Paola Vargas quien estuvo a mi lado apoyándome todo este tiempo.

Juan Sebastián Martínez Suarez

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto nace de la necesidad del Profesor Jorge Luis Chacón por proporcionar un espacio adecuado para sus estudiantes en el nuevo Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas y que estuvo dirigiendo su desarrollo con amabilidad y compromiso. A él nuestro mayor agradecimiento por la confianza y ayuda prestada, también a nuestros docentes de Mecánica de Fluidos y Sistemas Térmicos (Néstor Raul Dcroz, Javier Rugeles y Omar Gévez) que estuvieron dispuestos a solucionar nuestras dudas y problemas.

CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1. OBJETIVOS | 19 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 2. TEORÍA DEL DISEÑO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES DEL LABORATORIO | 21 |
| 2.1 ESPECIFICACIONES DE UN SISTEMA AUXILIAR | 21 |
| 2.2 ACONDICIONAMIENTO PARA PRUEBAS DE LABORATORIO | 21 |
| 2.2.1 Regulación de temperatura ambiente. | 22 |
| 2.2.1.1 Confort. | 22 |
| 2.2.1.2 Extracción de gases. | 23 |
| 2.2.1.3 Ventilación | 23 |
| 2.2.2 Extracción de gases y ventilación: | 24 |
| 2.3 SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO | 25 |
| 2.3.1 Tecnologías de compresión. | 27 |
| 2.3.2 Tecnologías de secado. | 28 |
| 2.4 DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO | 28 |
| 3. AISLAMIENTO ACÚSTICO | 30 |
| 3.1 ACÚSTICA | 30 |
| 3.2 SONIDO Y RUIDO | 30 |
| 3.3 CAMPO AUDIBLE | 32 |
| 3.4 SUMA Y RESTA DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA | 32 |
| 3.5 PRINCIPIO DE AISLAMIENTO | 33 |
| 3.6 MATERIALES DE AISLAMIENTO | 34 |
| 4. NORMATIVIDAD PARA EL DISEÑO DEL LMTA | 36 |
| 4.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS | 36 |
| 4.2 NORMAS INTERNACIONALES | 37 |
| 5. DISEÑO DE SISTEMAS AUXILIARES PARA EL LABORATORIO DE MTA39 | |
| 5.1 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS | 41 |
| 5.2 DISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO | 44 |
| 5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN | 49 |
| 5.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN | 60 |
| 5.5 DISEÑO DEL AISLAMIENTO ACUSTICO REQUERIDO EN LAS SALAS DE ENSAYO. | 63 |
| 5.6 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ALMACENAJE DE COMBUSTIBLE | 70 |
| 5.7 UBICACIÓN DE LOS EXTINTORES EN EL LMTA | 73 |
| 6. PRÁCTICAS A REALIZAR EN EL LMTA | 76 |
| 6.1 PRACTICA 1: ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS | 76 |

| | |
|---|----|
| 6.2 PRACTICA 2: ENSAYO DE MOTORES BALANCE TÉRMICO | 77 |
| 6.3 PRACTICA 3: RENOVACIÓN DE LA CARGA EN MOTORES DE 2T | 77 |
| 6.4 PRACTICA 4: SIMULACIÓN DE CICLOS REALES | 78 |
| 6.5 PRACTICA 5: SISTEMAS DE ENCENDIDO MEP | 78 |
| 6.6 PRACTICA 6: SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE GASOLINA Y DIESEL. | 79 |
| 6.7 PRACTICA 7: TURBO MAQUINAS MOTORES TÉRMICOS Y TURBO SOBREALIMENTACIÓN. | 80 |
| 7. PRESUPUESTO REQUERIDO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO | 81 |
| 7.1. COSTOS DE BANCOS DE PRUEBA | 81 |
| 7.2. COSTOS DE SISTEMAS AUXILIARES | 84 |
| 7.2.1. Red de aire comprimido | 84 |
| 7.2.2. Red de inyección de aire | 85 |
| 7.2.3. Red de extracción de gases | 86 |
| 7.2.4. Costo de diseño e ingeniería | 87 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 88 |
| BIBLIOGRAFÍA | 90 |

LISTA DE FIGURAS

pág.

| | |
|---|----|
| Figura 1. Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (2016)..... | 17 |
| Figura 2. Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (2016)..... | 17 |
| Figura 3. Renovación de aire en el recinto | 23 |
| Figura 4. Esquema general de una red de aire comprimido | 26 |
| Figura 5. Ejemplo de un esquema general de un laboratorio automotriz..... | 29 |
| Figura 6. Rangos sonoros de importancia | 31 |
| Figura 7. Zona de cuartos de aislamiento..... | 39 |
| Figura 8. Zona de dinamómetro de rodillos | 40 |
| Figura 9. Zona de bancos de prueba móviles | 40 |
| Figura 10. Esquema de distribución para el LMTA | 41 |
| Figura 11. Espacio de trabajo para operar los bancos..... | 43 |
| Figura 12. Espacio de recorrido en el LMTA..... | 44 |
| Figura 13. Esquema de la red de aire comprimido. | 45 |
| Figura 14. Catálogo de tuberías de aluminio AIRNET. | 47 |
| Figura 15. Catálogo de codos AIRNET..... | 47 |
| Figura 16. Catálogo de codos AIRNET..... | 48 |
| Figura 17. Catálogo de compresores KAESER-AIRBOX/AIRBOX CENTER. | 48 |
| Figura 18. Esquema de la red de ventilación por inyección de aire. | 53 |
| Figura 19. Velocidad del aire a la salida para diferentes recintos..... | 54 |
| Figura 20. Pérdidas de carga en codo recto. | 55 |
| Figura 21. Pérdidas de carga en reducciones. | 55 |
| Figura 22. Pérdidas de carga en uniones T a 45°..... | 56 |
| Figura 23. Pérdida de carga en ducto de lámina de acero para aire. | 57 |
| Figura 24. Catálogo de ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, protectores y turbina con alabes hacia adelante, SODECA..... | 59 |
| Figura 25. Especificaciones y rendimiento de un ventilador industrial de tambor AIR KING..... | 60 |
| Figura 26. Disposición de la red de extracción de gases..... | 61 |
| Figura 27. Catálogo de extractores en línea para conductos, con bajo nivel sonoro montados dentro de una envolvente acústica, SODECA..... | 62 |
| Figura 28. Cuarto de aislamiento dinamómetro de eje (señalar el banco)..... | 64 |
| Figura 29. Especificaciones técnicas del motor KIA picanto..... | 65 |
| Figura 30. Nivel de ruido máximo permitido..... | 65 |
| Figura 31. Dimensiones de las salas de ensayo..... | 66 |
| Figura 32. Imagen de un gabinete de seguridad..... | 71 |

| | |
|---|-----|
| Figura 33. Gabinete de seguridad destinado al área de bancos móviles..... | 72 |
| Figura 34. Gabinete de seguridad destinado al área de dinamómetro. | 72 |
| Figura 35. Gabinetes de seguridad ubicados en salas de pruebas aisladas. | 73 |
| Figura 36. Disposición de extintor en la entrada del laboratorio | 74 |
| Figura 37. Disposición de extintor en el punto central del laboratorio..... | 75 |
| Figura 38. Disposición de extintor CLASE D en el área del dinamómetro. | 75 |
| Figura 39. Especificaciones técnicas motor TM3-01 (banco TBCM3) | 91 |
| Figura 40. Requerimientos del banco de pruebas TBCM3. | 92 |
| Figura 41. Especificaciones técnicas motor TM8-01 (banco TBCM8). | 92 |
| Figura 42. Requerimientos básicos banco TBCM8..... | 93 |
| Figura 43. Especificaciones técnicas motor TM12-02 (banco TBCM12). | 93 |
| Figura 44. Especificaciones técnicas motor TM12-03 (banco TBCM12). | 94 |
| Figura 45. Requerimientos básicos banco TBCM12..... | 94 |
| Figura 46. Especificaciones técnicas motor TM75-01 (banco TBCM75). | 95 |
| Figura 47. Requerimientos básicos banco TBCM75..... | 95 |
| Figura 48. Requerimientos básicos banco TDEGC. | 96 |
| Figura 49. Requerimientos básicos banco TMSC..... | 96 |
| Figura 50. Descripción de la instalación experimental. | 105 |
| Figura 51. Clasificación de los extintores..... | 108 |
| Figura 52. Ubicación de extintores en el área..... | 111 |
| Figura 53. Señalización de líquidos inflamables. | 117 |
| Figura 54. Sistema de aire comprimido. | 120 |
| Figura 55. Sistema de extracción de gases. | 121 |
| Figura 56. Ductos de extracción de gases..... | 122 |
| Figura 57. Sistema de ventilación..... | 123 |
| Figura 58. Ducto de ventilación..... | 124 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Especificaciones de la pistola sopladora. | 44 |
| Tabla 2. Desarrollo del sistema de aire comprimido | 46 |
| Tabla 3. Potencia útil de los sistemas ubicados en los bancos de cada zona. | 50 |
| Tabla 4. Porcentajes de potencia consumida en un motor de 85 [Kw] | 51 |
| Tabla 5. Caudal de ventilación requerido por los diferentes bancos. | 53 |
| Tabla 6. Desarrollo del diseño de la red de ventilación. | 54 |
| Tabla 7. Cambio de sección circular a rectangular en ductos de aire. | 58 |
| Tabla 8. Caudal de extracción en los diferentes ramales. | 61 |
| Tabla 9. Desarrollo del diseño de la red de extracción de gases. | 61 |
| Tabla 10. Valores de densidad por área e índice de reducción acústica en algunos materiales. | 68 |
| Tabla 11. Valores de densidad por área e índice de reducción acústica en algunos materiales. | 68 |
| Tabla 12. Valores de densidad por área e índice de reducción acústica en algunos materiales. | 69 |
| Tabla 13. Cotización de los diferentes bancos presentes en el LMTA y dinamómetro de rodillos 224x | 82 |
| Tabla 14. Presupuesto requerido para la red de aire comprimido. | 84 |
| Tabla 15. Presupuesto requerido para la red de inyección de aire. | 85 |
| Tabla 16. Presupuesto requerido para la red de extracción de gases. | 86 |
| Tabla 17. Presupuesto requerido para la red de aire comprimido. | 87 |
| Tabla 18. Especificaciones del computador. | 97 |
| Tabla 19. Requerimientos ambientales de almacenaje y operación Dynojet 224x. | 98 |
| Tabla 20. Doméstico P/N 43826430 con bandeja, cerradura, 30 [A], 125/250. | 98 |
| Tabla 21. Tipo de extintor requerido por el tipo de riesgo. | 111 |
| Tabla 22. Área máxima protegida por extintor [ft ²]. | 112 |
| Tabla 23. Tipo de extintor requerido por el tipo de riesgo. | 113 |
| Tabla 24. Tipos de almacenaje según la cantidad de combustible. | 117 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXOS | 91 |
| Anexo A. Especificaciones técnicas de los diferentes bancos | 91 |
| Anexo B. Manuales de prácticas | 99 |
| Anexo C. Seguridad en el Laboratorio | 107 |
| ANEXO D. PLANOS | 120 |

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.¹

AUTOR: JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ SUÁREZ, SERGIO DANIEL MENDOZA GÉLVEZ**

PALABRAS CLAVES: Diseño, Extracción, Ventilación, Distribución, Laboratorio, Motores, Máquinas, Térmicas.

DESCRIPCIÓN: Este trabajo de grado tiene por objetivo presentar un diseño de los sistemas auxiliares que serán requeridos en el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas, el cual será construido en el año 2017. Para el diseño de estos sistemas es necesario tener claridad en la distribución de los bancos de prueba, sus requerimientos básicos como lo son la temperatura y humedad permitida en la operación de los mismos y el espacio disponible para su instalación.

El sistema de ventilación por suministro de aire se diseñará con base a la carga térmica generada por los motores presentes de los bancos cotizados y que se espera implementen en el LMTA. El sistema de extracción de gases depende directamente del sistema de ventilación por suministro evitando sobrepresiones o depresiones en el área y facilitando la renovación de aire en el recinto. La limpieza y seguridad serán primordiales en el laboratorio y se facilitarán con un sistema de aire comprimido que alimenta pistolas de limpieza y acciona el freno del dinamómetro de rodillos. Todos estos sistemas buscan homogeneidad en los resultados obtenidos en las pruebas y comodidad en el área de trabajo, además se harán algunas recomendaciones de seguridad para el laboratorio con el fin de evitar accidentes.

¹Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: PhD. Jorge Luis Chacón Velasco.

ABSTRACT

TITLE: LABORATORY DESIGN OF ALTERNATIVE THERMAL MACHINES AT MECHANICAL ENGINEERING SCHOOL.*

AUTHOR: JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ SUÁREZ, SERGIO DANIEL MENDOZA GÉLVEZ**

KEY WORDS: Design, Extraction, Ventilation, Distribution, Laboratory, Engines, Machines, Thermal.

SUMMARY: This degree work aims to present a design of the auxiliary systems that are required in the Laboratory of Alternative Thermal Machines, which will be built in 2017. For the design of these systems it is necessary to have clear the distribution of the test benches, the basic requirements such as the temperature and humidity allowed in the operation of the same and the space available for installation.

The air injection ventilation system was designed based on the thermal load generated by the engines of the listed banks and expected to be implemented in the LMTA. The exhaust system depends directly on the injection ventilation system that prevents overpressures or depressions in the area and facilitates the renovation of air in the enclosure. The cleaning and safety are paramount in the laboratory and are supplied with a compressed air system that the cleaning guns and actuate the brake of the roller dynamometer. All these systems look for homogeneity in the results obtained in the tests and the comfort in the work area, in addition, there are some recommendations for the safety in the laboratory in order to avoid accidents and to maintain an optimal and noise-free space produced by the tests

*Degree Work

**Physic Mechanical Faculty of Engineering, School of Mechanical Engineering, Director: Mechanical Engineer Jorge Luis Chacon Velasco.

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander fue constituida en 1948 siendo el primer programa en el país de formación profesional en esta disciplina de la ingeniería. Especializada en formar profesionales con alta calidad humana, ética, política y científica, además de construir, aplicar y divulgar los conocimientos de la ingeniería en sistemas energéticos y de manufactura.

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander se ha ubicado como una de las mejores a nivel regional, nacional e internacional, esto gracias a la versatilidad de los profesionales formados, aprendiendo y experimentando con la cátedra de sus docentes y las facilidades de los laboratorios encontrados en su planta.

El Laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (LMTA) cuenta con diferentes bancos, como se muestra en la figura 1 y la figura 2, muchos de estos se encuentran fuera de servicio por diferentes razones y otros aún pueden seguir operando, sin embargo, es necesario implementar nuevos estudios experimentales, una mejor distribución de espacio y una actualización y modernización de las mismas.

En el año 2016, buscando mejorar aún más la experiencia ofrecida en los laboratorios y los salones de clase, se ha planteado la reestructuración de su planta física, con esto se renovarán algunas de sus antiguas prácticas como lo son, el banco de pruebas para motores Diésel, banco de pruebas para motores a Gasolina, dinamómetro de motor y el compresor de dos etapas, además se incluirán nuevas prácticas significativas como el dinamómetro de rodillos, el cual será usado para generar diferentes tipos de análisis tanto de torque, potencia, consumo de combustible y gases, además de inspeccionar el comportamiento de diferentes parámetros de funcionamiento interno, exigiendo esto un ambiente más controlado

por los diferentes sistemas auxiliares a implementar, como lo son, la ventilación requerida por los diferentes equipos como el dinamómetro de rodillos, los bancos de motores aislados, móviles y estáticos, un sistema de aire comprimido para la limpieza y el funcionamiento del dinamómetro de rodillos y por último pero no menos importante, la extracción de gases de escape producidos por la combustión en los diferentes bancos y automóvil usado en el dinamómetro de rodillos. ¿Cuál debería ser el LMTA de la UIS de acuerdo a los requerimientos del siglo XXI?

Figura 1. Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (2016)



Figura 2. Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (2016)



En el nuevo Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas se tendrán los siguientes bancos:

- Bancos didácticos:
 - Banco de ensayos para motores de 4 cilindros, 75 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC75*
 - Motor Stirling, controlado desde PC, con SCADA TMSC
 - Motor cummins en corte

- Bancos de combustión móviles:
 - Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 2,2 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC3*
 - Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 7,5 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC8*
 - Banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros, 11 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC12*

- Bancos zonificados por requerimientos especiales:
 - Dinamómetro de rodillos *Dynojet Automotive Chassis Dynamometer Model 424x*
 - Grupo Diesel de generación eléctrica, controlado desde PC, con SCADA y control PID *TDEGC*
 - Dinamómetro de motor

Esta lista puede ser modificada durante o después de finalizar la construcción del laboratorio al ver la facilidad de incluir más bancos de prueba, y según los precios y el comercio de las partes en el momento.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una opción de diseño de los diferentes sistemas auxiliares y disposición de bancos para el nuevo Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA), para el edificio de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con el propósito de realizar docencia, investigación y extensión de forma segura, estructurada y comfortable.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Modelar la distribución de los bancos en el nuevo Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas en un software de diseño.

2- Diseñar los diferentes sistemas auxiliares requeridos por el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas, acoplándolos con el diseño general del nuevo edificio de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Entre estos sistemas auxiliares tendremos:

- Sistema de aire comprimido para limpieza de bancos y dinamómetro de rodillos.
- Sistema de ventilación
 - Dinamómetro de rodillos, salas de ensayo aisladas y bancos móviles.
- Sistema de extracción de gases de escape.
 - Dinamómetro de rodillos, salas de ensayo aisladas y bancos móviles.

3- Recopilar la información requerida sobre especificaciones y requerimientos de funcionamiento, para los nuevos bancos a implementar como son:

- Dinamómetro de rodillos *Dynojet Automotive Chassis Dynamometer Model 424x*

- Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 2,2 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC3*
- Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 7,5 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC8*
- Banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros, 11 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC12*
- Banco de ensayos para motores de 4 cilindros, 75 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC75*
- Motor Stirling, controlado desde PC, con SCADA *TMSC*
- Grupo Diesel de generación eléctrica, controlado desde PC, con SCADA y control PID *TDEGC*

4- Estimar un presupuesto de los bancos seleccionados y el mobiliario requerido por el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas.

5- Desarrollar un manual para el uso adecuado de los diferentes bancos del nuevo Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas.

6- Elaborar la documentación necesaria y suficiente para la implementación del diseño, como lo son:

- Planos de ductos para extracción de aire.
- Planos de ductos para ventilación.
- Planos para montaje del dinamómetro de rodillos.
- Cotización de equipos y mobiliario necesario.
- Costo del proyecto.

2. TEORÍA DEL DISEÑO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES DEL LABORATORIO

2.1 ESPECIFICACIONES DE UN SISTEMA AUXILIAR

Los sistemas de servicio auxiliar en el LMTA son fundamentales para lograr resultados confiables en las pruebas realizadas, ya que estos complementan la principal función de laboratorio, logrando sinergia. Además, estos servicios comprenden las siguientes funciones: ventilación para los motores en los bancos de prueba y renovación de aire del recinto, extracción de gases de escape durante las pruebas y aire comprimido para limpieza y funcionamiento del dinamómetro de rodillos.

Los sistemas de servicio auxiliar son considerados en una etapa previa de diseño, acoplándose a la información brindada por el departamento de planeación de la Universidad Industrial de Santander, los cuales contaban con: sistema de aire acondicionado para el salón de clases de Máquinas Térmicas Alternativas, servicio de agua potable del LMTA y servicios auxiliares eléctricos.

2.2 ACONDICIONAMIENTO PARA PRUEBAS DE LABORATORIO

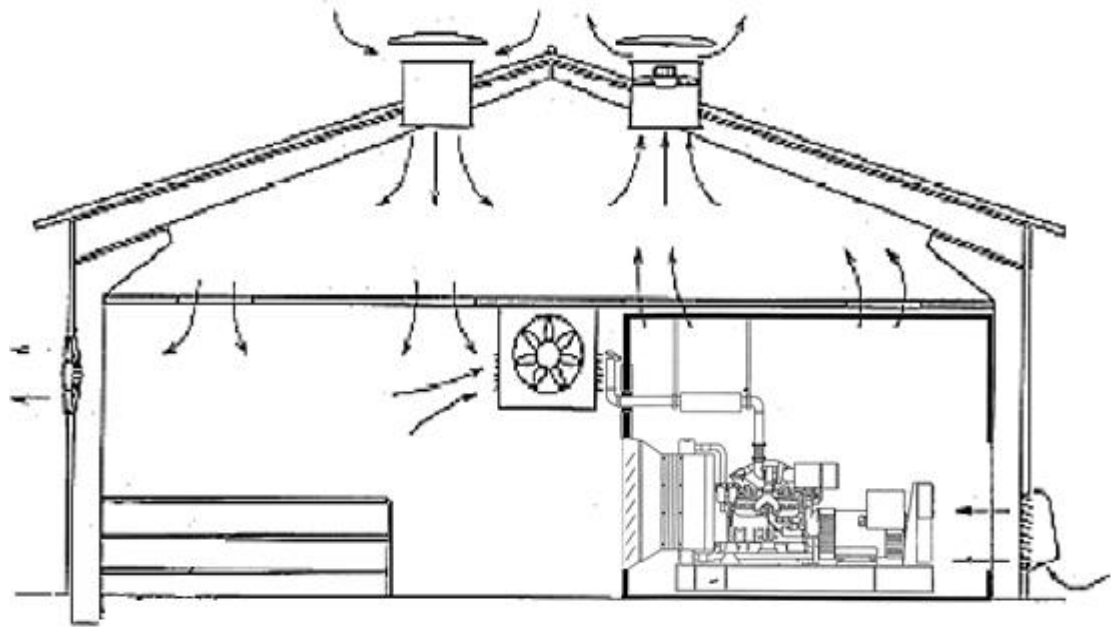
En el acondicionamiento de un local o sala de ensayos se tienen en cuenta diferentes puntos como lo son, en el caso del LMTA, los sistemas principales que estarán en funcionamiento y el personal que ocupará el establecimiento.

Es importante recalcar que la temperatura y humedad presentes en el LMTA serán las proporcionadas por el ambiente.

2.2.1 Regulación de temperatura ambiente. Durante el funcionamiento de los bancos de prueba en el laboratorio la temperatura se elevaría y ocupar el lugar sería imposible, además los motores llegarían a una temperatura tan elevada que provocaría rupturas en el empaque de la culata, deformaciones de la culata como también de los cilindros y del cigüeñal. Para esto será de vital importancia mantener la temperatura ambiente en el laboratorio por medio del suministro de aire impulsado por un ventilador y transportado por ductos, este aire impactará tanto las zonas de prueba como las áreas comunes, como se ve en la figura 3.

2.2.1.1 Confort. El confort en el área de trabajo expresa un bienestar físico del usuario, esto se logra por medio de la renovación del aire definida por el tipo de actividad desarrollada y la contaminación generada, el ser humano tiene la sensación de confort al trabajar en un espacio que le permita disipar calor eficientemente, un ambiente a 24°C y hasta 28°C y con humedades relativas de 80%. Además del confort térmico también se debe tener un confort ambiental eliminando malos olores, agentes tóxicos y densos que dificulten la respiración, la renovación de aire es una técnica más que necesaria en espacios cerrados que generen altos índices de contaminación como los que generan la combustión con combustibles fósiles, diésel y gas natural.

Figura 3. Renovación de aire en el recinto



2.2.1.2 Extracción de gases. En un espacio donde se realizan pruebas con motores de combustión interna, se presentan obligatoriamente transformación de combustibles en energía y sus reacciones químicas consecuentes que crean gases como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, que, al ser inhalados por las personas durante un tiempo prolongado, pueden llegar a ocasionar grandes riesgos en su salud e incluso un riesgo mortal. Es por lo anterior que se debe implementar, por la seguridad de las personas que laboran en un laboratorio, un sistema auxiliar para la extracción de gases de escape, eliminando agentes contaminantes y proporcionando un espacio apto para el trabajo y la docencia.

2.2.1.3 Ventilación. En un laboratorio de pruebas con motores de combustión interna, los ocupantes se ven expuestos a sustancias químicas tóxicas generadas durante la quema de hidrocarburos derivados del petróleo y a temperaturas altas debido a la generación de energía del combustible y la reducción del movimiento por las partes mecánicas del motor, por tiempos prolongados, la solución a esta problemática se efectúa por medio de técnicas de ventilación, mitigando la

temperatura del lugar por medio de inyección de aire, enfriando los sistemas motores y renovando el aire presente en las salas y espacios amplios expuestos a contaminación del LMTA.

2.2.2 Extracción de gases y ventilación: La ventilación y extracción de gases son esenciales para el funcionamiento de un LMTA, las altas cantidades de gases tóxicos productos de los gases de combustión y los olores de combustibles o aditivos, harían de este un espacio imposible de usar por otro lado, la necesidad de un espacio cómodo y controlado para que las pruebas sean precisas hacen indispensable la aplicación de estos sistemas².

Para solucionar los problemas de aire contaminado existen diferentes soluciones, dependiendo de la facilidad de la aplicación, como a continuación se mencionan:

- Ventilación por sobrepresión:

Se inyecta aire a un local buscando elevar la presión del mismo respecto a la atmosférica, así el aire fluirá al exterior por medio de aberturas definidas, barriendo y eliminando impurezas y olores.

- Ventilación por depresión:

Se retira aire del recinto forzándolo con un ventilador de extracción, generando una depresión y obligando al aire exterior entrar por medio de rendijas dispuestas con este fin, renovando el aire y eliminando impurezas

- Ventilación ambiental o general:

² Principios generales de ventilación en: american conference of governmental industrial hygienist, Inc. industrial ventilation. 20th edition of recommended practice. p. 14-24.

El aire que entra al recinto se difunde antes de alcanzar la salida, generando un problema de contaminación cuando hay un foco contaminante, dispersando los elementos tóxicos con el aire.

- Ventilación localizada:

En este método se capta el aire contaminado en el foco y se elimina por medio de un ducto, esto evita la propagación de agentes tóxicos y la captación efectiva de gases productos de combustión por medio de una campana

- Ventilación mecánica controlada:

Conocida por sus siglas VMC, se usa para controlar el ambiente de varios recintos conjuntamente, permitiendo introducir recursos para el ahorro de energía la ventilación es vital en espacios cerrados donde se encuentren seres vivos, proporciona oxígeno que es un elemento vital en nuestra existencia además que da sensación de confort y estabiliza ambientes perturbados por diferentes agentes tóxicos, esto repercute en la salud de operarios y personal cercano.

Para un buen diseño se debe tener en cuenta:

- La función a realizar ya sea eliminar agentes tóxicos y disipar calor.
- Conocer la cantidad necesaria de aire a suministrar.
- Establecer un trayecto de circulación de aire.

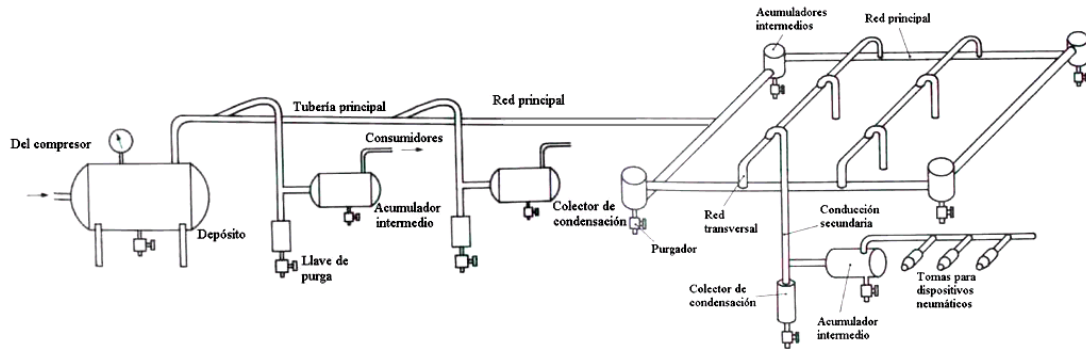
2.3 SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO ³

El aire es una mezcla de gases en la que se incluyen oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua, ya que es una parte normal de la capa más baja de la

³ referencia bibliográfica: guía de bolsillo para la distribución de aire comprimido. Atlas Copco [en línea] disponible en <http://ingenieros.es/files/proyectos/Guia_distribuci%C3%B3n_aire_comprimido.pdf>.

atmósfera de la tierra. Un esquema general básico de una red de aire comprimido se muestra en la figura 4.

Figura 4. Esquema general de una red de aire comprimido



Fuente: Página de internet: <http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23_distribucion_de_aire_comprimido.html>

El aire comprimido es una aplicación en la que se introduce aire a un compresor para elevar su energía, pasando posteriormente por un filtro de suciedad y eliminando la humedad, sus usos son muy variados en la industria, en el Laboratorio de Máquina Térmicas Alternativas se usará para limpieza de bancos y puestos de trabajo. Sus usos van desde el funcionamiento de herramientas de todo tipo hasta el accionamiento de elementos neumáticos como las válvulas y el transporte de materiales. El proceso de aire comprimido no se basa sólo en el compresor, debido al proceso de compresión el aire tendrá unos niveles de humedad, partículas y contenido de aceite lo que no es deseable, no sólo por el desgaste que generaría en las herramientas impulsadas por él, también por las impurezas inadmisibles en los procesos de aire comprimido. Además de un compresor se usarán filtros y secadores, un depósito de aire para amortiguar el uso del compresor.

Las redes de aire comprimido deben tener en cuenta ciertos parámetros, estos dependen de la aplicación que se le dará al aire, en el caso del LMTA será para el

funcionamiento de un banco (dinamómetro de rodillos) y pistolas de aire comprimido ubicadas en puntos específicos que se usarán para la limpieza de los bancos de prueba y su área. La presión debe oscilar entre 6 y 7 [Bar] y el caudal depende de la demanda de los puntos y por último los accesorios o conexiones representarán una cantidad de pérdida que dependen de la presión y caudal de la línea.

2.3.1 Tecnologías de compresión.

Son tres principales tecnologías de compresión:

- Compresor de pistón
- Compresor de tornillo
- Compresor centrífugo

Que usan diferentes principios mecánicos de compresión que serán más eficientes para diferentes caudales de aire, por lo que en la práctica se elige basándose exclusivamente en el caudal necesario.

En el **compresor de pistón** el aire se mueve dentro de un cilindro y se presiona con un émbolo, el proceso es igual que la etapa de compresión en motores de combustión. El pisto en su posición más baja llenará el cilindro de aire a presión exterior, durante el movimiento el volumen de aire se reducirá y por ende aumentará su presión y al llegar a su posición más alta el aire será liberado por la válvula a la mayor presión posible de la cámara.

El **compresor de tornillo** consiste en dos tornillos, que se propulsan por un motor, al girar el aire pasa por el espacio entre estos que va reduciéndose cada vez más, con lo que se obtiene la presión del aire. El desgaste de los tornillos se evita por lubricación con aceite que se ira con el aire para ser filtrado y reutilizado.

Los **compresores centrífugos** constan de un rotor con álabes que acelerará el fluido ganando energía cinética, el aire chocará con un difusor que convierte la velocidad en presión para ser expulsado y usado en los puntos de trabajo. Este sistema no requiere lubricación con aceite, pero son usados para caudales de aire altos ya que su costo es muy elevado y están hechos a medida.

2.3.2 Tecnologías de secado.

Existen dos tecnologías para el secado del aire:

- Secado por refrigeración
- Secado por adsorción

La diferencia de ambas son la calidad del aire que se obtiene, siendo aire más seco en el secado por adsorción. Para medir la humedad del aire se emplea el punto de rocío, cuanto más baja sea la temperatura, más seco es el aire.

En el secado por refrigeración se reduce la temperatura del aire para condensar la mayor cantidad de agua y se pueda recoger, alcanzando temperaturas de 2°C. por otra parte los secadores de adsorción contienen un material que retiene la humedad del aire que pasa por su alrededor, el material se satura de partículas de agua por lo que se debe realizar un mantenimiento del mismo por medio de aire seco y caliente que arrastre esas partículas, por lo tanto estos secadores tienen dos torres de secado que alternan sus ciclos de secado y refrigeración.

2.4 DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO

La distribución en planta busca ordenar los espacios necesarios para el movimiento del personal, la visualización, manipulación y ejecución de las pruebas durante las prácticas, facilitar el almacenaje y movimiento de combustibles, como se muestra en un ejemplo en la figura 5, por último y no menos importante, la evacuación del

personal, todo esto utilizando de forma efectiva el espacio y dando flexibilidad a la organización de los diferentes bancos.

El espacio de trabajo debe tener en cuenta que:

- Los objetos a manejar están situados de tal forma que el trabajador y el espectador mantengan una buena postura.
- Hay facilidad de movimiento del trabajador y el espectador alrededor de los bancos.
- Las herramientas a usar son de fácil acceso y se puede ajustar la ubicación de las mismas.
- La circulación es cómoda de un banco a otro, evitando choques y tropiezos con obstáculos.

Figura 5. Ejemplo de un esquema general de un laboratorio automotriz



Fuente: <http://www.christiani-fachraum.de/fachraum-fahrwerk-und-bremse/>

3. AISLAMIENTO ACÚSTICO ⁴

Las salas deben ser proyectadas y construidas de forma que el ruido percibido por el personal próximo se mantenga a niveles aceptables en que la salud de los mismos no se vea afectada.

3.1 ACÚSTICA

La acústica se encarga de estudiar la generación, transmisión, recepción, absorción, detección, reproducción y control de ondas mecánicas que se propagan a través de materia, tanto sólida como líquida, por medio de modelos físicos y matemáticos.

3.2 SONIDO Y RUIDO

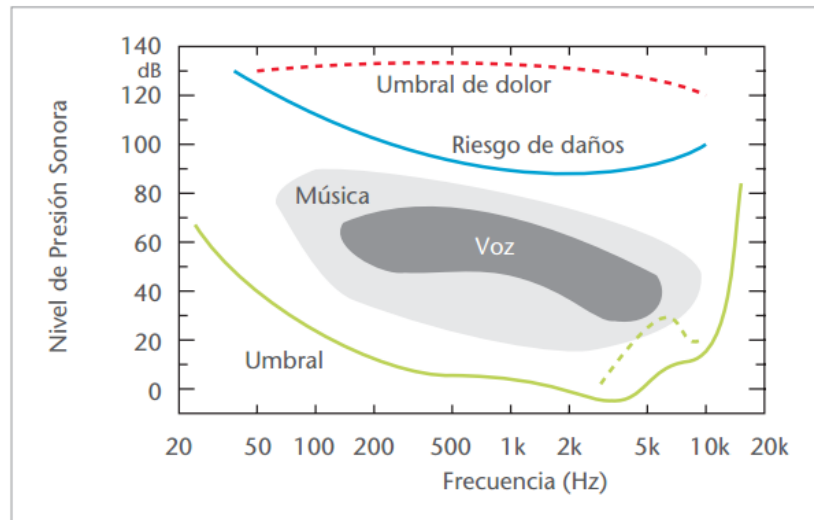
El sonido es la percepción del oído a la propagación de ondas mecánicas por medio de un fluido, este fenómeno puede ser agradable o incómodo (ruido) para las personas y en un área aislada debe controlarse de la mejor manera. El sonido se considera como ruido de forma subjetiva, ya sea porque este genere sensación de molestia física o psicológica, porque se generen diferentes sonidos que no tengan armonía para su espectador o sus espectadores o porque interfiera a la ejecución de las actividades pertinentes. Aunque en general el sonido tiene un punto general en el que se considerará ruido y se tendrá que evitar.

Aparte de una frecuencia el sonido debe tener una intensidad, esto para que pueda excitar la membrana lo suficiente, si la amplitud es muy pequeña no será excitada lo suficiente, pero si es muy grande, la excitación será muy alta afectando la

4 referencia bibliográfica: Manual de Aislamiento Acústico. Composan [en línea] disponible en < ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/composan/composan_acustica.pdf >.

integridad y generando sensación de dolor y mareo. En la figura 6 se puede ver los diferentes rangos y frecuencias necesarios para el oído humano.

Figura 6. Rangos sonoros de importancia



Fuente: Página de internet: <ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/composan/composan_acustica.pdf>

Si la cuantificación de la presión acústica se hiciera en Pascales, se usaría una escala de 2×10^8 unidades, pero se evita eso usando una escala logarítmica y se introduce el concepto de presión acústica en Decibelios, que se expresa como:

$$L_p = 20 \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad \text{Ecuación (1)}$$

L_p es el nivel de la presión sonora en Decibelios [dB], P es la presión acústica existente en Pascales [Pa] y P_0 es la presión acústica de referencia o umbral auditivo. Con esto se conoce que 0[dB] es la ausencia de sonido y 140 [dB] es el umbral de dolor.

En el LMTA se trabajará con diferentes motores a gasolina y diésel, estos motores entran en un rango de presión sonora de 75 – 85 [dB] lo que es un ruido considerable si hay una exposición prolongada a este (1 hora o más).

3.3 CAMPO AUDIBLE

Cuando una onda elástica propagada por un medio alcanza nuestro oído se generan vibraciones en la membrana auditiva, que será captada por nuestro cerebro sólo si se encuentra entre los 20 y 20×10^3 [Hz], fuera de este rango los sonidos no serán audibles y se considerarán ultrasonidos para valores mayores o infrasonidos para los menores.

3.4 SUMA Y RESTA DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA

Cuando diferentes fuentes de sonido están activas el nivel de la presión sonora percibida aumentará, el aumento de la misma se puede definir como:

$$L_{total} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

En otras ocasiones se quiere conocer el ruido generado en un punto que se encuentra cerca a diferentes fuentes de ruido, por tanto, se debe recurrir a la siguiente fórmula:

$$L_0 = L_{0+I} - L_I = 10 \log \left[10^{\frac{L_0}{10}} - 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad \text{Ecuación (3)}$$

Al propagarse el sonido ocurren diferentes fenómenos, cuando este llega a una superficie se disipará, los obstáculos que se enfrentan a las ondas sonoras ya sean muros, personas, cualquier cuerpo presente harán que este sea reflejado, absorbido

y transmitido. Para fines acústicos se ubican diferentes materiales absorbentes para retener mayor cantidad energía y la transmisión sea menor, también materiales aislantes que reflejen el sonido y así la cantidad a absorber sean menor.

3.5 PRINCIPIO DE AISLAMIENTO

El aislamiento acústico de los materiales se define como:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde S es la superficie de la pared de ensayo y A es la absorción de la sala receptora.

El aislamiento de una pared se calcula por medio de la Ley de Masa, dada por:

$$R = 20 \log \left(\frac{Mw}{2Z} \right) = 20 \log \left(\frac{Mw}{2\rho c} \right) \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$R = 20 \log M + 20 \log f - 43 \quad \text{Ecuación (6)}$$

Siendo M la masa por unidad de superficie, w la frecuencia angular, Z la impedancia acústica del aire, ρ la densidad volumétrica del aire y c la velocidad del sonido en el aire. Se aprecia que una pared aumenta su aislamiento en 6 [dB] cuando se duplica su masa, algo que no es muy práctico en lugares que necesiten muros livianos, por lo que se usan paredes dobles.

Las paredes dobles ubican diferentes materiales, uno tras otro, con el objetivo de tener un aislamiento mayor sin necesidad de un aumento de masa desproporcionado. Sin embargo, un aislamiento tan alto sólo se puede lograr

cuando entre dos paredes no hay ningún acoplamiento, para paredes múltiples existen tres tipos de acoplamientos:

- La resonancia de las paredes
- Las ondas estacionarias
- Los acoplamientos rígidos entre paredes

Una pared doble presenta un sistema masa-muelle-masa a bajas frecuencias, donde las masas son las capas de la pared y el muelle la cámara de aire que las separa, este tipo de sistemas vibra y posee una frecuencia de resonancia propia que se define como:

$$f_r = \left(\frac{60}{2\pi}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{d}\right) \cdot \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}\right)} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde d es la distancia de las paredes y M_i son las masas superficiales de las paredes. Un criterio de diseño importante es que esta frecuencia debe ser menor a 100 [Hz].

3.6 MATERIALES DE AISLAMIENTO

Existen diferentes tipos de materiales para el aislamiento acústico, estos tienen la propiedad de absorber y reflejar una mayor cantidad de energía que proviene de las ondas mecánicas del sonido que inciden contra estos, si se transforma esta energía de las ondas mecánicas en calor por medio de fricción significa que la absorción del ruido fue efectiva, la disminución del ruido se relaciona con la característica de un material para absorber energía acústica conocida como coeficiente de absorción acústica α .

Los diferentes tipos de materiales absorbentes son:

- **Porosos o fibrosos:** en el cual la onda acústica incide y se refleja una porción muy pequeña, gracias a los poros que tiene el material el aire entra a este y sirve como medio de transmisión de energía de las ondas sonoras, haciéndolo vibrar y transformar el ruido en calor. La relación entre la rigidez del material y el ruido absorbido por este es directamente proporcional, debido a la velocidad relativa de las partículas de aire y el choque de estas con las paredes del material. El coeficiente de absorción también aumenta en un material con mayor porosidad.
- **Membranas:** las membranas acústicas absorben energía acústica transformándola en energía mecánica que generará un movimiento u oscilación de la misma y reflejan otra parte del sonido, cuando aumenta la frecuencia del ruido que incide a la membrana, esta ve afectada su rendimiento en un 50-60%.
- **Resonadores:** se constituyen por recipientes de volumen cerrado, comunicándose con el exterior por medio de pequeñas ranuras, al entrar una onda mecánica en estos se presentarán contracciones y dilataciones en la masa del resonador, el aire contenido opondrá una fuerza haciéndolo actuar como un resorte, los materiales de construcción de resonadores son madera, yeso o metal. Aunque el efecto de absorción de los resonadores es muy selectivo se puede mejorar instalando un material poroso entre las placas perforadas.

4. NORMATIVIDAD PARA EL DISEÑO DEL LMTA

Para el diseño de este laboratorio se necesitará la aplicación de las diferentes normas, en los sistemas auxiliares tendremos normas para renovación de aire y ambientes de trabajo aptos para el hombre, también se tendrán en cuenta los códigos para almacenaje de combustibles y líquidos inflamables, normas para aislamientos acústicos y también normas para los materiales y construcción de las redes de ventilación y extracción.

4.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

El instituto colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) es un organismo nacional de carácter privado, sin ánimo de lucro, el cual se hace cargo de fomentar la normalización, certificación, metrología y gestión de calidad en Colombia. Se conforma por la vinculación voluntaria de representantes del Gobierno Nacional, los sectores privados de producción, distribución y consumo, el sector tecnológico en sus diferentes ramas y toda persona jurídica y natural que esté interesada en pertenecer a él.

En la normalización, la misión del instituto es promover, desarrollar y guiar la aplicación de Normas Técnicas Colombianas (NTC) y otros documentos normativos, esto con la finalidad de alcanzar una economía óptima de conjunto, mejorar la calidad y mejorar la calidad de cliente-proveedor

A continuación, se mencionan las normas a tener en cuenta para el desarrollo de este proyecto:

Norma NTC 2348. Máquinas y equipos. Conductos de aire: Se aplican a materiales para fabricación de sistemas de conectores y conductos de aire, esto de acuerdo a

la norma NFPA para instalación de sistemas de ventilación y aire acondicionado No. 90A y No. 90B.

Norma NTC 5183. Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores: En esta norma se especifican las tasas máximas de ventilación y calidad del aire interior, aceptable para los ocupantes y minimiza la posibilidad de efectos adversos para la salud.

Norma NTC 3631. Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial: Esta norma aplica a los recintos donde se instalan artefactos a gas para uso doméstico, comercial e industrial de cualquier tipo de edificación que requiere aire para satisfacer demandas de renovación, dilución y combustión.

4.2 NORMAS INTERNACIONALES

A continuación, se mencionan las normas internacionales que se aplican en el presente proyecto:

Norma UNE-EN 12354. Acústica de la edificación: Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos

Norma ISO 140. Acústica: Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Estimación del aislamiento acústico entre locales y el ruido de impacto.

Norma UNE-EN 1505. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección rectangular. Dimensiones: La norma europea establece medidas de ductos de chapa metálica y accesorios de sección rectangular.

Norma UNE-EN 1506. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección circular. Dimensiones: La norma europea establece medidas de ductos de chapa metálica y accesorios de sección circular.

Código NFPA 30. Código de líquidos inflamables y combustibles: Este código debe aplicarse al almacenamiento y manipulación de combustibles y líquidos inflamables, también se incluyen los desechos líquidos según se definición y clasificación propia.

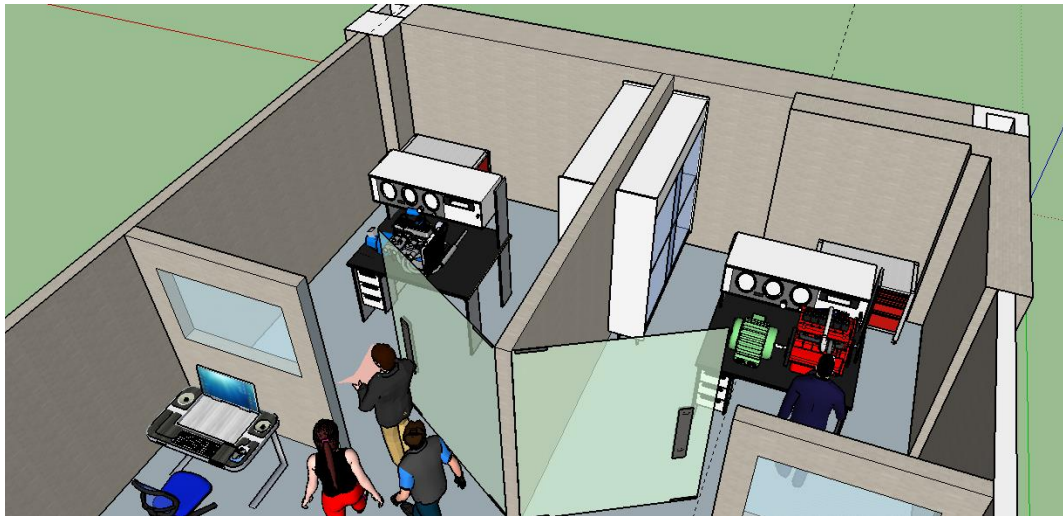
Norma SAE J1349. Norma de ensayo de la potencia de los motores.

5. DISEÑO DE SISTEMAS AUXILIARES PARA EL LABORATORIO DE MTA

El diseño del LMTA va dirigido para estudiantes de pregrado, posgrado y servicios de extensión, con el cual se lograra formación académica por parte de los estudiantes de ingeniería mecánica de pregrado y especialización automotriz, investigación por parte de los estudiantes de posgrado y semilleros de investigación como lo es el grupo GIEMA y venta de servicios por parte de la oficina de extensión de ingeniería mecánica por lo tanto el laboratorio de máquinas térmicas necesitará de los sistemas anteriormente mencionados (ver Capitulo 2) para la comodidad y precisión de sus pruebas, además de esto se tendrá una disposición especial en la que se diferencian 3 zonas importantes que son:

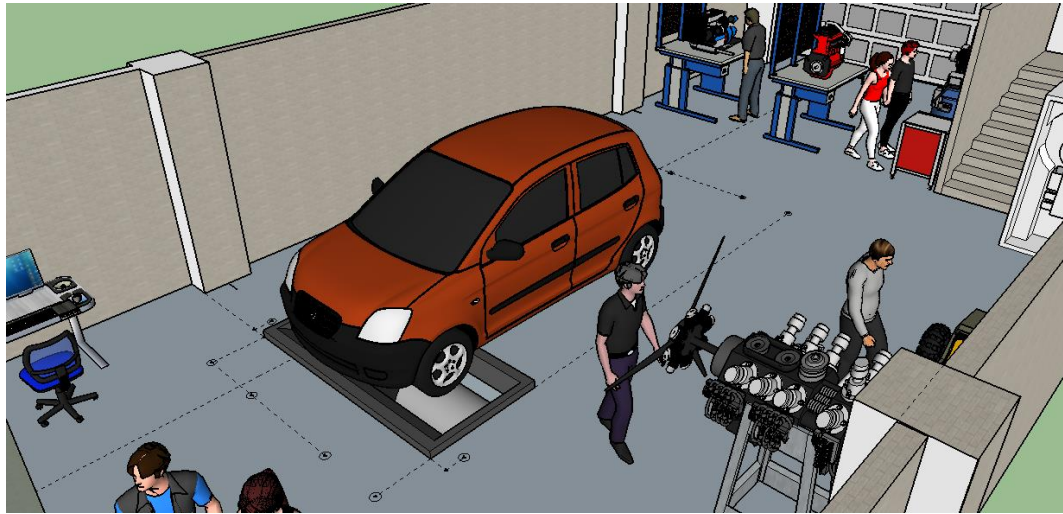
- Zona de cuartos de aislamiento: En la zona de cuartos de aislamiento se encontrarán los equipos que generarán más ruido, sus paredes son diseñadas especialmente para esto y las puertas y ventanas presentes en la sala también están dispuestas con el fin de aislar y reducir el sonido que llegará a los operarios y personal que se encuentre en el LMTA.

Figura 7. Zona de cuartos de aislamiento



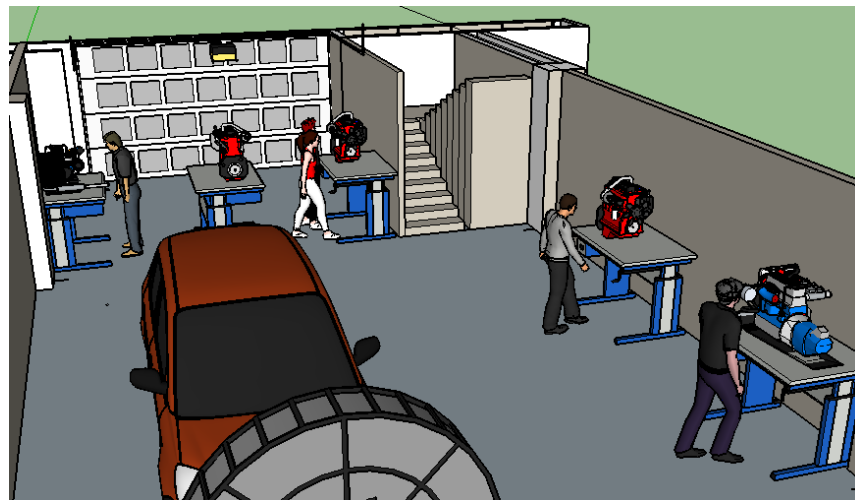
- Zona de dinamómetro de rodillos: El Dynojet 224x necesita un espacio lo suficientemente grande como para ubicar un vehículo y permitir la circulación, este espacio se encuentra frente a la entrada principal del LMTA, permitiendo el acceso rápido y más importante aún, una cómoda cátedra y experiencia con las pruebas que se harán en el dinamómetro.

Figura 8. Zona de dinamómetro de rodillos



- Zona de bancos de prueba móviles

Figura 9. Zona de bancos de prueba móviles



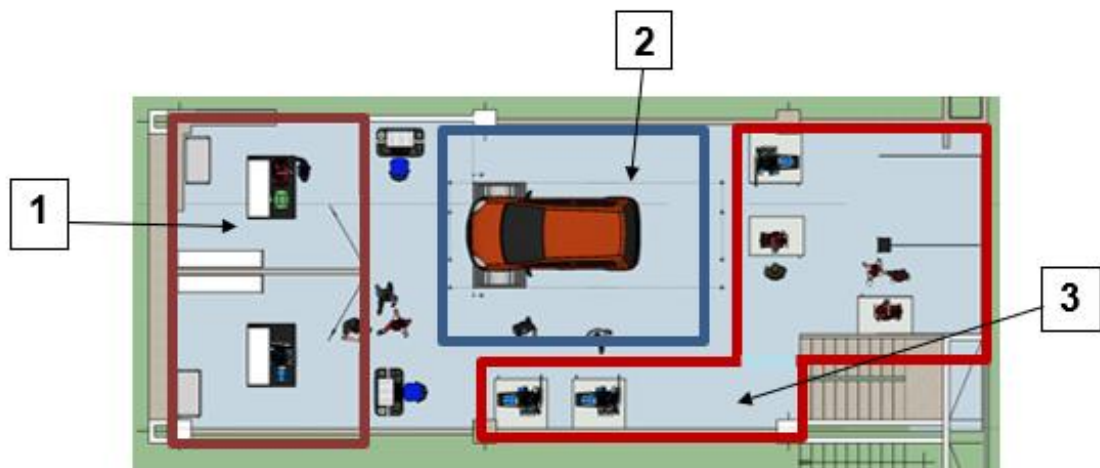
Los bancos móviles estarán alrededor de la zona de dinamómetro esto facilita la implementación de los sistemas de ventilación, extracción de gases y distribución de aire comprimido.

5.1 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

La distribución se hará por zonas, separando los bancos que necesitan un aislamiento particular en cuartos especiales dotados con su respectivo control. El dinamómetro de rodillos se tiene planeado para un punto de fácil acceso de vehículos de prueba, por lo que aprovecha el punto de control del grupo electrógeno. La zona de bancos de prueba móviles se ubicó en la entrada, brindando libertad a los usuarios de acomodarlos según su preferencia y necesidades, al igual que en la zona de bancos didácticos móviles.

El orden mostrado (ver figura 10) puede ser cambiado dependiendo de la necesidad, pero los sistemas serán diseñados para suplir los requerimientos de las diferentes zonas, además se ha distribuido previendo la adición de nuevos bancos.

Figura 10. Esquema de distribución para el LMTA



Las dimensiones de los bancos que ocuparán el laboratorio son:

Zona 1

- Bancos zonificados por requerimientos especiales:
 - Dinamómetro de rodillos *Dynojet Automotive Chassis Dynamometer Model 224x*
 - Grupo Diesel de generación eléctrica, controlado desde PC, con SCADA y control PID *TDEGC*: 1380 x 840 x 2010 [mm] aproximadamente

Zona 2

- Dinamómetro de motor: 1380 x 840 x 2010 [mm] aproximadamente

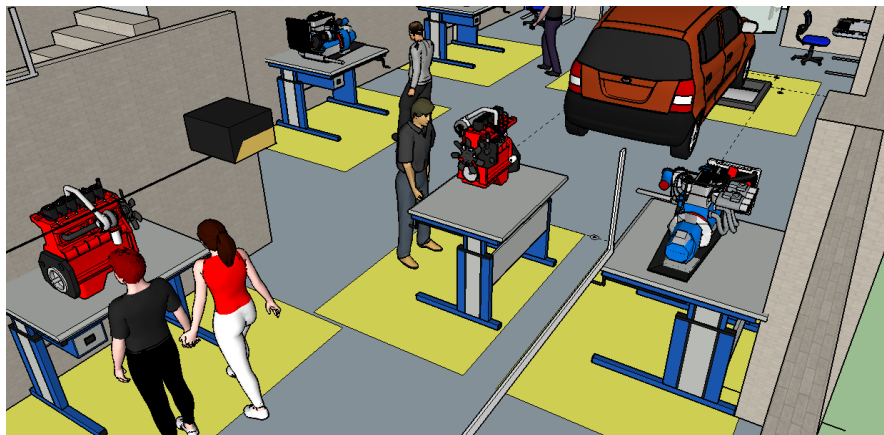
Zona 3

- Bancos didácticos:
 - Banco de ensayos para motores de 4 cilindros, 75 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC75* : 1200 x 1000 x 1000 [mm] aproximadamente
 - Motor Stirling, controlado desde PC, con SCADA *TMSC* : 450 x 400 x 480 [mm] aproximadamente
- Bancos de combustión móviles:
 - Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 2,2 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC3*: 1100 x 900 x 1700 [mm] aproximadamente

- Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 7,5 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC8*: 1600 x 1000 x 1500 [mm] aproximadamente
- Banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros, 11 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC12*: 1100 x 900 x 1700 [mm] aproximadamente

Esta distribución brinda comodidad en el recorrido, dando espacio de circulación entre bancos, comodidad en la explicación de los mismos ampliando el rango de visualización de las prácticas, en la figura 11 se pueden apreciar los espacios de trabajo en los bancos, el espacio resaltado en amarillo es de como mínimo 0,8 [m] guiándonos por la Norma Española NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo.

Figura 11. Espacio de trabajo para operar los bancos.



En el recorrido del laboratorio también debe ser cómodo, en la figura 12 se muestra el espacio con el que se cuenta para circulación, cabe resaltar que esta vía no se encuentra demarcada y se resalta en la figura sólo con fines explicativos.

$$Q_{pistola} = 0,003 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$P_{pistola} = 6,9 [Bar]$$

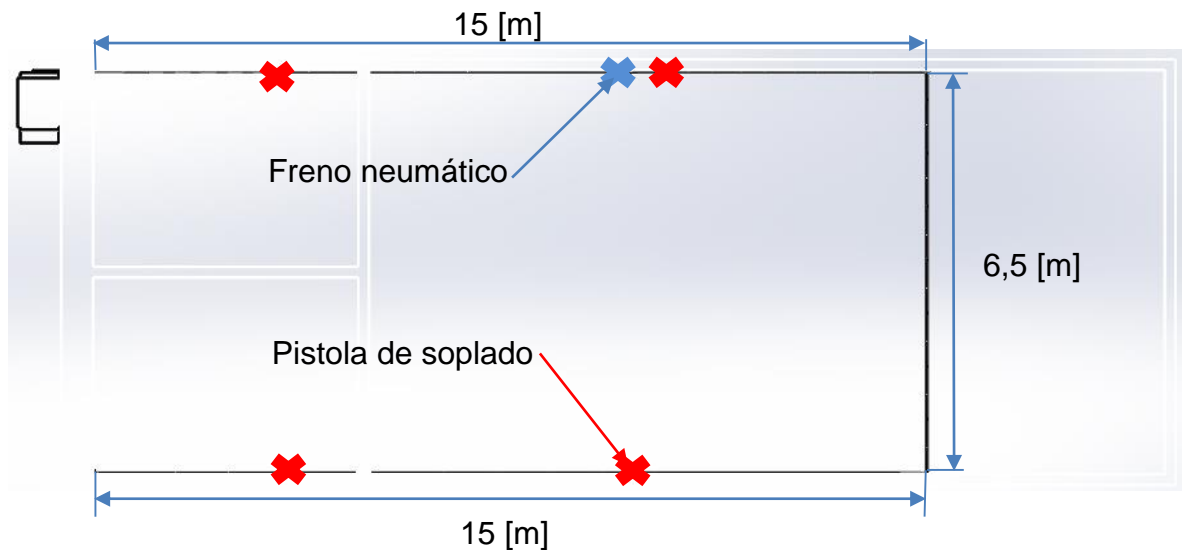
El dinamómetro, como se mencionó anteriormente, necesita:

$$Q_{pistola} = 0,0025 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$P_{pistola} = 6,9 [Bar]$$

Un esquema aproximado de la red se muestra en la figura 13, detallando las longitudes de los tramos principales y las acometidas.

Figura 13. Esquema de la red de aire comprimido.



La longitud de las acometidas será de 2 [m], y el desarrollo de la red de aire comprimido se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Desarrollo del sistema de aire comprimido

| TRAMO | Q [m³/s] | L [m] | H _{accesorios} [Bar] | | | | D _{tubería} [inch] | H _{tub} [Bar] | H _T [Bar] |
|-------|----------|-------|-------------------------------|---------|---------|---|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| | | | Codo 90° | Unión T | Válvula | | | | |
| 1-A | 0,002 | 2 | - | - | 0,008 | ½ | 0,001 | 0,009 | |
| A-B | 0,002 | 6,5 | - | - | 0,0016 | 2 | 0,0887 | 0,1047 | |
| 2-B | 0,002 | 2 | - | - | 0,008 | ½ | 0,001 | 0,009 | |
| B-C | 0,004 | 9,2 | - | 0,004 | 0,016 | 2 | 1,255 | 1,275 | |
| 3-C | 0,002 | 2 | - | - | 0,008 | ½ | 0,001 | 0,009 | |
| C-D | 0,006 | 9,2 | - | 0,004 | 0,016 | 2 | 1,255 | 1,275 | |
| 4-D | 0,002 | 2 | - | - | 0,008 | ½ | 0,001 | 0,009 | |
| D-E | 0,008 | 0,5 | - | 0,004 | 0,016 | 2 | 0,0887 | 0,1087 | |
| 5-E | 0,0025 | 2 | - | - | 0,008 | ½ | 0,001 | 0,009 | |
| E-F | 0,0105 | 6,5 | - | 0,004 | 0,016 | 2 | 0,001 | 0,009 | |
| 6-F | 0,002 | 2 | - | - | 0,008 | ½ | 0,001 | 0,009 | |
| F-G | 0,125 | 7 | - | 0,004 | 0,016 | 2 | 0,0955 | 0,1155 | |

El diámetro de la línea principal se calculará con la velocidad de los tramos principales, la cual está entre 6 – 10 [m/s].

$$\phi = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = 39,9 \sim 51,5 [mm] \approx 2"$$

El diámetro de las acometidas se calcula con la velocidad permitida en las acometidas que se encuentra entre 15 – 20 [m/s]


$$\phi = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = 14,5 \sim 12,6 [mm] = 0,5"$$

Con estos datos se selecciona la tubería de la red, la cual será AIRNET de aluminio y fácil instalación.

Figura 14. Catálogo de tuberías de aluminio AIRNET.

> Tubería de aluminio para aire (6 m / 20 pies)

2810 □□00 □□



| DESIGNACIÓN | Ø EXTERIOR (mm / pulg) | Ø INTERIOR (mm / pulg) | LONGITUD (m / pies) | PESO (kg / lbs) | UNIDADES LOTE |
|--------------|------------------------|------------------------|---------------------|-----------------|---------------|
| 2810 1000 10 | 20 / ¾" | 17.4 / 0.69" | 6 / 20 | 1.2 / 2.6 | 10 |
| 2810 2000 10 | 25 / 1" | 22.2 / 0.87" | 6 / 20 | 1.9 / 4.2 | 10 |
| 2810 4000 05 | 40 / 1½" | 36.4 / 1.43" | 6 / 20 | 3.5 / 7.7 | 05 |
| 2810 5000 04 | 50 / 2" | 46.0 / 1.81" | 6 / 20 | 4.6 / 10.1 | 04 |
| 2810 6000 03 | 63 / 2½" | 59.0 / 2.32" | 6 / 20 | 6.2 / 13.7 | 03 |
| 2810 7000 02 | 80 / 3" | 76.0 / 2.99" | 6 / 20 | 9.5 / 20.9 | 02 |
| 2810 8800 00 | 100 / 4" | 97 / 3.88" | 5.7 / 19 | 14 / 30 | 01 |

Fuente: Página de internet: < http://viewer.airnet-system.com/Airnet_PR_LR/Airnet_PR_LR.pdf>

La tubería que se ajusta a nuestros requerimientos es la AIRNET 2810 1000 10

Figura 15. Catálogo de codos AIRNET.

> Curva de 90°

2810 □□03 □□



| REFERÊNCIA DA PEÇA | Ø (mm / pol.) | TAMANHO DO LOTE |
|--------------------|---------------|-----------------|
| 2810 1003 00 | 20 / ¾" | 01 |
| 2810 2003 00 | 25 / 1" | 01 |
| 2810 4003 00 | 40 / 1½" | 01 |
| 2810 5003 00 | 50 / 2" | 01 |
| 2810 6003 00 | 63 / 2½" | 01 |
| 2810 7003 00 | 80 / 3" | 01 |
| 2810 8003 00** | 100 / 4" | 01 |

** Adicione sempre 2 conexões iguais 2810 8002 00 para cada curva de 100/ 4"


Fuente: Fuente: Página de internet: < http://viewer.airnet-system.com/Airnet_PR_LR/Airnet_PR_LR.pdf>

Los codos para la tubería son 2810 1003 00

Figura 16. Catálogo de codos AIRNET.

> Unión en T simétrica

2810 □□05 □□



| DESIGNACIÓN | Ø (mm / pulg) | DIMENSIONES (mm / pulg) | | | UNIDADES LOTE |
|----------------|------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------|
| | | L | A | H | |
| 2810 1005 00 | 20 / ¾" | 127 / 5" | 82 / 3.2" | 36 / 1.4" | 01 |
| 2810 2005 00 | 25 / 1" | 155 / 6.1" | 100 / 3.9" | 45 / 1.8" | 01 |
| 2810 4005 00 | 40 / 1½" | 249 / 9.8" | 160 / 6.3" | 72 / 2.8" | 01 |
| 2810 5005 00 | 50 / 2" | 286 / 11.3" | 188 / 7.4" | 89 / 3.5" | 01 |
| 2810 6005 00 | 63 / 2½" | 247 / 9.7" | 138 / 5.4" | 92 / 3.6" | 01 |
| 2810 7005 00 | 80 / 3" | 314 / 12.4" | 213.5 / 8.4" | 113 / 4.4" | 01 |
| 2810 8005 00** | 100 / 4" | 304 / 12.2" | 100 / 4" | 202 / 8" | 01 |

Fuente: Página de internet: < http://viewer.airnet-system.com/Airnet_PR_LR/Airnet_PR_LR.pdf>

Codos para la red 2810 1005 00

Para la selección del compresor consideramos la presión de trabajo la cual es 7 [Bar] y la pérdida de presión de la red que es de 2,89 [Bar], además del caudal (0,0125 [m³/s]).

El depósito de nuestra red de aire comprimido se estima con la siguiente ecuación

$$V_{deposito} = \frac{15 * Q_{red} * P_{atm}}{Z_s * \Delta P_{red}} = 12 [m^3]$$

Se estima una frecuencia de conexión en el compresor de 20 [h⁻¹]

Figura 17. Catálogo de compresores KAESER-AIRBOX/AIRBOX CENTER.

| Modelo | Presión máx. psi | Caudal* a 100 psi*) cfm | Factor de carga máx**) % | Pot. nominal del motor hp | Nivel de presión acústica ***) dB (A) | Punto de rocío °C | Volumen tanque almacen l | Conexión de aire comprimido | Dimensiones an x prof x al mm | Peso Kg |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------|
| AIRBOX CENTER 4 | 145 | 10.2 | 100 | 4 | 61 | +5 | 200 | G 1/2 | 1490 x 730 x 1500 | 360 |
| AIRBOX CENTER 5 | 145 | 13.0 | 100 | 5 | 63 | +5 | | | | 375 |
| AIRBOX CENTER 7 | 145 | 20.0 | 100 | 7 | 67 | +5 | 270 | G 3/4 | 1730 x 820 x 1640 | 490 |
| AIRBOX CENTER 12 | 100 | 35.0 | 100 | 12 | 68 | +5 | | | | 550 |
| AIRBOX CENTER 12-2 | 145 | 30.9 | 100 | 12 | 68 | +5 | | | | 550 |

Fuente: página de internet<http://www.hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/kaeser.pdf>

Revisando diferentes catálogos de compresores, el que se ajusta de mejor forma a nuestros requerimientos es el AIRBOX CENTER 12 - 2 de KAESER con las siguientes características:

- Presión máxima de trabajo = 10 [Bar]
- Caudal de aire = 30,9 [ft³/min]
- Potencia nominal = 12 [Hp]
- Dimensiones (largo – profundo – ancho [mm]) = 1730 – 820 – 1640
- Peso del sistema = 550 [kg]
- Incluye:
 - Filtro para toma de aire
 - Compresor
 - Depósito
 - Drenaje de condensado
 - Refrigerado y secador
 - Filtro

5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Este diseño del sistema de inyección de aire tiene como objetivo principal disipar el calor que generan los bancos durante su funcionamiento, así se dispone de un espacio en donde el estrés térmico no será un inconveniente, además, los motores no sufrirán problemas por deformación o fallo de sus elementos debido a las altas temperaturas, también ayuda al cambio de aire en el interior del laboratorio por uno más limpio.

Para dimensionar la red de ventilación se necesita conocer el caudal que debe transportar la tubería, este caudal depende de la carga térmica que generen los bancos durante su funcionamiento y la cantidad de puntos que requieran ventilación, sin embargo, previniendo futuros cambios y mejoras del laboratorio, el caudal que

se asume para cada punto de ventilación será el caudal que necesita el banco que genere mayor carga térmica, como también asumir que todos las áreas van a necesitar ventilación a pesar que el banco no lo requiera.

Con el anterior criterio de diseño presente, es necesaria una comparación de cargas térmicas de los diferentes bancos de prueba, esta comparación se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Potencia útil de los sistemas ubicados en los bancos de cada zona.

| Nombre del banco | Potencia útil [Kw] |
|--------------------------------------|--------------------|
| Renault logan (dynojet 224x) | 85 |
| Banco de ensayos TBMC3 | 2,2 |
| Banco de ensayos TBCM8 | 7,5 |
| Banco de ensayos TBCM12 | 11 |
| Banco de ensayos TBCM75 | 75 |
| Motor Stirling | - |
| Grupo Diésel de generación eléctrica | 20 |
| Dinamómetro de motor – motor kia | 64 |

Se requieren dos puntos de ventilación para el Renault logan, ya que el vehículo puede ubicarse con sus ruedas traseras o delanteras sobre el dinamómetro y se necesita que la corriente de aire entre golpeando el frente del vehículo. En las salas de ensayo se requiere ventilación para un dinamómetro de motor en el que posiblemente se encuentre un motor de vehículo pequeño (KIA picanto) y un grupo de generación eléctrica, respecto a los bancos móviles, el que requiere mayor caudal de ventilación será el banco de ensayos TBCM75, los otros se tomarán igual a la carga térmica del banco de ensayos TBCM12, esto para darle la flexibilidad requerida al LMTA.

Tabla 4. Porcentajes de potencia consumida en un motor de 85 [Kw]

| | DYNOJET | | DINAMÓMETRO MOTOR | | BANCO TBCM75 | | GRUPO GENERACIÓN | | BANCO TBCM12 | |
|-----------------------------------|---------|--------|----------------------|-------|-----------------|-------|---------------------|-------|-----------------|-------|
| | [%] | [kw] | [%] | [kw] | [%] | [kw] | [%] | [kw] | [%] | [kw] |
| POTENCIA ÚTIL | 31 | 85 | 31 | 75 | 31 | 64 | 31 | 20 | 31 | 11 |
| POTENCIA DISIPADA EN GASES | 33 | 90,484 | 33 | 79,84 | 33 | 68,13 | 33 | 21,29 | 33 | 11,71 |
| POTENCIA DISIPADA POR RADIADOR | 25 | 68,548 | 25 | 60,48 | 25 | 51,61 | 25 | 16,13 | 25 | 8,87 |
| POTENCIA DISIPADA AL AMBIENTE | 12 | 32,903 | 12 | 29,03 | 12 | 24,77 | 12 | 7,74 | 12 | 4,26 |

El calor generado por la potencia que no se aprovecha como movimiento en el motor para el vehículo Logan se define con la ecuación

$$H_{logan} = Pot_{radiador} + Pot_{amb} = 101,45 [Kw]$$

Como el vehículo no se desplaza durante su funcionamiento se debe disipar este calor por medio de un ventilador que empuje una corriente de aire directamente simulando el movimiento del carro.

En cuanto a los otros bancos como el dinamómetro de motor y el banco TBCM75, se tomará simplemente la potencia disipada al ambiente, el calor disipado por el radiador es demasiado alto y genera problemas de diseño en la red de inyección de aire y es estrictamente necesario un sistema de refrigeración por agua.

$$H_{kia} = Pot_{amb} = 24,774 [Kw]$$

$$H_{TBCM75} = Pot_{amb} = 29,032[Kw]$$

Para los bancos de generación eléctrica y TBCM12, según especificaciones técnicas, se debe disipar todo el calor por medio de aire así que se tendrán en cuenta la potencia disipada al radiador y ambiente en su cálculo de caudal de aire, el menor valor será tomado también para los bancos de menor potencia a 12 [Kw]

$$H_{generación} = Pot_{radiador} + Pot_{amb} = 23,87 [Kw]$$

$$H_{TBCM12} = 13,13 [Kw]$$

Con la carga térmica del motor y las características del fluido que se usará para la disipación de calor se puede calcular el caudal necesario con la ecuación

$$Q_{aire} = \frac{H_{motor}}{C_{p_{aire}} * \rho_{aire} * \Delta T}$$

$$C_{p_{aire@25^{\circ}C}} = 1012 \left[\frac{J}{kg * K} \right]$$

$$\rho_{aire@25^{\circ}C} = 1,184 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Es habitual considerar un incremento de la temperatura en 15° del aire que ataca la máquina térmica:

$$\Delta T = 15^{\circ}C$$

$$Q_{aire_{logan}} = \frac{31,45}{1,012 * 1,184 * 15} = 5,6446 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_{aire_{kia}} = \frac{7,68}{1,012 * 1,184 * 15} = 1,378 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_{aire_{TBCM75}} = \frac{9}{1,012 * 1,184 * 15} = 1,615 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_{aire_{generacion}} = \frac{7,4}{1,012 * 1,184 * 15} = 1,33 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_{aire_{TBCM12}} = \frac{4,07}{1,012 * 1,184 * 15} = 0,73 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Tabla 5. Caudal de ventilación requerido por los diferentes bancos.

| | Caudal | Puntos de ventilación |
|-------------------|--------|-----------------------|
| Dynojet | 5,6446 | - |
| Dinamómetro motor | 1,378 | 1 |
| Banco TBCM75 | 1,615 | 1 |
| Grupo Generación | 1,33 | 1 |
| Banco TBCM12 | 0,73 | 4 |

Para el diseño de la red de inyección de aire es necesario ubicar los puntos de ventilación, aunque el laboratorio tenga un diseño flexible, facilitando la reubicación de los bancos, los puntos de ventilación no serán tan flexibles lo que obliga a que las pruebas se hagan en un punto específico para su ventilación. Estos puntos se muestran en la figura 18, los datos requeridos para los cálculos están en la tabla 6, y la tabla de cálculos en la sección de anexos, sin embargo, se mencionarán las ecuaciones y criterios empleados en el diseño de la red.

Figura 18. Esquema de la red de ventilación por inyección de aire.

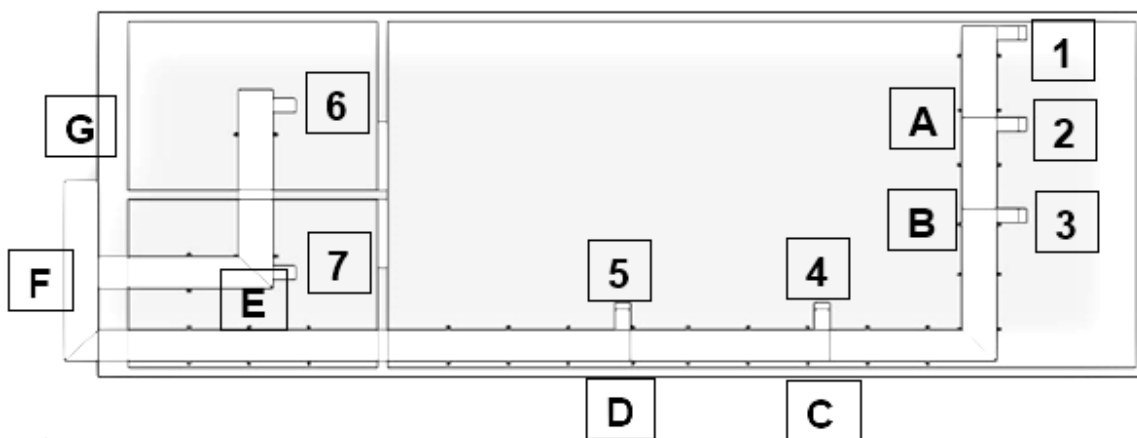


Tabla 6. Desarrollo del diseño de la red de ventilación.

| Tramo | Q [m³/s] | L [m] | Haccesorios [Pa] | | | Ø [mm] | W [mm] | H [mm] | H _{duc} [Pa] | H _r [Pa] |
|-------|----------|-------|------------------|---------|-----------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------|
| | | | Codo 90° | Unión T | Reducción | | | | | |
| 1-A | 0,731 | 5 | 42,84 | - | 9,28 | 450 | 500 | 300 | 11,2 | 63,32 |
| 2-A | 0,731 | 3 | 42,84 | 24,96 | - | 450 | 500 | 300 | 6,6 | 74,4 |
| A-B | 1,462 | 2 | - | - | - | 500 | 600 | 350 | 13,2 | 13,2 |
| 3-B | 0,731 | 3 | 42,84 | 24,96 | - | 450 | 500 | 300 | 6,6 | 74,4 |
| B-C | 2,193 | 6 | 150,6 | - | - | 500 | 600 | 350 | 31,5 | 182,1 |
| 4-C | 0,731 | 4 | 42,84 | 24,96 | - | 450 | 500 | 300 | 8,8 | 76,6 |
| C-D | 2,924 | 4 | - | - | 36 | 500 | 600 | 350 | 17,5 | 53,5 |
| 5-D | 1,33 | 4 | 42,84 | 24,96 | - | 450 | 500 | 300 | 6,1 | 73,88 |
| 6-E | 1,33 | 7 | 42,84 | 23,36 | - | 500 | 600 | 350 | 10,3 | 76,5 |
| 7-E | 1,62 | 3 | 42,84 | - | - | 500 | 600 | 350 | 4,1 | 46,94 |
| D-F | 4,254 | 13 | 150,6 | - | 36 | 550 | 750 | 400 | 46,1 | 232,7 |
| F-G | 7,204 | 2 | - | - | - | 750 | 800 | 600 | 5,1 | 5,1 |

Algunos parámetros a tener en cuenta para el diseño de la red de inyección de aire serán:

Figura 19. Velocidad del aire a la salida para diferentes recintos.

| Conductos Tipo instalación | m/s Caudal máximo | Conducto principal | Ramal secundario |
|--|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Instalaciones individualizadas | 500 a 1000 | 1 a 3 | 1 |
| | 1000 a 5000 | 3 a 5 | 1 a 3 |
| | 5000 a 10000 | 5 a 7 | 2 a 4 |
| Instalaciones centralizadas: | | | |
| - Residencias, salones, hoteles | | 3 a 5 | 1 a 3 |
| - Locales públicos, oficinas | | 5 a 7 | 1 a 3 |
| - Espacios industriales | | 5 a 10 | 2 a 5 |
| Instalaciones semi centralizadas: | | | |
| - Locales residenciales: | | | |
| Conductos baja velocidad (cerca personas) | | 2 a 7 | 3 a 4 |
| Conductos velocidad media | | 5 a 10 | 3 a 5 |
| Conductos alta velocidad (alejados) | | 10 a 20 | 5 a 10 |
| - Locales públicos: | | | |
| Conductos velocidad media | | 5 a 10 | 3 a 5 |
| Conductos alta velocidad (alejados) | | 12 a 25 | 5 a 10 |

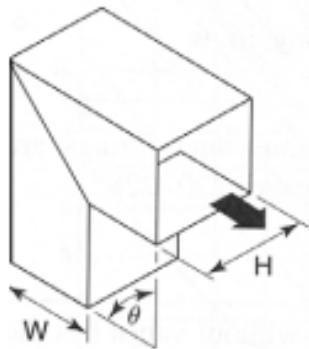
Para las líneas principales tomaremos una velocidad alta (15 [m/s]), esto reduce el tamaño de la red de ventilación, aunque para las salidas o ramales secundarios la velocidad será mucho menor (8 [m/s]) evitando el ruido.

Los diámetros de las diferentes secciones se calculan con la siguiente ecuación

$$\phi = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}}$$

Las pérdidas de carga por accesorios se toman de la figura 20

Figura 20. Pérdidas de carga en codo recto.



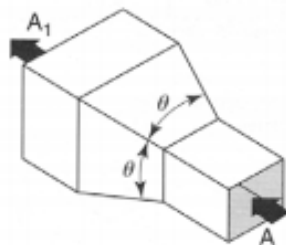
| θ | H/W | | | | | |
|----------|-------|------|------|------|------|------|
| | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| 20 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| 30 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,13 |
| 45 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,31 | 0,28 | 0,27 |
| 60 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,52 | 0,46 | 0,43 |
| 75 | 0,87 | 0,84 | 0,81 | 0,77 | 0,67 | 0,63 |
| 90 | 1,30 | 1,20 | 1,20 | 1,10 | 0,98 | 0,92 |

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

Fuente: página de internet

<<http://www.sumytech.com/documentacion/Calculo%20de%20conductos.pdf>>

Figura 21. Pérdidas de carga en reducciones.



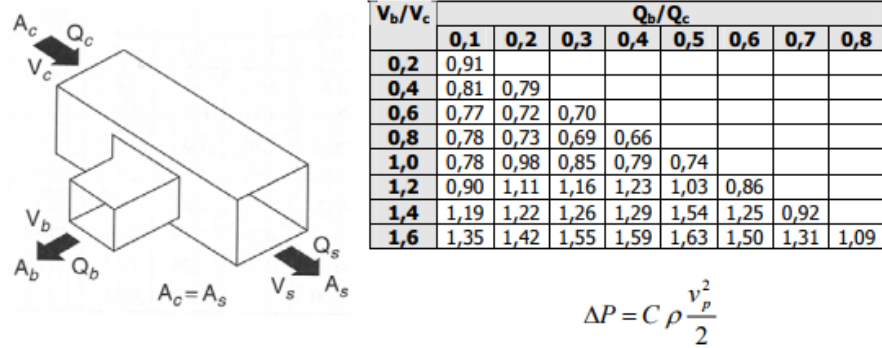
| A_1/A | θ | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|
| | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 |
| 2 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,30 |
| 4 | 0,50 | 0,56 | 0,61 | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| 6 | 0,58 | 0,68 | 0,72 | 0,76 | 0,76 | 0,75 |
| ≥ 10 | 0,59 | 0,70 | 0,80 | 0,87 | 0,85 | 0,86 |

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

Fuente: página de internet

<<http://www.sumytech.com/documentacion/Calculo%20de%20conductos.pdf>>

Figura 22. Pérdidas de carga en uniones T a 45°.

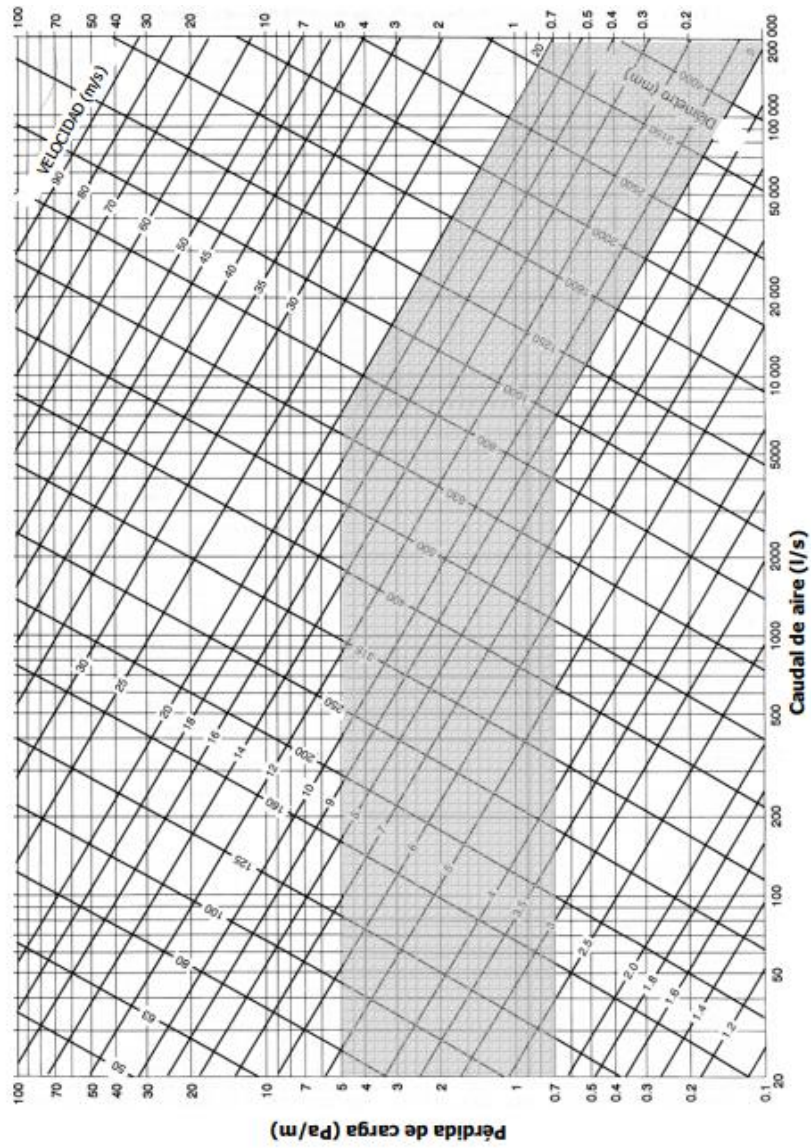


Fuente: página de internet

<<http://www.sumytech.com/documentacion/Calculo%20de%20conductos.pdf>>

Las pérdidas de carga en los ductos se estiman con la figura 23.

Figura 23. Pérdida de carga en ducto de lámina de acero para aire.



Fuente: página de internet

<<http://www.sumytech.com/documentacion/Calculo%20de%20conductos.pdf>>

El cambio de sección de circular a rectangular se hace con la tabla 7

Tabla 7. Cambio de sección circular a rectangular en ductos de aire.

| CONDUCTO (mm.) | 150 | | 200 | | 250 | | 300 | | 350 | |
|-------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | S | ↓ | S | ↓ | S | ↓ | S | ↓ | S | ↓ |
| 250 | 0.036 | 213 | 0.048 | 249 | | 287 | | | | |
| 300 | 0.042 | 231 | 0.057 | 272 | 0.071 | 302 | 0.087 | 333 | | |
| 350 | 0.043 | 249 | 0.067 | 292 | 0.084 | 328 | 0.103 | 367 | 0.119 | 389 |
| 400 | 0.055 | 264 | 0.075 | 308 | 0.094 | 348 | 0.115 | 384 | 0.134 | 414 |
| 450 | 0.061 | 280 | 0.084 | 328 | 0.106 | 368 | 0.129 | 407 | 0.151 | 439 |
| 500 | 0.067 | 292 | 0.092 | 343 | 0.117 | 384 | 0.142 | 427 | 0.163 | 460 |
| 550 | 0.072 | 305 | 0.100 | 358 | 0.128 | 404 | 0.156 | 447 | 0.184 | 485 |
| 600 | 0.078 | 315 | 0.107 | 377 | 0.139 | 422 | 0.169 | 465 | 0.193 | 503 |
| 650 | 0.032 | 326 | 0.118 | 384 | 0.149 | 435 | 0.182 | 483 | 0.214 | 524 |
| 700 | 0.083 | 335 | 0.123 | 396 | 0.158 | 450 | 0.193 | 498 | 0.229 | 541 |
| 750 | 0.093 | 346 | 0.130 | 409 | 0.168 | 465 | 0.205 | 514 | 0.244 | 559 |
| 800 | 0.099 | 356 | 0.137 | 479 | 0.179 | 478 | 0.218 | 529 | 0.260 | 576 |
| 850 | 0.105 | 366 | 0.148 | 432 | 0.188 | 490 | 0.230 | 544 | 0.274 | 592 |
| 900 | 0.109 | 374 | 0.153 | 442 | 0.198 | 504 | 0.242 | 556 | 0.288 | 607 |
| 950 | 0.113 | 381 | 0.160 | 452 | 0.208 | 516 | 0.255 | 572 | 0.303 | 622 |
| 1000 | 0.113 | 389 | 0.167 | 463 | 0.216 | 526 | 0.267 | 585 | 0.318 | 637 |
| 1050 | 0.123 | 396 | 0.172 | 470 | 0.225 | 536 | 0.276 | 595 | 0.330 | 650 |
| 1100 | 0.128 | 404 | 0.130 | 480 | 0.233 | 546 | 0.288 | 607 | 0.343 | 662 |
| 1150 | 0.132 | 412 | 0.188 | 488 | 0.242 | 556 | 0.293 | 618 | 0.359 | 678 |
| 1200 | 0.137 | 419 | 0.193 | 498 | 0.250 | 567 | 0.310 | 630 | 0.373 | 691 |
| 1250 | | | 0.196 | 506 | 0.260 | 577 | 0.320 | 641 | 0.384 | 701 |
| 1300 | | | 0.205 | 574 | 0.270 | 587 | 0.330 | 657 | 0.398 | 714 |
| 1350 | | | 0.212 | 521 | 0.276 | 595 | 0.343 | 664 | 0.410 | 724 |
| 1400 | | | 0.218 | 531 | 0.286 | 605 | 0.354 | 674 | 0.422 | 734 |
| 1450 | | | 0.225 | 636 | 0.296 | 676 | 0.365 | 684 | 0.434 | 744 |
| 1500 | | | 0.237 | 544 | 0.303 | 622 | 0.376 | 694 | 0.448 | 756 |
| 1600 | | | 0.244 | 559 | 0.320 | 640 | 0.392 | 709 | 0.472 | 778 |
| 1700 | | | | | 0.336 | 656 | 0.415 | 729 | 0.497 | 798 |
| 1800 | | | | | 0.355 | 674 | 0.436 | 746 | 0.527 | 820 |
| 1900 | | | | | 0.380 | 696 | 0.454 | 762 | 0.543 | 834 |
| 2000 | | | | | 0.384 | 701 | 0.478 | 782 | 0.570 | 854 |
| 2100 | | | | | | | 0.502 | 800 | 0.594 | 876 |
| 2200 | | | | | | | 0.517 | 813 | 0.615 | 887 |
| 2300 | | | | | | | 0.535 | 828 | 0.640 | 905 |
| 2400 | | | | | | | 0.546 | 839 | 0.650 | 920 |
| 2500 | | | | | | | | | 0.685 | 937 |
| 2600 | | | | | | | | | 0.704 | 951 |
| 2700 | | | | | | | | | 0.731 | 966 |
| 2800 | | | | | | | | | 0.750 | 981 |

Fuente: página de internet

<<http://www.sumyteck.com/documentacion/Calculo%20de%20conductos.pdf>>

Con los datos obtenidos en la tabla 6 se calcula la potencia requerida

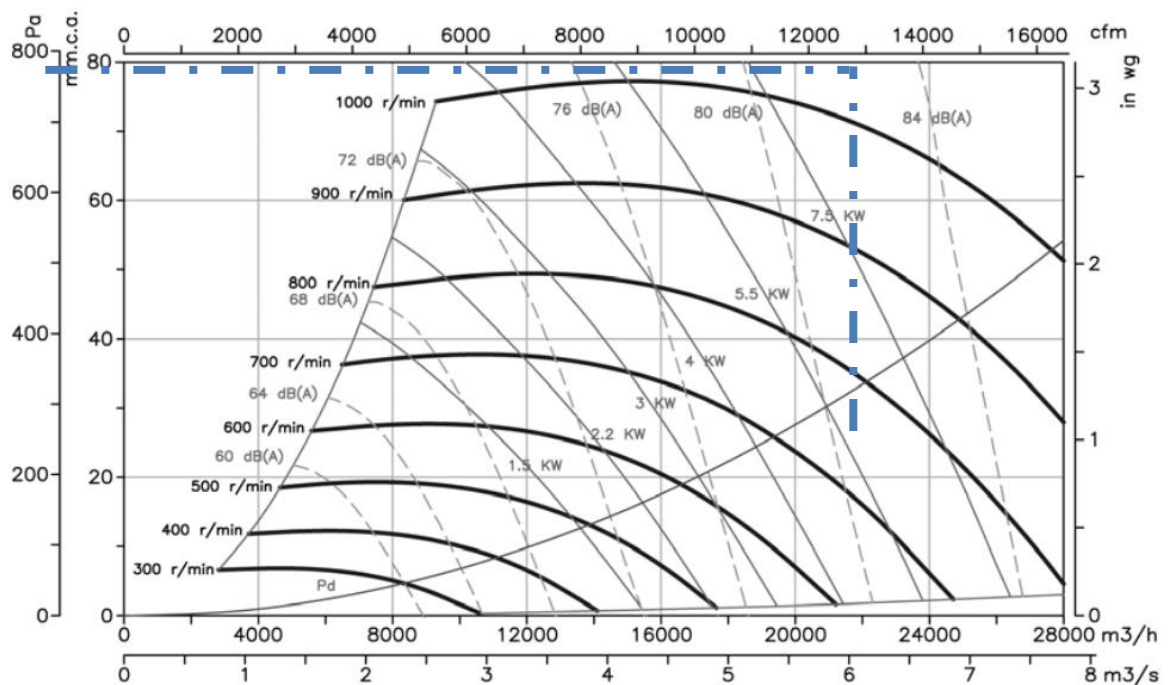
$$Pot_{aire} = Q * \Delta P_{total} \quad \text{Ecuación (27)}$$

$$Pot_{aire} = Q * \Delta P_{total} = 4041.44 [W] \approx 5,42 [Hp]$$

Los datos requeridos para la selección del ventilador requerido por el sistema:

- $Q_{total} = 7.204 \left[\frac{m^3}{s} \right]$
- $Pot_{aire} = 5,42 [Hp]$
- $\Delta P_{total} = 561 [Pa]$

Figura 24. Catálogo de ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, protectores y turbina con alabes hacia adelante, SODECA.



| Modelo | Velocidad (r/min) | Intensidad máxima admisible (A) | | | Potencia instalada (kW) | Caudal máximo (m³/h) | Temperatura del aire (°C) | | Peso aprox. (Kg) | Versión de Montaje |
|----------------|-------------------|---------------------------------|-------|------|-------------------------|----------------------|---------------------------|------|------------------|--------------------|
| | | 220V | 380V | 660V | | | mín. | máx. | | |
| CBXT-18/18-1,5 | 480 | 4,5 | 2,59 | | 1,10 | 9000 | -20 | +80 | 122,0 | B |
| CBXT-18/18-2 | 605 | 6,0 | 3,45 | | 1,50 | 9250 | -20 | +80 | 125,3 | B |
| CBXT-18/18-3 | 590 | 8,4 | 4,85 | | 2,20 | 11500 | -20 | +80 | 133,7 | B |
| CBXT-18/18-4 | 640 | 11,2 | 6,48 | | 3,00 | 13200 | -20 | +80 | 135,7 | B |
| CBXT-18/18-5,5 | 675 | 15,0 | 8,65 | | 4,00 | 15000 | -20 | +80 | 141,0 | B |
| CBXT-18/18-7,5 | 760 | | 11,40 | 6,60 | 5,50 | 17000 | -20 | +80 | 154,5 | B |

Fuente: Página de internet: http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT01_centrifugo_enlinea_2014ES.pdf

Se selecciona el ventilador CBXT 18/18 7,5

Para disipar el calor del vehículo presente en el dinamómetro de rodillos se usarán ventiladores que moverán el aire presente en el laboratorio hacia el radiador del auto. El caudal impulsado por estos ventiladores debe ser de aproximadamente 5,7 [m³/s] o mayor.

Basados en diferentes catálogos, encontramos que un ventilador industrial de tambor de la marca “AIR KING” modelo 9942D sule la necesidad de ventilación en este punto funcionando en su punto más alto

Figura 25. Especificaciones y rendimiento de un ventilador industrial de tambor AIR KING.

| SPECIFICATIONS | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------|-----|------------|-------------|----------------|------------|----------------------|---------------|-------------|------------|
| MODEL | DESCRIPTION | HP | BLADE SIZE | CONTROLS | POWER CORD | COMPLIANCE | PRODUCT DIMENSIONS | WEIGHT (LBS.) | CUBE (FEET) | LIST PRICE |
| 9942D | 42" Belt Driven Drum Fan | 1/3 | 42" | Side Switch | Black, 10' SJT | ETL, OSHA | 47"L x 19"W x 45"H | 93.0 | 23.90 | \$700.00 |
| 9936D | 36" Belt Driven Drum Fan | 1/3 | 36" | Side Switch | Black, 10' SJT | ETL, OSHA | 40"L x 20"W x 40.5"H | 75.0 | 18.75 | \$650.00 |
| 9236D | 36" Direct Drive Drum Fan | 1/2 | 36" | Side Switch | Black, 10' SJT | ETL, OSHA | 38"L x 16"W x 40.5"H | 61.0 | 14.25 | \$600.00 |

| PERFORMANCE | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|--------|-------|--------|----------------|-------|------|------|-----|------|------|-------|-----|------|-----|
| MODEL | TYPE | SPEEDS | VOLTS | PHASES | BEARINGS | CFM | | RPM | | AMPS | | WATTS | | DB A | |
| | | | | | | HIGH | LOW | HIGH | LOW | HIGH | LOW | HIGH | LOW | HIGH | LOW |
| 9942D | 42" 1/3 HP | 2 | 120 | Single | Enclosed, Ball | 13000 | 8600 | 490 | 320 | 6.50 | 3.80 | 460 | 235 | 68 | 58 |
| 9936D | 36" 1/3 HP | 2 | 120 | Single | Enclosed, Ball | 9200 | 6000 | 575 | 380 | 6.50 | 3.70 | 440 | 230 | 62 | 55 |
| 9236D | 36" 1/2 HP | 2 | 120 | Single | Enclosed, Ball | 10900 | 7850 | 1120 | 805 | 6.60 | 5.70 | 725 | 565 | 78 | 66 |

Fuente: Página de internet:

<<http://www.airkinglimited.com/catalogs/IndustrialCatalog.pdf>>

5.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN

En el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas de la Escuela de Ingeniería Mecánica, se usarán motores de combustión interna que generan gases de escape que tienen altos porcentajes de gases nocivos para la salud del personal presente en las áreas de prueba. Se tendrán dos motores en salas aisladas, un vehículo funcionando en el dinamómetro de rodillos y tres bancos de combustión móviles, éstos tendrán su punto de extracción propia, además se adecuará el sistema para dos puntos más que podrán ser o no adaptados, según la decisión del cliente.

El caudal que manejarán los puntos de extracción será el 80% del caudal de aire en cada punto de suministro, así se evitan sobrepresiones y se hace una renovación de aire en el recinto. Los caudales se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Caudal de extracción en los diferentes ramales.

| | Caudal [m ³ /s] | Puntos de ventilación |
|-----|----------------------------|-----------------------|
| 1-A | 0,6 | 1 |
| 2-A | 1,0 | 1 |
| 3-B | 1,3 | 1 |
| 4-B | 1,0 | 1 |

Figura 26. Disposición de la red de extracción de gases.

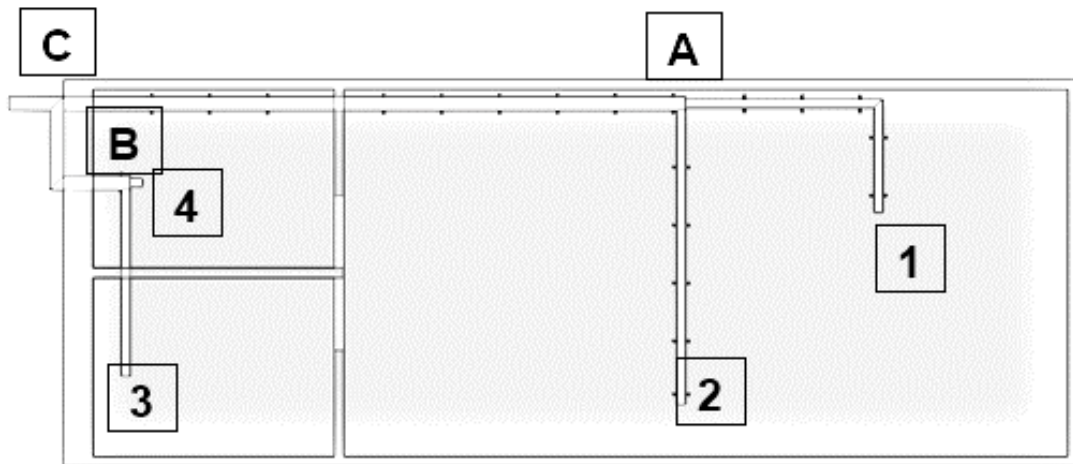


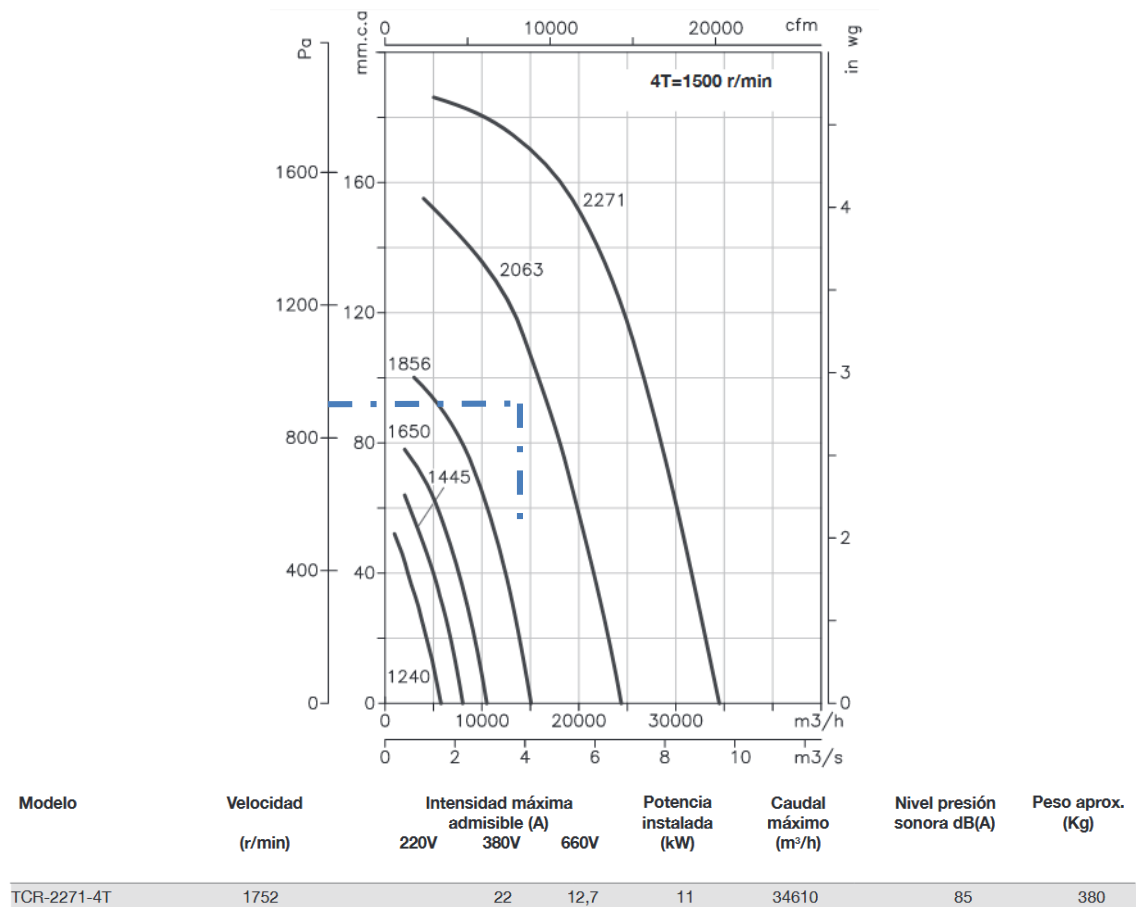
Tabla 9. Desarrollo del diseño de la red de extracción de gases.

| Tramo | Q [m ³ /s] | L [m] | Haccesorios [Pa] | | | Ø [mm] | W [mm] | H [mm] | H _{duc} [Pa] | H _T [Pa] |
|-------|-----------------------|-------|------------------|---------|-----------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------|
| | | | Codo 90° | Unión T | Reducción | | | | | |
| 1-A | 0,6 | 11 | 89,4 | - | 20,67 | 400 | 400 | 350 | 7,7 | 117,7 |
| 2-A | 1 | 10,5 | 89,4 | 26,07 | - | 400 | 400 | 350 | 18,9 | 134,37 |
| 3-B | 1,3 | 7,5 | 90,8 | - | 20,67 | 450 | 500 | 350 | 10,5 | 121,9 |
| 4-B | 1 | 3,5 | 90,8 | 26,07 | - | 450 | 500 | 350 | 3,5 | 120,37 |
| A-C | 1,6 | 13 | - | - | - | 570 | 800 | 350 | 7,8 | 7,8 |
| B-C | 2,3 | 3 | 170,4 | 91,66 | - | 570 | 800 | 350 | 5,4 | 267,46 |
| C-D | 3,9 | 2 | - | - | - | 570 | 800 | 350 | 8 | 8 |

Este diseño se desarrolla de igual forma que el sistema de ventilación por inyección de aire visto en la sección anterior (5.3. Diseño del sistema de ventilación) y con los datos obtenidos se calculan la potencia requerida para posteriormente hacer la selección del equipo de extracción.

$$Pot_{aire} = Q * \Delta P_{total} = 1560 [W] \approx 2,1 [Hp]$$

Figura 27. Catálogo de extractores en línea para conductos, con bajo nivel sonoro montados dentro de una envolvente acústica, SODECA



Fuente: http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT01_centrifugo_online_2014ES.pdf Página de internet: <

Según el catálogo de extractores SODECA, el que más se acomoda a nuestras exigencias es el modelo TCR 2271 4T.

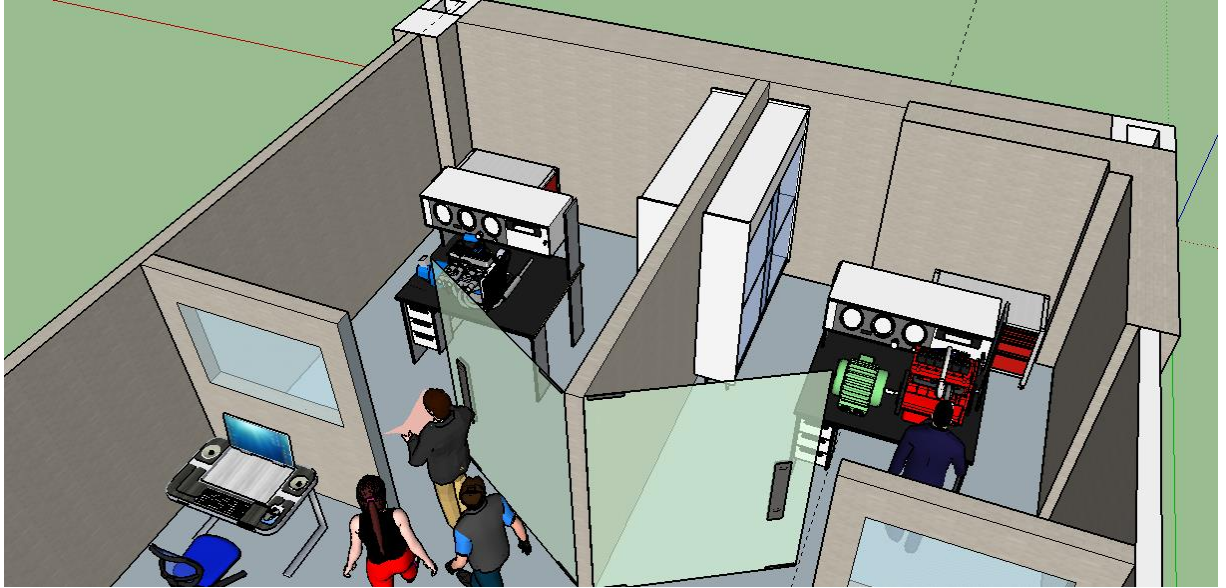
5.5 DISEÑO DEL AISLAMIENTO ACUSTICO REQUERIDO EN LAS SALAS DE ENSAYO.

Para el diseño del aislamiento acústico se deben tener en cuenta que los muros necesitan absorber y aislar la mayor cantidad de ruido sin llegar a ocupar mucho espacio estos se diseñarán como particiones múltiples, usando diferentes materiales en menores cantidades, estos materiales deberán ser de alta densidad y porosidad, el aire que reside entre los materiales mejorará el aislamiento debido a la pérdida de energía por el cambio de medio de transmisión, sin embargo, en este sistema es importante tener en cuenta la frecuencia de resonancia.

Es importante saber qué equipos serán aislados como también cuál es la disposición de los mismos en las salas de ensayos, así se puede definir un buen aislamiento acústico en el LMTA.

En el cuarto 1 (ver figura 28) se encontrará el dinamómetro de eje, el cual funcionará con un motor diésel de KIA picanto, según sus especificaciones técnicas el nivel de ruido que genera el motor es de 77 [dB].

Figura 28. Cuarto de aislamiento dinámómetro de eje (señalar el banco).



En el lado izquierdo de la imagen se aísla el dinámómetro de motor y al lado derecho se aísla el grupo generador de electrógeno.

A continuación, veremos en la figura 29 las especificaciones del motor KIA picanto donde se puede observar el nivel de ruido emitido por este.

Figura 29. Especificaciones técnicas del motor KIA picanto

| | |
|----------------------|-------|
| Noise dB(A) | 72 |
| CO (mg/km) | 111.4 |
| HC (mg/km) | 28.3 |
| NOx (mg/km) | 3.8 |
| HC+NOx (mg/km) | n/a |
| Particulates (mg/km) | 0.84 |

Fuente: Página de internet: <http://www.kia.com/content/dam/kwcms/kme/uk/en/assets/vehicles/All-New%20Picanto/Specifications/picanto_2017-specification.pdf>

Se ubicará en la posición mostrada (ver figura 28) y teniendo en cuenta la posición de la fuente de ruido, se diseñará la pared de tal forma que un operario situado inmediatamente afuera de la sala perciba una presión sonora de 55 [dB], ya que, según la secretaría distrital de ambiente, los espacios educativos como universidades, colegios, etc, deben generar un máximo de ruido de 65 [dB] en el día y 55 [dB] en la noche.

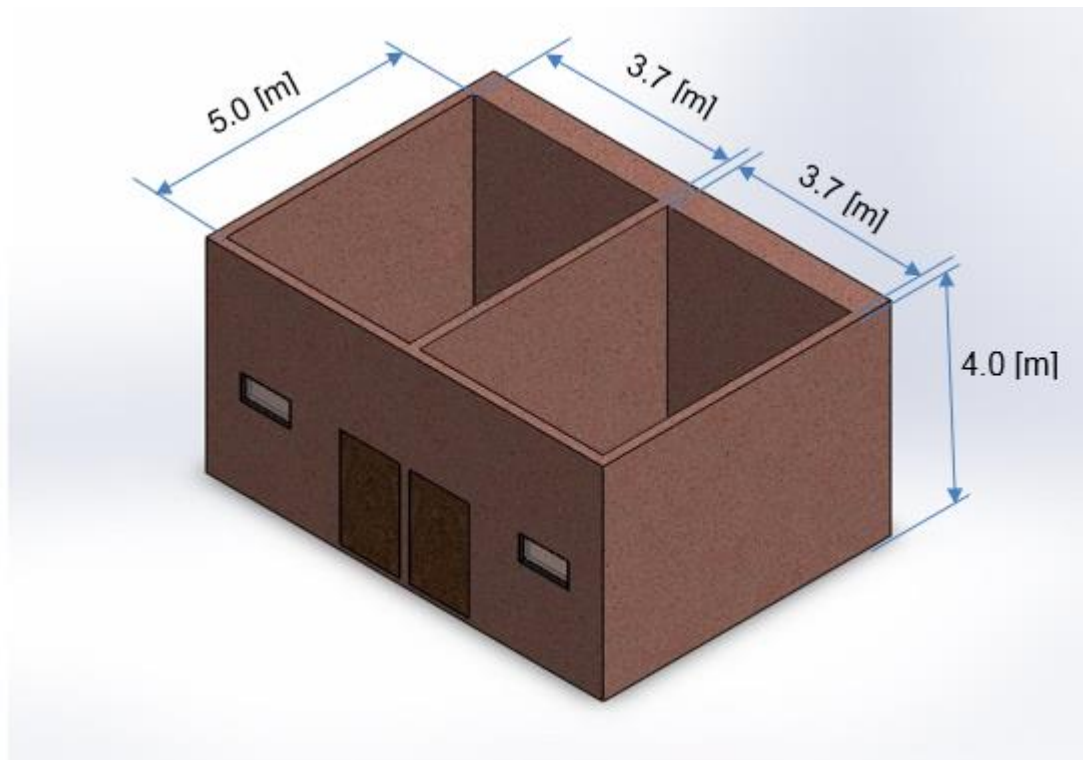
Figura 30. Nivel de ruido máximo permitido.

| Sector | Subsector | Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A) | |
|--|---|--|-------|
| | | Día | Noche |
| Sector A. Tranquilidad y Silencio | Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos. | 55 | 50 |
| Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado | Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. | 65 | 55 |
| | Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación. | | |
| | Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre. | | |

Fuente: Página de internet: <<http://ambientebogota.gov.co/ruido>>

Con este criterio de diseño es suficiente para asumir los materiales, grosores y cantidades, es importante tener en cuenta que las paredes de los cuartos aislados tienen una ventada para observar la práctica y una puerta de acceso (ver figura 31)

Figura 31. Dimensiones de las salas de ensayo.



Para un operario que debe percibir una intensidad sonora de 55 [dB] proveniente de una fuente que genera una intensidad de 77 [dB], se requiere una pared que tenga un aislamiento real de

$$R_{total\ te\acute{o}rico} = L_{fuente} - L_{receptor} = 77 - 55 = 22 [dB]$$

Lo que nos dice que el aislamiento te\acute{o}rico ser\iacute;a

$$R_{total_{real}} = R_{total_{teórico}} * 1,13 = 24,86 \approx 25 [dB]$$

Ahora con el aislamiento real se diseñará la pared, este aislamiento debe ser el total de los elementos constructivos, que en el caso del LMTA son una ventana, una puerta y la pared como tal, un esquema aproximado se muestra en la figura 29,

Dimensiones:

- Puerta 2 x 1 [m]
- Ventana 0,5 x 1 [m]
- Pared 2,6 x 4 [m]

Estas medidas se aproximaron a su valor más alto, esto con el fin de facilitar los cálculos.

$$R_{total_{real}} = 10 * \text{Log}_{10} \left(\frac{A_{total}}{A_{puerta} * 10^{-\frac{R_{puerta}}{10}} + A_{ventana} * 10^{-\frac{R_{ventana}}{10}} + A'_{pared} * 10^{-\frac{R_{pared}}{10}}} \right)$$

Es importante saber que

$$A'_{pared} = A_{pared} - A_{puerta} - A_{ventana} = 10,4 - 2 - 0,5 = 7,9 [m^2]$$

$$A_{total} = 10,4 [m^2]$$

Se define primero el tipo de puerta que se usará en el laboratorio, los valores de densidad por área y su índice de reducción acústico están en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de densidad por área e índice de reducción acústica en algunos materiales.

| TIPO | Nº | DESCRIPCION DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO | mm | kg/m2 | Rw |
|--------|-----|--|------|-------|----|
| PUERTA | 128 | De madera sólida, perímetro sin sellar | 36.0 | 24.0 | 23 |
| | 129 | De madera sólida, perímetro sellado con cinta espuma | 36.0 | 24.0 | 27 |
| | 130 | De madera sólida, perímetro con sellos magnéticos | 36.0 | 24.0 | 30 |
| | 131 | De acero, alma hueca, caras de chapa Nº 18; sin sellar en el perímetro | 40.0 | 26.0 | 17 |
| | 132 | De acero, alma hueca, caras de chapa Nº 18; sellada con cinta-espuma en el perímetro | 40.0 | 26.0 | 28 |

Fuente: Página de internet: <<http://www.fadu.edu.uy/condicionamiento-acustico/wp-content/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Indice-de-Reduccion.pdf>>

Seleccionaremos una puerta sólida de madera con sello magnético, ya que con poco espesor tenemos un índice de reducción alto, lo que nos ahorra espacio en el diseño

$$R_{puerta} = 30 [dB]$$

Al seleccionar la ventana nos importa que cumpla con los valores de reducción acústica y si es posible la selección de la más sencilla para evitar problemas de costos o visualización de las pruebas.

Tabla 11. Valores de densidad por área e índice de reducción acústica en algunos materiales.

| TIPO | Nº | DESCRIPCION DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO | mm | kg/m2 | Rw |
|---------|-----|--|------|-------|----|
| VENTANA | 198 | Vidrio simple 3 mm, marco de madera o metálico | 3.0 | 9.0 | 21 |
| | 209 | Vidrio simple 3 mm, sellada | 3.0 | 9.0 | 30 |
| | 238 | Vidrio simple 4 mm, normalmente cerrada | 4.0 | 10.0 | 25 |
| | 190 | Vidrio simple 4 mm, sellada | 4.0 | 10.0 | 30 |
| | 175 | Vidrio simple 6 mm en marco pesado | 6.0 | 15.0 | 27 |
| | 191 | Vidrio simple 6 mm, sellada | 6.0 | 15.0 | 31 |
| | 176 | Vidrio simple 8 mm en marco pesado | 8.0 | 20.0 | 28 |
| | 177 | Vidrio simple 9 mm, gran paño (2.5 x 4 m), en marco pesado | 9.0 | 22.5 | 29 |
| | 180 | Doble ventana en marcos separados: 2,5 + 7 + 2,5 | 12.0 | 15.0 | 24 |
| | 213 | Vidrio doble 3 + 6 + 3 mm, sellada en marco de metal | 12.0 | 16.0 | 28 |

Fuente: Página de internet: <<http://www.fadu.edu.uy/condicionamiento-acustico/wp-content/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Indice-de-Reduccion.pdf>>

El vidrio simple de 6 [mm] sellado en su perímetro cumple con los requerimientos.

$$R_{\text{vidrio}} = 31 \text{ [dB]}$$

Por último, la pared puede constar de uno o varios elementos, en este caso al requerir una reducción acústica tan baja se puede implementar un solo material que cumpla con este valor.

Según la tabla 12, el material que cumple con el valor requerido de reducción acústica es el hormigón armado con tan solo un espesor de 100 [mm].

$$R_{\text{pared}} = 44 \text{ [dB]}$$

Tabla 12. Valores de densidad por área e índice de reducción acústica en algunos materiales.

| TIPO | Nº | DESCRIPCION DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO | mm | kg/m2 | Rw |
|-------------|----|--|--------|-------|-----------|
| MAMPOSTERIA | 79 | Ladrillo espejo macizo, ambas caras revocadas | 80.0 | 133.0 | 39 |
| | 57 | Bloque hormigón 100 | 100.00 | 145.0 | 44 |
| | 64 | Ladrillo (1/2) macizo visto | 115.0 | 190.0 | 37 |
| | 75 | Ladrillo macizo con orificios, ambas caras revocadas | 125.0 | 145.0 | 44 |
| | 74 | Ladrillo tabicón doble revocado en ambas caras | 130.0 | 115.0 | 42 |
| | 76 | Ladrillo (1/2) macizo, ambas caras revocadas | 145.0 | 250.0 | 47 |
| | 58 | Bloque de hormigón 150, pintado | 150.0 | 195.0 | 45 |
| | 60 | Bloque de hormigón 200, pintado | 200.0 | 245.0 | 53 |
| | 81 | Ladrillo entero 9" macizo, ambas caras revocadas | 259.0 | 440.0 | 54 |
| | 55 | Muro de piedra | 300.0 | 990.0 | 59 |
| | 69 | Doble ladrillo 115 + 50 + 115 mm, trabas "mariposa", revocado en ambas caras | 305.0 | 440.0 | 51 |

Fuente: Página de internet: <<http://www.fadu.edu.uy/acondicionamiento-acustico/wp-content/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Indice-de-Reduccion.pdf>>

Así la reducción acústica total del muro será de

$$\begin{aligned}
& R_{calculada} \\
& = 10 * \text{Log}_{10} \left(\frac{A_{total}}{A_{puerta} * 10^{-\frac{R_{puerta}}{10}} + A_{ventana} * 10^{-\frac{R_{ventana}}{10}} + A'_{pared} * 10^{-\frac{R_{pared}}{10}}} \right) \\
& = 10 * \text{Log}_{10} \left(\frac{10,4}{2 * 10^{-\frac{30}{10}} + 0,5 * 10^{-\frac{31}{10}} + 7,9 * 10^{-\frac{44}{10}}} \right) = 35,8 \approx 35 \text{ [dB]}
\end{aligned}$$

Lo que supera con creces la necesidad y hace el aislamiento de la pared mucho más sencillo.

5.6 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ALMACENAJE DE COMBUSTIBLE

Como se vio en el capítulo 4, en el almacenaje de combustibles líquidos se deben cumplir ciertos parámetros que garantizan la seguridad del personal que se encuentra presente en el LMTA.

Lo primero que haremos será definir los tipos de combustible o líquidos inflamables que se almacenarán en el LMTA, los cuales son gasolina, ACPM, y algunos lubricantes. La gasolina entra en la CLASE I debido a su flash point inferior a 37,8°C, en el caso del ACPM cambia a CLASE II ya que su flash point es superior a 37,8°C y en el caso de los aceites lubricantes su clase sería CLASE IIIB.

Para combustibles CLASE I, CLASE II y CLASE IIIB se tienen diferentes tipos de almacenamiento, en el laboratorio se busca flexibilidad en la disposición de los bancos y mesas de trabajo, por lo que será necesario el transporte de gasolina de un punto a otro, o por otro lado que varios puntos suplan la demanda de gasolina, por lo que se plantea la ubicación de diferentes gabinetes de seguridad en puntos específicos del laboratorio, teniendo en cuenta las restricciones del almacenamiento de combustibles mencionados en el Anexo C.

Cada gabinete de seguridad tendrá como máximo 60 [Gal(US)] de líquidos combustibles, se dispondrán como máximo 3 gabinetes en el laboratorio y los mismo no se ubicarán en áreas cercanas a las entradas y tampoco deben ser un obstáculo a la circulación tanto del personal como de los equipos, para gabinetes que se encuentren en puntos más altos del suelo, su punto más alto no debe pasar de 1 [m] por debajo de cualquier viga cercha.

Con lo anterior en cuenta se estiman gabinetes montados en la pared, de aproximadamente 110 [cm] de ancho, 110 [cm] de alto y 35 [cm] de profundidad, aprovechando mejor el espacio del laboratorio, cada uno de estos puntos almacenará como máximo 80 [L] aproximadamente, con lo que nos mantenemos lejos del margen permitido, se ubicarán 4 puntos iguales como se muestran a continuación (figuras 32, figura 33, figura 34, figura 35).

Figura 32. Imagen de un gabinete de seguridad.



Figura 33. Gabinete de seguridad destinado al área de bancos móviles.

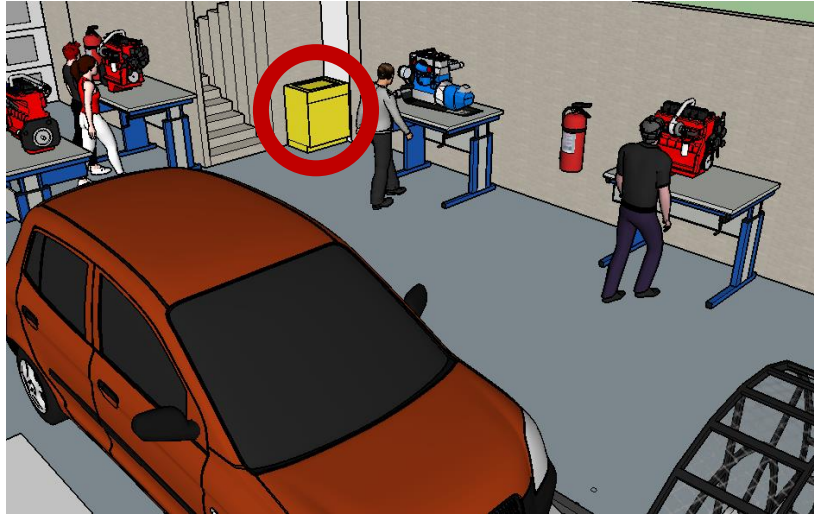


Figura 34. Gabinete de seguridad destinado al área de dinamómetro.

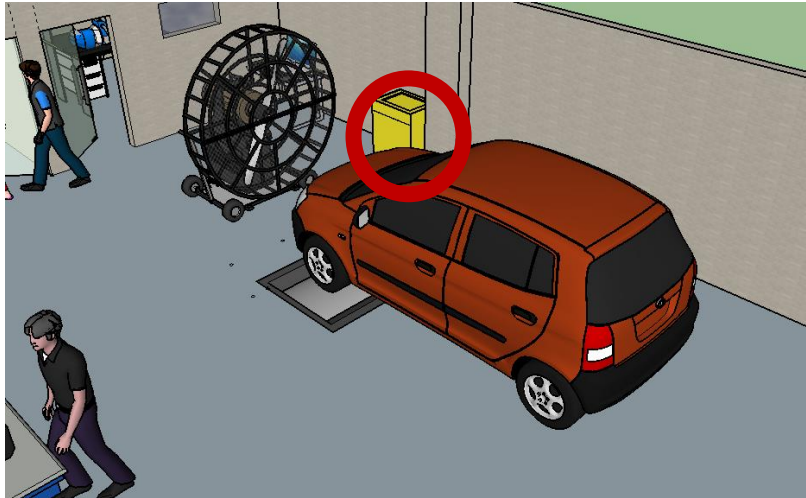
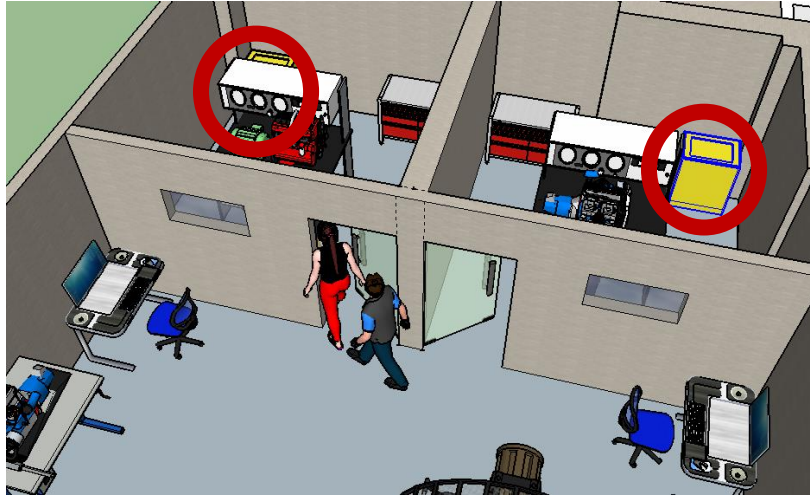


Figura 35. Gabinetes de seguridad ubicados en salas de pruebas aisladas.



5.7 UBICACIÓN DE LOS EXTINTORES EN EL LMTA

Lo primero que se hace es definir el tipo de fuego que se puede presentar en el LMTA, y como se menciona en el Anexo C. se dispondrá de 4 gabinetes de 80 [L] máximo de combustible cada uno, lo que indica un riesgo bastante alto de incendio, además de eso, en el lugar aparte de combustibles también hay puntos de energía eléctrica y dispositivos que funcionan con esta como muebles o mesones de trabajo, los cuales tienen madera que es un elemento que entra fácilmente en combustión, en el dinamómetro tendremos un vehículo que posiblemente tenga magnesio en alguna de sus partes así que también tendremos metales en combustión, por lo que la clase de fuego que tendremos es CLASE A, CLASE B, CLASE C y CLASE K.

Para los fuegos CLASE A se obtiene la clasificación del extintor para un riesgo alto, que en nuestro caso sería 4A el cuál abarca un área de 4000 [ft²]

Para los fuegos CLASE B se obtiene la clasificación mínima del extintor para un riesgo alto, que en nuestro caso es 80B, el cual debe estar cada 15,25 [m].

Respecto a los fuegos CLASE C dependen de los sistemas que funcionen con energía eléctrica, por tanto en nuestro caso todos los extintores deberán ser CLASE C.

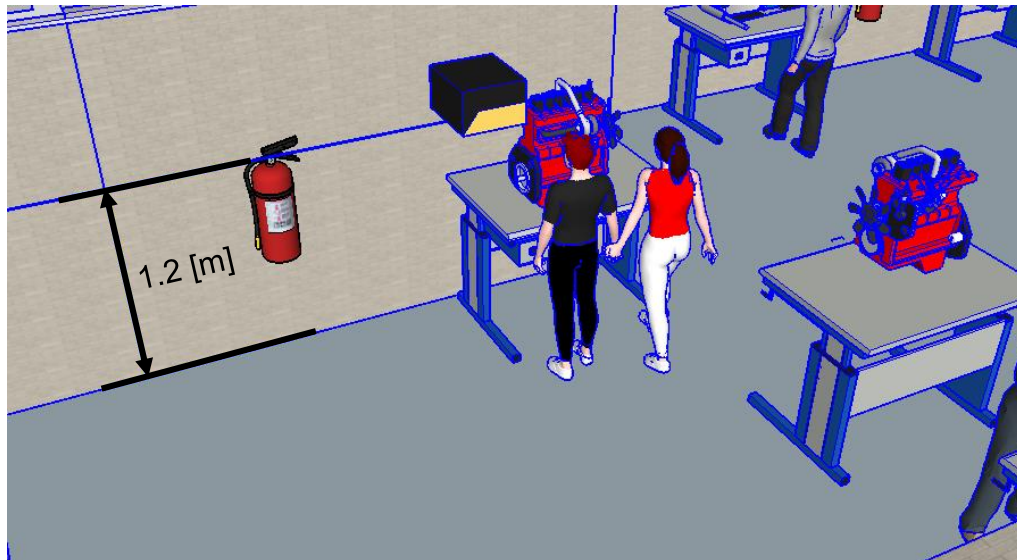
Al igual con los fuegos CLASE K, dependen únicamente del área que represente un peligro de combustión de metales, el cuál será el área del dinamómetro.

En total se necesitarán dos extintores con la clasificación

$$4A : 80 B : C$$

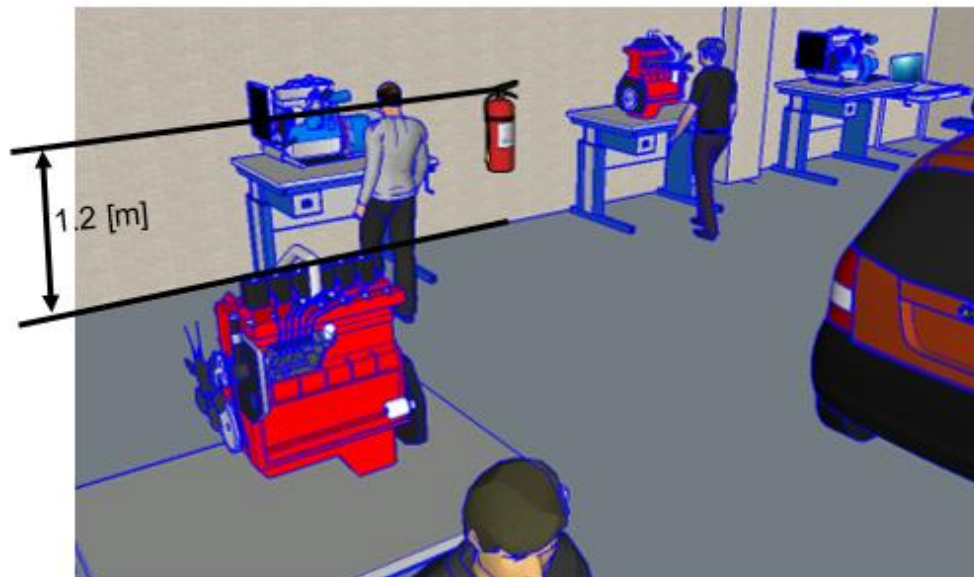
Se ubicarán los extintores a la altura que, si indica en el Anexo C. de seguridad y en los lugares mostrados en la figura 36, figura 37 y figura 38.

Figura 36. Disposición de extintor en la entrada del laboratorio



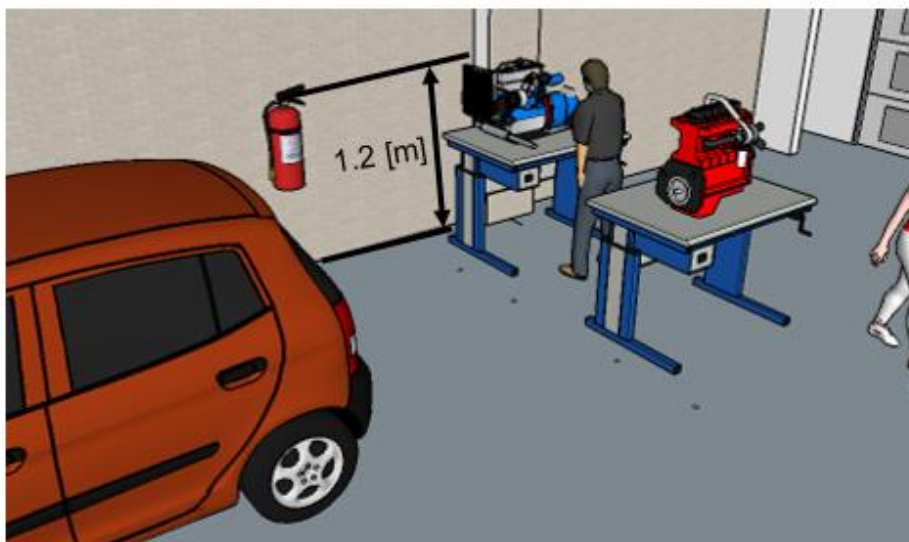
El extintor se ubica a 3 m de la puerta principal.

Figura 37. Disposición de extintor en el punto central del laboratorio.



Y un extintor de la clase D que se ubicará como se muestra a continuación (ver figura 38)

Figura 38. Disposición de extintor CLASE D en el área del dinamómetro.



6. PRÁCTICAS A REALIZAR EN EL LMTA

Para los bancos que se tendrán en el LMTA, se establecieron 7 practicas basadas en el libro de “Prácticas De Motores De Combustión” escrito por los ingenieros Santiago Ruiz Rosales, Vicente Bermúdez Tamarit, Alberto Broatch Jacobi, Héctor Climent Puchades, José Javier López Sánchez, José Ramon Serrano Cruz Bernardo Tormos Martínez, para la Universidad Politécnica de Valencia España.

6.1 PRACTICA 1: ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS

6.1.1 Objetivo de la practica

Esta práctica describe los sistemas que integran el motor de combustión interna alternativos (M.C.I.A.). buscando el conocimiento de la estructura y los materiales utilizados en la fabricación de los elementos más relevantes que conforman los mecanismo y sistemas del motor.

La práctica tiene la finalidad de:

- conocer la arquitectura del motor. El sistema soporte. Función, requerimientos constructivos. Configuraciones utilizadas según su aplicación.
- Conocer el mecanismo pistón-biela-manivela. Elementos que lo componen la función de cada uno, sus características constructivas, los materiales utilizados en su fabricación.
- Conocer el mecanismo de distribución de gases. Clasificación. Elementos que lo componen, la función de cada uno, sus características constructivas, los materiales utilizados en su fabricación.

La realización de la práctica se puede observar en los anexos

6.2 PRACTICA 2: ENSAYO DE MOTORES BALANCE TÉRMICO

6.2.1 Objetivo de la practica

esta práctica ofrece una visión general del ejercicio experimental asociada a los motores de combustión interna alternativos. Centrándose en la filosofía experimental de los motores y no en aspectos más tradicionales como el montaje del motor, acoplamiento motor-freno, etc. Que, siendo estos aspectos importantes exceden los límites de la práctica.

La práctica tiene la finalidad de:

- Conocer los distintos tipos de ensayos posibles a realizar sobre un motor.
- Definir y clasificar los parámetros a medir de un motor
- Conocer la instrumentación necesaria para realizar los ensayos

Las instrucciones de la práctica se encuentran en los anexos.

6.3 PRACTICA 3: RENOVACIÓN DE LA CARGA EN MOTORES DE 2T

6.3.1 Objetivo de la practica

Esta práctica analizara el funcionamiento del ciclo de trabajo de un motor de dos tiempos, especialmente profundizando en la renovación de la carga, entendida como el proceso de evacuación de los gases quemados de la combustión y su sustitución por mezcla fresca compuesta de aire y combustible.

Los objetivos por conseguir son:

- Comprender el ciclo de funcionamiento de un motor de dos tiempos, comparar sus ventajas e inconvenientes con el de un motor de cuatro tiempos y en base a esto designar sus principales aplicaciones.
- Entender el proceso de renovación de la carga en estos motores y su problemática relacionada con el proceso de barrido y el fenómeno de cortocircuito. También se definirán parámetros cuantitativos que permitan su evaluación.
- Establecer la importancia de la geometría del sistema de escape y entender su influencia sobre las prestaciones del motor.

Las instrucciones de la práctica se encuentran en los anexos.

6.4 PRACTICA 4: SIMULACIÓN DE CICLOS REALES

6.4.1 Objetivo de la práctica.

El objetivo principal de esta práctica consiste en percibir el potencial de un programa informático para realizar estudios paramétricos simples y complejos a la hora de realizar posibles modificaciones sobre un motor ya construido por un fabricante.

Las instrucciones de la práctica se encuentran en los anexos.

6.5 PRACTICA 5: SISTEMAS DE ENCENDIDO MEP

6.5.1 Objetivo de la practica

Esta práctica tiene como objetivo conocer perfectamente el principio de funcionamiento del sistema de encendido, así como conocer la evolución histórica que han tenido a lo largo de los años más recientes.

Los objetivos básicos de la práctica son:

- Conocer la evolución del punto de encendido en función de la carga y la velocidad del motor.
- Conocer los sistemas de encendido
- Evaluar y comparar el comportamiento de los diferentes sistemas de encendido clásico o convencional y electrónico.

Las instrucciones de la práctica se encuentran en los anexos.

6.6 PRACTICA 6: SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE GASOLINA Y DIESEL.

6.6.1 Objetivo de la practica

Esta práctica ofrece una visión general del sistema de alimentación de combustible, distinto para cada uno de los dos grupos de motores más importantes que se montan hoy día en los motores de combustión interna alternativos.

- Motores de encendido provocado (M.E.P.), también conocidos como motores de ciclo Otto.
- Motores de encendido por compresión (M.E.C.), también conocidos como motores de ciclo Diesel.

Las instrucciones de la práctica se encuentran en los anexos.

6.7 PRACTICA 7: TURBO MAQUINAS MOTORES TÉRMICOS Y TURBO SOBREALIMENTACIÓN.

6.7.1 Objetivo de la práctica. El objetivo de la práctica es analizar las transformaciones energéticas que se dan en las turbo-maquinas térmicas a través de los ensayos de caracterización de los grupos de sobrealimentación formados por turbina y compresor.

Las instrucciones de la práctica se encuentran en los anexos.

7. PRESUPUESTO REQUERIDO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

En las siguientes páginas se mostrarán las cotizaciones de los bancos de prueba, los materiales para el montaje y construcción de los sistemas auxiliares además del costo de ingeniería del proyecto.

7.1. COSTOS DE BANCOS DE PRUEBA

En el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas es necesaria la adquisición de los siguientes bancos:

- Dinamómetro de rodillos *Dynojet Automotive Chassis Dynamometer Model 224x*
- Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 2,2 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC3*
- Banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 7,5 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC8*
- Banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros, 11 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC12*
- Banco de ensayos para motores de 4 cilindros, 75 [kW], controlado desde PC, con SCADA *TBMC75*
- Motor Stirling, controlado desde PC, con SCADA *TMSC*
- Grupo Diesel de generación eléctrica, controlado desde PC, con SCADA y control PID *TDEGC*

En la Tabla 13 se muestra el costo de los bancos anteriormente mencionados, también elementos necesarios para el desarrollo de pruebas y algunos accesorios que a pesar de no ser indispensables mejoran la didáctica de las pruebas.

Tabla 13. Cotización de los diferentes bancos presentes en el LMTA y dinamómetro de rodillos 224x

| ítem | descripción | cantidad | valor unidad [peso colombiano] | subtotal [peso colombiano] |
|-------------------------|--|----------|-----------------------------------|-------------------------------|
| banco de prueba TBMC3 | banco de ensayor para motores de 1 cilindro, 2,2 [kW], controlado desde PC. | 1 | \$ 132.608.000 | \$ 132.608.000 |
| motor de ensayo TM3-01 | motor de gasolina de 4 tiempos - 1 cilindro, refrigerado por aire | 1 | \$ 10.296.064 | \$ 10.296.064 |
| motor de ensayo TM3-02 | motor diesel de 4 tiempos - 1 cilindro, refrigerado por aire | 1 | \$ 22.950.656 | \$ 22.950.656 |
| banco de prueba TBMC8 | banco de ensayos para motores de 1 cilindro, 7,5 [kW], controlado desde PC | 1 | \$ 120.000.000 | \$ 120.000.000 |
| motor de ensayo TM8-01 | motor de gasolina de 4 tiempos - 1 cilindro, refrigerado por aire | 1 | \$ 15.690.368 | \$ 15.690.368 |
| motor de ensayo TM8-02 | motor diesel de 4 tiempos - 1 cilindro, refrigerado por aire | 1 | \$ 25.478.680 | \$ 25.478.680 |
| banco de prueba TBMC12 | banco de ensayos para motores de hasta 2 cilindros, 11 [kW], controlado desde PC | 1 | \$ 165.760.000 | \$ 165.760.000 |
| motor de ensayo TM12-02 | motor de gasolina de 2 cilindros, refrigerado por aire | 1 | \$ 28.719.104 | \$ 28.719.104 |
| motor de ensayo TM12-03 | motor diesel de 2 cilindros, refrigerado por aire | 1 | \$ 31.854.336 | \$ 31.854.336 |

| | | | | |
|-------------------------|---|---|----------------|------------------|
| banco de prueba TBMC75 | banco de ensayos para motores de 4 cilindros, 75 [kW], controlado desde PC | 1 | \$ 189.440.000 | \$ 189.440.000 |
| motor de ensayo TM75-01 | motor de gasolina de 4 tiempos y 4 cilindros | 1 | \$ 34.402.304 | \$ 34.402.304 |
| motor de ensayo TM75-02 | motor diesel de 4 tiempos y 4 cilindros | 1 | \$ 38.352.128 | \$ 38.352.128 |
| banco TMSC | motor stirling, controlado desde PC | 1 | \$ 62.662.016 | \$ 62.662.016 |
| banco TDEGC | grupo diesel de generación eléctrica, controlado desde PC | 1 | \$ 378.380.288 | \$ 378.380.288 |
| Dynojet 224x | dinamómetro de rodillo | 1 | \$ 68.181.818 | \$ 68.181.818 |
| Accesorio TBCM-CG | calorímetro de gases de escape, controlado desde PC. | 1 | \$ 37.163.392 | \$ 37.163.392 |
| Accesorio TBMC-AGE | analizador de gases de escape | 1 | \$ 31.319.168 | \$ 31.319.168 |
| accesorio PLC-PI | modulo PLC para el control de procesos industriales | 1 | \$ 39.161.984 | \$ 39.161.984 |
| accesorio /CAL | software opcional para uso en los equipos controlados por PC para el cálculo y análisis de resultados | 1 | \$ 1.543.936 | \$ 1.543.936 |
| accesorio FSS | sistema de simulación de fallos | 1 | \$ 6.791.424 | \$ 6.791.424 |
| | | | total | \$ 1.440.755.666 |

7.2. COSTOS DE SISTEMAS AUXILIARES

Serán 3 los sistemas auxiliares a implementar en el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas.

Los costos de la red de aire comprimido, de la red de inyección de aire y de extracción de gases se muestran en las tablas 14, 15 y 16 respectivamente.

7.2.1. Red de aire comprimido

Tabla 14. Presupuesto requerido para la red de aire comprimido.

| ITEM | DESIGNACIÓN/MODELO | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | SUBTOTAL |
|---------------------|--------------------|--|----------|--------------|-------------|
| Tubería | 2810 1000 10 | tubería de aluminio De-20 [mm]; Di-17,4 [mm]; L-6 [m] | 10 | \$41.000 | \$410.000 |
| Unión "T" simétrica | 2810 1005 00 | Unión en forma de T simétrica De-20 [mm] | 13 | \$2.000 | \$26.000 |
| Codo 90° | 2810 1003 00 | Codo de 90° De-20 [mm] | 3 | \$1.600 | \$4.800 |
| Válvula de cierre | 817 4800 00 | Válvula de bola Napoli de cierre D-20[mm] | 6 | \$10.000 | \$60.000 |
| Compresor | AIRBOX 840 | Airbox de Pmax-10[Bar]; Q-30[m ³ /h]; Pot-4[kW] consta de compresor, depósito, drenaje de condensado, refrigerador y filtros. | 1 | \$2'500.000 | \$2'500.000 |
| | | | | TOTAL | \$3'800.000 |

7.2.2. Red de inyección de aire

Tabla 15. Presupuesto requerido para la red de inyección de aire.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | SUBTOTAL |
|--------------------|--|----------|--------------|-------------|
| Lámina galvanizada | Lámina de acero galvanizada de 1,2[m] x 2,4[m] | 14 | \$70.000 | \$980.000 |
| tuerca | tuerca de 3/8 en acero – Caja con 100 unidades | 1 | \$13.900 | \$13.900 |
| Arandela | arandelas de 3/8 en acero – Caja con 100 unidades | 1 | \$13.900 | \$13.900 |
| Varilla roscada | Varilla roscada de 3/8 – Varilla de 50 [cm] | 42 | \$4.000 | \$168.000 |
| Riel channel | riel en acero galvanizado perforado – Tramo de 3 [m] | 3 | \$35.000 | \$105.000 |
| Chazos RL | Chazo expansivo 3/8 x 1-7/8 – Caja con 100 unidades | 1 | \$60.000 | \$60.000 |
| | | | TOTAL | \$1'340.800 |

7.2.3. Red de extracción de gases

Tabla 16. Presupuesto requerido para la red de extracción de gases.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | SUBTOTAL |
|--------------------|--|----------|--------------|-----------|
| Lámina galvanizada | Lámina de acero galvanizada de 1,2[m] x 2,4[m] | 9 | \$70.000 | \$630.000 |
| tuerca | tuerca de 3/8 en acero – Caja con 100 unidades | 0 | \$13.900 | \$0 |
| Arandela | arandelas de 3/8 en acero – Caja con 100 unidades | 0 | \$13.900 | \$0 |
| Varilla roscada | Varilla roscada de 3/8 – Varilla de 50 [cm] | 40 | \$4.000 | \$160.000 |
| Riel channel | riel en acero galvanizado perforado – Tramo de 3 [m] | 3 | \$35.000 | \$105.000 |
| Chazos RL | Chazo expansivo 3/8 x 1-7/8 – Caja con 100 unidades | 0 | \$60.000 | \$0 |
| | | | TOTAL | \$895.000 |

7.2.4. Costo de diseño e ingeniería

Tabla 17. Presupuesto requerido para la red de aire comprimido.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | SUBTOTAL |
|-----------------------------------|--|----------|--------------|--------------|
| Diseño red de ventilación | Cálculo de calores a disipar, caudal de la red, dimensionamiento de equipos y de los ductos además de especificaciones de construcción | 1 | \$3'000.000 | \$3'000.000 |
| Diseño red de extracción de gases | Cálculo de calores a disipar, caudal de la red, dimensionamiento de equipos y de los ductos además de especificaciones de construcción | 1 | \$3'000.000 | \$3'000.000 |
| Diseño de red de aire comprimido | Cálculo de presión y caudal requeridos en la red, dimensionamiento de la tubería y selección de equipos. | 1 | \$3'000.000 | \$3'000.000 |
| Distribución de Equipos | Distribución de los bancos ergonómicamente | 1 | \$1'500.000 | \$1'500.000 |
| Diseño del aislamiento acústico | Cálculo de ruido generado por bancos, dimensionamiento y selección de materiales para la construcción de las paredes. | 1 | \$2'000.000 | \$2'000.000 |
| | | | TOTAL | \$12'500.000 |

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La distribución planteada para el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas permitirá una fácil movilización de sus operarios durante las diferentes actividades tanto de cátedra, investigación y extensión. Ya que alrededor de cada banco se tendrá un espacio libre de trabajo de aproximadamente metro y medio (1.5 [m]) y el recorrido del laboratorio es de aproximadamente metro y medio (1.5 [m]).
- Los sistemas auxiliares solucionaran los problemas de: Limpieza por medio del sistema de aire comprimido el cual alimentará 5 pistolas de aire que requieren 0,003 [m³/s] y seguridad para activar el freno de tambor del Dynojet 224x el cual requiere 0.0025 [m³/s] y se soluciona por medio de un compresor KAESER Presión máxima de trabajo de 10 [Bar], Caudal de aire de 30 [m³/h] y una Potencia nominal de 4 [Kw], También se solucionará el problema de contaminación por humos de combustión en un espacio cerrado extrayendo los gases con un ventilador de una potencia de 1 [Hp] y con un caudal de 3500 $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ y por último pero no menos importante se solucionará el problema del aumento de temperatura del motor impactando de aire directamente en los diferentes bancos por medio de un ventilador de un caudal de 2,276 $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ y una potencia de 9,67 [Hp]. Se recomienda implementar un sistema de refrigeración para motores de potencia útil mayor a 50 [Kw] ya que la carga térmica será muy alta para ser disipada sólo por aire.
- La información de los bancos fue suministrada por el profesor Jorge Luis Chacón ya que él fue el contacto directo con los distribuidores y el presupuesto destinado para los nuevos bancos será da 1.440.755.666 pesos

- El desarrollo del manual de prácticas se basó en el libro de Practicas de motores de combustión que es un libro de la Universidad Politécnica de Valencia, el cual contara con 7 diferentes prácticas.
- Se elaboraron un total de 12 planos, 5 planos para el montaje de la red de extracción, 5 para la red de ventilación y 2 para la red de aire comprimido, además se tomaron los planos del dinamómetro de rodillo directamente de los proveedores y el costo total del proyecto es de 1.459.291466 pesos

BIBLIOGRAFÍA

ALDANA, Carlos y RODRÍGUEZ Eymar. Diseño del sistema de aire acondicionado para Centro de Investigación de Motores (CIM) y diseño mecánico del banco de pruebas de la sala de motores de dos tiempos para el CIM en la sede UIS Guatiguará, Bucaramanga 2013 160 p.

CONTRERAS, Edgar y GARCÍA Eduar. Diseño del aislamiento acústico y térmico para los bancos de pruebas del centro de investigación de motores en Guatiguará, Bucaramanga 2010. 157 p.

MONCADA, Cesar y CALDERON Marlo. Diseño y construcción de un laboratorio básico de metrología dimensional como apoyo de la asignatura Máquinas Térmicas Alternativas. Bucaramanga 2012, 170 p.

Manual de Aislamiento Acústico. Composan [en línea] disponible en < ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/composan/composan_acustica.pdf >.

PAREDES LÓPEZ, José Javier: Diseño de las redes de aire comprimido y transporte neumático en un astillero. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de ingeniería Térmica y Fluidos.

SURA ARL. Extintores portátiles [en línea] disponible en < <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article?id=919:resolucion-3150-de->> [citado el 20 de agosto de 2017].

SURA ARP. Manipulación y almacenamiento de materiales inflamables y combustibles [en línea] disponible en < https://www.arlsura.com/files/materiales_inflamables.pdf > [citado el 20 de agosto de 2017].

ANEXOS

Anexo A. Especificaciones técnicas de los diferentes bancos

Es necesario que el laboratorio supla los requerimientos básicos de los bancos en los que se generarán las pruebas de motores, estas especificaciones se mostrarán a continuación.

Especificaciones de elementos y banco TBCM3

Figura 39. Especificaciones técnicas motor TM3-01 (banco TBCM3)

| TM3-01 |
|---|
| Motor de gasolina de 4 tiempos y 1 cilindro, refrigerado por aire |
| Tipo de motor: Encendido por chispa. |
| Combustible: Gasolina. |
| Nº de Cilindros: 1. |
| Nº de Tiempos: 4. |
| Tipo de aspiración: Aspiración Natural. |
| Tipo de refrigeración: Aire. |
| Arranque: Manual. |
| Relación de compresión: 8.5:1. |
| Par máximo: 7.7 N·m/2400 rpm. |
| Potencia máxima: 4.2 HP/3600 rpm. |
| Diámetro del cilindro: 62 mm. |
| Paso: 42 mm. |



Fuente: Catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 cilindro 2,2 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Figura 40. Requerimientos del banco de pruebas TBCM3.

| SERVICIOS REQUERIDOS | DIMENSIONES Y PESOS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Suministro eléctrico: trifásico, 380V/50Hz ó 208V/60Hz, 20 KW. - Computador (PC). | <p>TBCM3:</p> <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 1100 x 900 x 1700 mm. aprox. -Peso: 200 Kg. aprox. <p>Caja-Interface de Control:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 490 x 330 x 310 mm. aprox. -Peso: 10 Kg. aprox |
| CONSUMIBLES REQUERIDOS (No incluidos) | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Gasolina sin plomo o gasoil, dependiendo del motor. - Aceite de alta calidad (10W40 para el motor diesel y 5W30 para el motor de gasolina). - Aceite específico para motor de 2 tiempos (para TM3-04). | |

Fuente: Catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 cilindro 2,2 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Especificaciones de elementos y banco TBCM8

Figura 41. Especificaciones técnicas motor TM8-01 (banco TBCM8).

| TM8-01 |
|--|
| <i>Motor de gasolina de 4 tiempos y 1 cilindro, refrigerado por aire</i> |
| Tipo de motor: Encendido por chispa. |
| Combustible: Gasolina. |
| Nº de Cilindros: 1. |
| Nº de Tiempos: 4. |
| Tipo de aspiración: Aspiración Natural. |
| Tipo de refrigeración: Aire. |
| Arranque: Eléctrico. |



Fuente: Catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 cilindro 7,5 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Figura 42.Requerimientos básicos banco TBCM8.

| SERVICIOS REQUERIDOS | DIMENSIONES Y PESOS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Suministro eléctrico: monofásico, 220V/50Hz ó 110V/60Hz. - Suministro de agua. - Computador (PC). | <p>TBCM8:</p> <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 1600 x 1000 x 1500 mm. aprox. -Peso: 200 Kg. aprox. <p>Caja-Interface de Control:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 490 x 330 x 310 mm. aprox. -Peso: 10 Kg. aprox |
| CONSUMIBLES REQUERIDOS (No incluidos) | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Gasolina sin plomo o gasoil, dependiendo del motor. - Aceite de alta calidad (10W40 para el motor diesel y 5W30 para el motor de gasolina). | |

Fuente: catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 cilindro 7,5 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Especificaciones de elementos y banco TBCM12

Figura 43. Especificaciones técnicas motor TM12-02 (banco TBCM12).



| TM12-02 |
|--|
| Motor de gasolina de 2 cilindros, refrigerado por aire |
| Tipo de Motor: Encendido por Chispa. |
| Combustible: Gasolina. |
| Nº de Cilindros: 2. |
| Nº de Tiempos: 4. |
| Tipo de Aspiración: Aspiración Natural. |
| Tipo de Refrigeración: Aire. |
| Arranque: Eléctrico. |
| Relación de compresión: 8.5:1. |
| Par máximo: 49.9 N·m/2400 rpm. |
| Potencia máxima: 16.8 kW/3600 rpm. |
| Diámetro del cilindro: 80 mm. |
| Paso: 67 mm. |

Otros accesorios disponibles:

-TM12-02SP. Indicador del motor para medición de la presión en la cámara de combustión de un motor de gasolina de 2 cilindros, refrigerado por aire (usar solo con el TM12-02).

-TM12-02ESTR. Estroboscopio para motor de gasolina de 2 cilindros, refrigerado por aire (usar solo con el TM12-02).

Fuente: catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros 11 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Figura 44. Especificaciones técnicas motor TM12-03 (banco TBCM12).

| TM12-03 |
|---|
| Motor diesel de 2 cilindros, refrigerado por aire |
| Tipo de Motor: Encendido por Chispa. |
| Combustible: Gasoil. |
| Nº de Cilindros: 2. |
| Nº de Cilindros: 4. |
| Tipo de Aspiración: Aspiración Natural. |
| Tipo de Refrigeración: Aire. |
| Arranque: Eléctrico. |
| Relación de compresión: 19:1. |
| Par máximo: 42 N-m. |
| Potencia máxima: 14 kW. |
| Diámetro del cilindro: 85 mm. |
| Paso: 75 mm. |

Otro accesorio disponible:

-TM12-03SP. Indicador del motor para medición de la presión en la cámara de combustión de un motor diesel de 2 cilindros, refrigerado por aire (usar solo con el TM12-03).



Fuente: catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros 11 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Figura 45. Requerimientos básicos banco TBCM12.

| SERVICIOS REQUERIDOS | DIMENSIONES Y PESOS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Suministro eléctrico: monofásico, 220V./50Hz ó 110V/60Hz. - Suministro de agua. - Computador (PC). | <p>TBCM12:</p> <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 1100 x 900 x 1700 mm. aprox. -Peso: 260 Kg. aprox. <p>Caja-Interface de Control:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 490 x 330 x 310 mm. aprox. -Peso: 10 Kg. aprox |
| CONSUMIBLES REQUERIDOS (No incluidos) | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Gasolina sin plomo o gasoil, dependiendo del motor. - Aceite de alta calidad (10W40 para el motor diesel y 5W30 para el motor de gasolina). | |

Fuente: catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 1 y 2 cilindros 11 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Especificaciones de elementos y banco TBCM75

Figura 46. Especificaciones técnicas motor TM75-01 (banco TBCM75).

| TM75-01 |
|--|
| Motor de gasolina de 4 tiempos y 4 cilindros, refrigerado por agua |
| Compatible con biocombustible |
| Tipo de motor: Encendido por chispa. |
| Combustible: Gasolina. |
| Nº de Cilindros: 4. |
| Nº de Tiempos: 4 Tiempos |
| Tipo de aspiración: Aspiración Natural. |
| Tipo de refrigeración: Agua. |
| Arranque: Eléctrico. |
| Relación de compresión: 10:1. |
| Par máximo: 145 N-m/2500 rpm. |
| Potencia máxima: 66 kW/5500 rpm. |
| Diámetro del cilindro: 81 mm. |
| Paso: 86.4 mm. |

Otros accesorios disponibles:

-TM75-01SP. Indicador del motor para medición de la presión en la cámara de combustión de un motor de gasolina de 4 tiempos y 4 cilindros, refrigerado por agua (usar solo con el TM75-01).

-TM75-01ESTR. Estroboscopio para motor de gasolina de 4 tiempos y 4 cilindros, refrigerado por agua (usar solo con el TM75-01).



Fuente: catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 4 cilindros 75 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Figura 47. Requerimientos básicos banco TBCM75.

| SERVICIOS REQUERIDOS | DIMENSIONES Y PESOS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Suministro eléctrico: trifásico, 380V/50Hz ó 220V/60Hz, y potencia mínima 5kVA. - Suministro de agua. - Computador (PC). | <p>TBMC75:</p> <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 1200 x 1000 x 1000 mm. aprox. -Peso: 500 Kg. aprox. <p>Caja-Interface de Control:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones: 490 x 330 x 310 mm. aprox. -Peso: 10 Kg. aprox. <p>TM75-01/TM75-02:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones (cada uno): 1600 x 1500 x 1000 mm. aprox. -Peso (cada uno): 180 Kg. aprox. |
| <p style="text-align: center;">CONSUMIBLES REQUERIDOS (No incluidos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gasolina sin plomo o gasoil, dependiendo del motor. - Aceite de alta calidad (10W40 para el motor diesel y 5W30 para el motor de gasolina). | |

Fuente: catálogo de edibon, banco de ensayos para motores de 4 cilindros 75 [kW], controlado desde computador con SCADA.

Especificaciones de elementos y banco TDEGC

Figura 48. Requerimientos básicos banco TDEGC.

| SERVICIOS REQUERIDOS | DIMENSIONES Y PESOS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Suministro eléctrico: trifásico, 380V/50Hz. ó 208V/60Hz., 20kW.- Computador (PC). | <p>TDEGC:</p> <p>Banco de Trabajo móvil con Rack:</p> <ul style="list-style-type: none">-Dimensiones: 1380 x 840 x 2010 mm. aprox.-Peso: 100 Kg. aprox. <p>Motor generador:</p> <ul style="list-style-type: none">-Dimensiones: 1600 x 700 x 1500 mm. aprox.-Peso: 300 Kg. aprox. |

Fuente: catálogo de edibon, grupo Diésel de generación eléctrica, controlado desde computador con SCADA y control PID.

Especificaciones de elementos y banco TMSC

Figura 49. Requerimientos básicos banco TMSC.

| SERVICIOS REQUERIDOS | DIMENSIONES Y PESOS |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">-Suministro eléctrico: 220V./50Hz ó 110V./60Hz.-Computador (PC). | <p>TMSC:</p> <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none">-Dimensiones: 450 x 400 x 480 mm. aprox.-Peso: 35 Kg. aprox. <p>Caja-Interface de Control:</p> <ul style="list-style-type: none">-Dimensiones: 490 x 330 x 310 mm. aprox.-Peso: 10 Kg. aprox. |
| <p>CONSUMIBLES REQUERIDOS (No incluidos)</p> <ul style="list-style-type: none">-Alcohol o parafina. | |

Fuente: catálogo de edibon, Motor Stirling controlado desde computador con SCADA.

Especificaciones y requerimientos del dinamómetro Dynojet 224x

Según el manual de pre instalación del dinamómetro de rodillos (Dynojet 224x) los requerimientos son:

Aire comprimido para el freno:

- Limpio y seco, con presiones de 100 hasta 140 [psi]
- Válvula de cierre

- Tubo roscado de 1/4 de pulgada, si la manguera de aire no tiene un diámetro interno de 3/8 de pulgada.

Ensamble de la bomba de aire comprimido:

- Aire limpio y seco regulado a 100 [psi]
- Caudal de 5 [ft³/min]
- Tubería roscada de 1/4 de pulgada.

Especificaciones del computador:

Tabla 18. Especificaciones del computador.

| Requerimientos mínimos del sistema | Requerimientos recomendados del sistema |
|---|---|
| Microsoft Windows 200/XP | Microsoft Windows 200/XP |
| Procesador 800 [MHz] | Procesador de 2,4 [GHz] o superior |
| Memoria RAM de 256 [MB] | Memoria RAM de 512 [MB] o superior |
| - Un puerto COM de 9 pines - Dos puertos COM de 9 pines para enlace de afinación | - Un puerto COM de 9 pines - Dos puertos COM de 9 pines para enlace de afinación |
| Monitor de 1024 x 768, de 256 colores | Monitor de 1024 x 768, de 256 colores o superior |
| Disco duro de 1,2 [GB] | Disco duro de 40 [GB] |
| Espacio disponible en disco de 30 [MB] | Espacio disponible en disco de 100 [MB] |
| Espacio de CD ROM | Espacio de CD ROM |
| Impresora, si son necesarias copias físicas | Impresora, si son necesarias copias físicas |

Fuente: Página de internet: <<http://www.powercommander.com/downloads/Support-Released/Manuals/98200005.05.pdf>>

Requerimientos ambientales:

Tabla 19. Requerimientos ambientales de almacenaje y operación Dynojet 224x.

| Descripción | Especificaciones |
|---------------------------|---------------------------|
| Temperatura: | |
| - De operación [min/max] | - 10°C/50°C |
| - De almacenaje [min/max] | - 0°/70°C |
| Humedad | De 0 a 95% sin condensado |

Fuente: Página de internet: <<http://www.powercommander.com/downloads/Support-Released/Manuals/98200005.05.pdf>>

Requerimientos eléctricos:

Cada freno de corriente parásita requiere un punto de conexión que se puede ordenar e instalar

Tabla 20. Doméstico P/N 43826430 con bandeja, cerradura, 30 [A], 125/250.

| Descripción | Especificaciones |
|---|---|
| Requerimientos de energía: 4WD electronics | 110 [v] 60 [Hz] |
| Requerimientos de energía: Dyno electronics | 110 [v] 60 [Hz] |
| Requerimientos de energía: AFR-3 bomba de aire | 110 [v] 60 [Hz] |
| Requerimientos de energía: motor hidráulico | 110 [v] 60 [Hz] |
| Requerimientos de energía: computador | 110 [v] 60 [Hz] |
| Requerimientos de energía: corriente parásita para el freno, opcional | 240 [v] 30 [A] circuito monofásico para cada freno de corriente parásita. |

Anexo B. Manuales de prácticas

1. Practica 1: Elementos constructivos de motores de combustión interna alternativos

1.1. Realización de la practica

La tarea que desarrollarán los alumnos en esta práctica serán las siguientes:

- Analizar: diferentes motores y maquetas seleccionados, identificando en cada casa, los principales sistemas que lo integran.
- Desmontar: completamente un motor de automoción
- Medir las piezas fundamentales del mecanismo pistón biela-cigüeñal
- Comprobar las relaciones geométricas entre válvulas y cilindro
- Realizar el montaje del motor
- Realizar el reglaje del sistema de distribución de gases
- Realizar un informe de la práctica, en correspondencia con cada una de las actividades realizadas

2. Practica 2: Ensayo de motores balance térmico

2.1.1. Realización de la práctica.

La labor de los alumnos en esta práctica será la medida de los parámetros fundamentales, así como algunos parámetros específicos de los que se han visto en la clase de introducción de la práctica y a partir de estas medidas los alumnos deberían obtener las curvas características de velocidad del motor correspondiente. Para ellos los alumnos serán trasladados a las instalaciones experimentales donde se les explicara las mismas. Posteriormente, con el motor en marcha tomaran datos de las siguientes variables para cada punto de funcionamiento del motor:

- Posición del acelerador (-) [%]
- Régimen de giro (n) [rpm]
- Par (M_e) [$N \cdot m$]
- Presión atmosférica (P_{atm}) [bar]
- Temperatura atmosférica (T_{atm}) [$^{\circ}C$]
- Temperatura del refrigerante (T_{ref}) [$^{\circ}C$]
- Temperatura salida del intercooler ($T_{sat-inter}$) [$^{\circ}C$]
- Presión salida del intercooler ($P_{sat-inter}$) [bar]
- Gasto de aire (\dot{m}_a) [Kg/h]
- Consumo horario de combustible (\dot{m}_f) [Kg/h]

A partir de estas medidas experimentales, se harán los cálculos para la obtención de los siguientes parámetros del motor:

- Posición del acelerador (-) [%]
- Redimen del giro del motor (n) [rpm]
- Densidad del aire en el colector de admisión ($\rho_{a(admission)}$) [Kg/m^3]
- Dosado absoluto (F) [-]
- Potencia absoluta (N_e) [KW]
- Potencia efectiva (pme) [bar]
- Presión media efectiva (g_{ef}) [$g/KW \cdot h$]
- Consumo específico de combustible (η_e) [-]
- Rendimiento efectivo del motor (η_v) [-]
- Rendimiento volumétrico

Por último, con todos los datos anteriormente calculados, se pasarán a obtener las curvas características de velocidad del motor, representando los parámetros efectivos calculados, para diferentes grados de carga del motor

2.2. Practica 3: Renovación de la carga en motores de 2T

2.2.1. Realización de la practica

La práctica tiene dos partes bien diferenciadas. La primera está enfocada al estudio y la comprensión de la dinámica de ondas de presión para flujo compresible mediante la descarga de un depósito a presión constante a través de un tubo de sección recta abierto a la atmosfera. Para ello se hará uso de un programa informático de modelado de ondas. Se observa la propagación a lo largo del tubo abierto del pulso originado en el proceso de descarga y su reflexión en el extremo abierto a la atmosfera. Por último, se analizará la influencia que diversos parámetros tienen sobre la masa final que queda atrapada en el depósito, tales como la longitud del tubo de descarga y la duración de la apertura de la válvula de descarga.

En la segunda parte de la práctica se aplicarán los conocimientos adquiridos en la primera parte para su aplicación al proceso de renovación de la carga en un motor 2T con un prediseño del sistema de escape. Posteriormente se realizarán mejoras sobre este pre diseño y se investigara la influencia que los distintos parámetros geométricos del sistema de escape tienen sobre las prestaciones conseguidas en el motor. Una vez se haya mejorado el prediseño del escape a un determinado régimen de giro, se examinará el efecto que sobre las ondas tiene el régimen de giro del motor

2.4. Practica 4: Simulación de ciclos reales

2.4.1. Realización de la practica

En el transcurso de la práctica se le planteara al alumno un problema que consiste en modificar el diseño de dos motores, un MEP y otro MEC, para conseguir un aumento de prestaciones y de rendimiento respectivamente. Para ello se realizará un estudio paramétrico del efecto que puede producir cada parámetro sobre el

funcionamiento y prestaciones del motor, para estimar cuales son las consecuencias de cada modificación, así como cuantificar su influencia.

El estudio paramétrico se realizará con **SICICLO**, donde el alumno tendrá que ir variando los parámetros deseados y viendo cuales son los efectos que se consiguen. Al final de la práctica cada grupo propondrá la modificación o modificaciones que considere más oportunas para conseguir los objetivos prefijados.

2.5. Practica 5: Sistemas de encendido MEP

2.5.1. Realización de la practica

En la parte de aplicación práctica lo que se pretende es por un lado mostrar la disposición real de los elementos del sistema de encendido en el motor y por otro lado realizar una comparación entre el funcionamiento de dos tipos de sistemas de encendido

- Un clásico con batería y ruptor mecánico
- Otro de tipo electrónico más moderno

En un primer paso se realizará una identificación de los diferentes elementos del sistema en ambos tipos de sistemas de encendido y se verá "in situ" el funcionamiento de los mismos, en concreto en el sistema de encendido clásico se estudiarán los efectos de los sistemas de regulación del avance de encendido, mediante la desconexión del avance neumático, con lo que se estudia el efecto simple que genera el avance centrífugo y con los dos trabajadores simultáneamente

El mismo tipo de estudio se realizará para el caso de un sistema de encendido electrónico, comparando el Angulo de avance de encendido en diferentes posiciones de la mariposa del acelerador (grado de carga) y régimen de giro

Se utilizarán equipos para el diagnóstico del sistema de encendido en los que se puede observar los puntos significativos del funcionamiento del sistema como los son: apertura del ruptor, salto de la chispa, cierre del ruptor, etc.

2.6. Practica 6: Sistemas de alimentación de gasolina y Diesel

2.6.1. Realización de la práctica:

La práctica se ha estructurado en 4 bloques según el grado de complejidad de la misma. En los tres primeros el alumno se ira familiarizando con los distintos componentes que forman el sistema de inyección, mientras que en el último bloque de la práctica se realiza una visión de conjunto del funcionamiento del sistema de inyección de un motor Diesel en un banco didáctico de ensayo de bombas.

- El primer ejercicio sirve para que el alumno se familiarice con los componentes importantes que forman parte del sistema de formación de la mezcla tanto en los M.E.P. como en los M.E.C. Para ello el grupo de alumnos deberá identificar una serie de elementos típicos de esos sistemas.
- El segundo ejercicio está enfocado a que el alumno comprenda la importancia de una buena atomización en la formación y calidad del chorro y como va a influir en las presentaciones del motor
- Una vez vistos todos los componentes por separado, en esta última parte de la práctica se pretende que el alumno obtenga una visión de conjunto del funcionamiento del sistema de inyección. Para ello en el banco de inyección didáctico se ha montado una bomba rotativa que alimenta a 3 inyectoros similares a los que han sido desmontados anteriormente, mientras que la 4ª línea se ha montado en un sistema de medida de tasa. Se tomaron dos puntos diferentes de funcionamiento de la bomba:

- Plena carga.

- Carga parcial

1. **Identificar** cada uno de los inyectores montados en la cámara de metacrilato para visualizar los chorros.
2. **Visualizar** con la lampara estroboscópica los chorros y dibujar unos esquemas de los mismos.
3. **Calcular** la masa de un combustible inyectado por ciclo $\frac{m_f}{c}$ [mg/ciclo]. Para ello se medirá una cantidad de masa de combustible (entre 20 – 30 g) en la balanza y se medirá con el combustible junto con el régimen de giro de la bomba. A partir de estas medidas se obtendrá la masa de combustible inyectando para cada ciclo $\frac{m_f}{c}$ [mg/ciclo].

2.7. Practica 7: Turbo maquinas motores térmicos y turbo sobrealimentación.

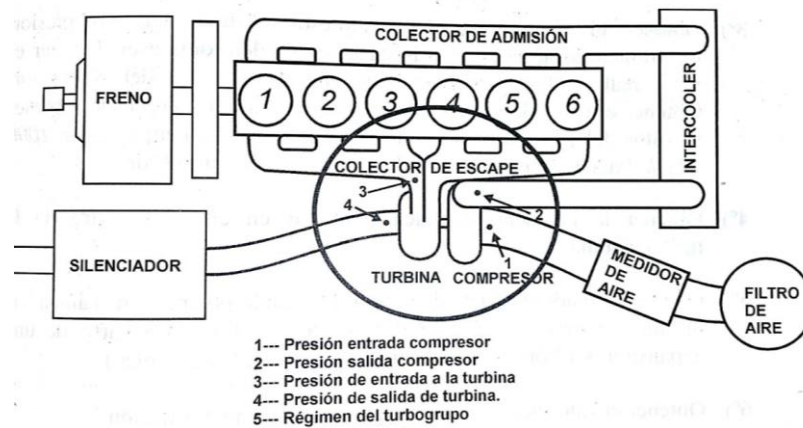
2.7.1. Realización de la práctica.

La práctica se realizará en un banco de ensayo de turbo grupos basado en un motor térmico como generador de flujo caliente

Las consideraciones por tener en cuenta serán las siguientes:

- Gas perfecto (con C_p constante) $h = C_p * T$.
- Perdidas por rozamiento en ejes nulas.
- Procesos adiabáticos ($q=0$)
- Turbina: maquina motora.
- Compresor: maquina generadora
- Conexión mediante eje libre: potencia mecánica de la turbina = potencia mecánica del compresor (despreciando perdidas por rozamiento en el eje.).

Figura 50. Descripción de la instalación experimental.



Fuente: PRÁCTICAS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN, Santiago Ruiz Rosales.

2.7.2. Metodología de la practica

- Cada grupo de trabajo simulara un motor distinto variando las condiciones operativas del banco de turbo.
- Cada grupo medirá las variables necesarias en el banco de turbos.
- Cada grupo analizara sus resultados y al final se compartirán entre los grupos para determinar a cuál configuración de motor se adapta mejor el turbo grupo

2.7.3. Metodología de ensayo

- 1) Obtener la potencia media disponible en la maquina motora(turbina): utilizar el valor de la temperatura del gas de entrada a la turbina. Utilizar el valor del gasto de gas por la turbina. Utilizar el valor de la relación de expansión en la turbina. Asumir una expansión isentrópica desde las condiciones de entrada hasta las de salida. Utilizar $C_{p-gas-escape} = 1150\text{J/kg k}$.
- 2) Obtener la potencia generada al gas por el compresor: utilizar el valor de las temperaturas de entrada y salida del compresor. Utilizar el valor del gasto trasegado por el compresor. Utilizar $C_{p-gas-escape} = 1000\text{J/kg k}$.

- 3) Obtener el rendimiento del compresor: Asumir una compresión isentrópica desde la entrada hasta la salida del compresor. Utilizar el valor real de las temperaturas de entrada y salida del compresor. Obtener el valor de la relación de compresión del compresor. Obtener el valor del gasto trasegado por el compresor. Utilizar $C_{p-air} = 1000 \text{ J/kg K}$. Igualar potencias mecánicas de turbina y compresor.
- 4) Obtener la potencia mecánica y el par en el eje de giro de la turbo maquina
- 5) Obtener el rendimiento de la turbina: Igualando potencias mecánicas de turbina y compresor (rendimiento medio efectivo) o partir de una expansión isentrópica en la turbina (rendimiento isentrópico).

Obtener el valor del rendimiento global

Anexo C. Seguridad en el Laboratorio

En las diferentes actividades laborales se necesita una limpieza óptima para conseguir grados aceptables de seguridad, parte de la limpieza también es el orden en los bancos de prueba, la mayoría de accidentes ocurren por caídas y golpes debido a ambientes con elementos en ubicaciones inadecuadas, resbaladizos, líquidos de rezago derramados y combustibles que aumentan el riesgo de incendios, poniendo en peligro la planta física y vida de los ocupantes además de obstruir las vías de evacuación.

1. SISTEMAS CONTRA INCENDIOS ⁶

La implementación de sistemas contra incendios es importante para un laboratorio de este tipo, donde se manipulan sistemas y sustancias con alto riesgo de ignición, es importante definir los espacios en que se aplicará la seguridad contra incendios y algunos otros parámetros que definen la cantidad y especificaciones de los extintores a disponer.

CLASIFICACIÓN DE LOS EXTINTORES.

Los extintores se clasifican e identifican por medio de un número de serie en el que se indican tres variables importantes, estas deben estar inscritas en un lugar visible entendible. Su clasificación dependerá de la clase de fuego en el que se vea presente y la capacidad relativa de extinción.

6 SURA ARL. Extintores portátiles [en línea] disponible en <
<https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article?id=919:resolucion-3150-de->> [citado el 20 de agosto de 2017].

Figura 51. Clasificación de los extintores.

2A : 20B : C

El número indica la capacidad de extinción relativa y la letra el tipo de combustible al que se puede aplicar.

A su vez los extintores, como se mencionó anteriormente, son seleccionados dependiendo del tipo de fuego a extinguir. Las clases de fuego que se pueden presentar son:

- Clase A:

Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos (madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros), este tipo de fuegos requieren los efectos térmicos de enfriamiento del agua o de ciertos elementos químicos secos que retrasen la combustión

- Clase B:

Fuegos sobre líquidos inflamables (gasolina, grasa de petróleo, pintura, gases) en donde la combustión se ve incrementada con mayor oxígeno presente en el medio, por lo tanto, se requiere la limitación del mismo.

- Clase C:

Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a corriente eléctrica por lo que sus principales componentes serán sustancias no conductoras (eléctricamente aislantes)

- Clase D:

Fuegos sobre ciertos metales combustibles (magnesio, titanio, circonio, sodio, litio, potasio, etc) que generan cantidades altas de calor y requieren sustancias que lo absorban y no reactivas a estos metales.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.

Los riesgos de fuego en cualquier área varían dependiendo del uso que se le dé a la misma, como ejemplo, una oficina de mercadeo tendrá un riesgo menor de incendio que un taller automotriz, por lo tanto, es necesario definir los diferentes tipos de riesgo que se pueden presentar según los materiales que se encuentren en un recinto.

- **Riesgo Leve:**

En lugares donde los materiales combustibles del tipo A y tipo B se encuentran en bajas cantidades, por lo tanto, se espera que la liberación de calor no alcance un nivel muy alto. Un lugar con pocos muebles, decoraciones y electrodomésticos como, por ejemplo: aulas de clase, oficinas, salas de juntas. Respecto a los líquidos inflamables, estos deben estar presentes en un máximo de 3,8 [L] en toda el área, almacenados de forma segura.

- **Riesgo Moderado:**

En lugares donde los combustibles del tipo a y tipo B están en mayor abundancia que la esperada en lugares de riesgo leve, se estiman que los líquidos inflamables pueden llegar a un máximo de 18,9 [L] en el área, como también los materiales inflamables pueden presentarse en abundancia, lugares con muchos muebles, decoraciones y electrodomésticos. (Teatros, tiendas de mercancía, almacenes, talleres)

- **Riesgo Extraordinario:**

Espacios donde los combustibles de tipo A y tipo B se presentan en exceso, el líquido combustible en el área puede superar los 18,9 [L] como también los materiales del tipo A se presentan en abundancia, desde sillas, muebles, estanterías, productos terminados y electrodomésticos que tengan un funcionamiento prolongado o seguido. (Talleres de reparación, exhibiciones de automóviles, fabricación de partes, talleres de latonería)

DISTRIBUCIÓN DE EXTINTORES CONTRA INCENDIOS.

Para una buena implementación de los extintores se debe seleccionar muy bien su ubicación, ésta dependerá de los siguientes factores:

- Se provea una distribución uniforme
- Su acceso sea fácil
- No haya obstáculos que impidan su uso
- Estén en la vía natural del lugar
- Se encuentren cerca de entradas y salidas
- Se encuentren en buen estado físico
- Sean visibles rápidamente

Si los extintores no superan las 40 [Lb] su instalación debe ser de 1,53 [m] medidos desde el suelo hasta la parte más alta del extintor, pero si superan las 40 [Lb] no deben superar una altura de 1,07 [m] medidos de la misma forma. Para cualquier caso, los extintores no deben estar a menos de 10 [cm] del suelo. (ver figura 52)

Figura 52. Ubicación de extintores en el área.



Fuente: Página de internet: <<https://www.arslura.com/phocadownload/cistema/Extintores%20porttiles.pdf>>

Distribución de extintores clase A.

Para definir un punto de posicionamiento para los extintores de clase A, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros mostrados en la tabla 21.

Tabla 21. Tipo de extintor requerido por el tipo de riesgo.

| | OCUPACION Riesgo Leve (bajo) | OCUPACION Riesgo ordinario (moderado) | OCUPACION Riesgo Extraordinario (alto) |
|---|---|---|--|
| Clasificación mínima Extintor individual | 2-A | 2-A | 4-A |
| Área máxima de un piso por unidad de A | 3000 pies cuadrados 280 m ² | 1500 pies cuadrados 140 m ² | 1000 pies cuadrados 93 m ² |
| Área máxima cubierta por extintor | 11250 pies cuadrados 1045 m ² | 11250 pies cuadrados 1045 m ² | 11250 pies cuadrados 1045 m ² |
| Distancia máxima a recorrer hasta el extintor | 75 pies 22.7 m | 75 pies 22.7 m | 75 pies 22.7 m |

Fuente: Página de internet: <<https://www.arslura.com/phocadownload/cistema/Extintores%20porttiles.pdf>>

En base a la tabla 21 se puede estimar el número total de extintores y su clasificación, para una selección más puntual del tipo de extintor se debe tener en cuenta la tabla 22.

Tabla 22. Área máxima protegida por extintor [ft²].

| Clasificación del Extintor | Riesgo leve | Riesgo ordinario (moderado) | Riesgo alto |
|----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| 1A | - | - | - |
| 2A | 6000 | 3000 | - |
| 3A | 9000 | 4500 | - |
| 4A | 11250 | 6000 | 4000 |
| 6A | 11250 | 9000 | 6000 |
| 10A | 11250 | 11250 | 10000 |
| 20A | 11250 | 11250 | 11250 |
| 30A | 11250 | 11250 | 11250 |
| 40A | 11250 | 11250 | 11250 |

Fuente: Página de internet: <https://www.arlsura.com/phocadownload/cistema/Extintores%20portiles.pdf>

Distribución de extintores clase B.

Los fuegos clase se dividen en dos categorías diferentes dependiendo de su condición. Cuando el fuego no incluye líquidos de profundidad apreciable, por ejemplo, gasolina en un espacio abierto, fuego que sale de un recipiente o tubería, o que se derrama desde un recipiente roto. La otra categoría se da al incluir líquidos de profundidad apreciable, como en tanques abiertos y en plantas industriales.

Para la primera condición se tiene que un extintor debe cumplir con los parámetros de la tabla 23.

Tabla 23. Tipo de extintor requerido por el tipo de riesgo.

| Tipo de Riesgo | Clasificación básica Mínima del extintor | Distancia máxima a recorrer hasta el Extintor (pies) | Metros |
|--------------------------|---|---|--------|
| Leve (bajo) | 5B | 30 | 9.15 |
| | 10B | 50 | 15.25 |
| Ordinario (moderado) | 10B | 30 | 9.15 |
| | 20B | 50 | 15.25 |
| Extraordinario (alto) | 40B | 30 | 9.15 |
| | 80B | 50 | 15.25 |

Fuente: Página de internet: <<https://www.arlsura.com/phocadownload/cistema/Extintores%20porttiles.pdf>>

Los fuegos de clase B, al tener líquidos inflamables, alcanzan su máxima intensidad en tiempo muy cortos (inmediatos), por esta razón, la distancia entre los extintores será menor y no puede estar incluido en la zona de fuego.

Distribución de extintores clase C.

La protección de fuegos en zonas de equipo eléctrico se cumple con extintores de clase C, estos usan agentes no conductores lo que los hace seguros para este tipo de aplicación.

Cuando el flujo eléctrico se elimina del equipo, el tipo de fuego cambiará a uno de clase A o B, dependiendo del material que esté recibiendo la energía y se encuentre en combustión, es necesario suprimir el flujo de corriente eléctrica que llega al equipo, así durante la acción de emergencia el equipo no será un inconveniente y tampoco generará campos electromagnéticos que puedan afectar una maniobra eficiente.

Los parámetros de selección de un extintor tipo C son:

Tamaño del equipo previsto

Configuración del equipo

Rango efectivo del chorro

Cantidades de material tipo A y B incluidos

Distribución de extintores clase D.

En riesgos de clase D, los extintores deben estar a fácil disposición, por tanto, no se deben ubicar a más de 22 [mm] de la zona de riesgo, también es importante recalcar que el uso de un extintor equivocado incrementará el fuego, como también la cantidad de sustancia requerida dependerá del metal que este en combustión.

ALMACENAJE DE COMBUSTIBLES

En el LMTA se generarán pruebas con motores constantemente, esto demandará una alta cantidad de combustible que deberá suplirse de inmediato, además de esto los combustibles a usar son de diferentes tipos, gasolina, diésel y gas natural, por esto es necesario el almacenaje de los mismo en un punto cercano y seguro a las zonas de prueba.

Combustible

Son los elementos o materiales con capacidad de liberar energía rápida y fácilmente, existen diferentes tipos de combustibles, ya sean sólidos, comburenciales y gaseosos. El cuerpo humano, como una máquina perfecta, también usa combustibles para sus funciones diarias, a estos se le llaman hidratos de carbono, proteínas y grasas siendo de mejor utilidad los hidratos de carbono simples que se descomponen más rápido para una función inmediata y los complejos como energía que se reserva para funciones futuras y constantes como el mantenimiento de la temperatura corporal o la activación de órganos internos.

En el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas se usarán tres tipos de combustibles, el gas natural comprimido (GNC), la gasolina y el gasóleo o diésel.

Gasolina. Es un producto obtenido por la destilación fraccionada de petróleo, es usada para la combustión en los motores, como también en lámparas, estufas y

otras aplicaciones. La gasolina debe cumplir una serie de requisitos para un buen funcionamiento del vehículo motor como también de carácter ambiental, siendo el índice de octano una especificación crucial. Este indica la presión y temperatura a la que el combustible se puede someter en presencia de un comburente (aire) antes de llegar a su punto de ignición.

Una característica importante de la gasolina es su punto de inflamación, el cual oscila entre [-30°C] y [-43°C] por lo que se considera altamente inflamable.

Gasóleo o diésel. Es un hidrocarburo líquido, compuesto por parafinas, se usa como combustible en vehículos con motores diésel, los cuales operan bajo condiciones de alta exigencia y en altitudes por debajo de los 2000 m.s.n.m., también son usados en quemadores de horno, secadores y calderas. Un dato a resaltar es que el poder calorífico del mismo comparado con el de la gasolina es un tanto menor, pero su densidad volumétrica energética es mucho mayor lo que supone una mayor eficiencia en la combustión.

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) del gasóleo son ligeramente más bajas que su competidor.

El punto de inflamación del diésel oscila entre [52°C] y [96°C], lo que cataloga a este como un líquido inflamable de clase IIA.

Como almacenar un combustible de manera segura⁷

7 SURA ARP. Manipulación y almacenamiento de materiales inflamables y combustibles [en línea] disponible en <
https://www.arlsura.com/files/materiales_inflamables.pdf> [citado el 20 de agosto de 2017].

Para el almacenaje de líquidos combustibles se deben tener en cuenta parámetros de vital importancia, como lo son, la clasificación de los combustibles y el tipo de almacenaje que se recomienda usar.

Clasificación de los combustibles líquidos.

Según la NFPA existen diferentes clasificaciones para cada tipo de líquido inflamable, esta clasificación depende de su flash point.

CLASE I

Cualquier líquido con un flash point menor a 37.8°C y una presión de vapor que no excede los 40 [psi], subdividiéndose esta clase en:

- Clase IA: líquidos con flash point menor a 22.8°C y punto de ebullición menor a 37.8°C
- Clase IIA: líquidos con flash point menor a 22.8°C y punto de ebullición mayor a 37.8°C
- Clase IIIA: líquidos con flash point mayor o igual a 22.8°C y menor a 37.8°C

CLASE II

Son los que tienen un flash point superior a 37.8°C pero menor a 60°C

CLASE IIIA

Líquidos con flash point mayor o igual a 60°C pero menor a 93°C

CLASE IIIB

Líquidos con flash point mayor o igual a 93°C

Tipos de almacenaje.

El almacenaje de los combustibles se puede segmentar en dos categorías:

- **Recipientes móviles:** corresponde a pequeñas cantidades de combustible o volúmenes mayores que requieren ubicación especial.
- **Recipientes estacionarios:** Estos líquidos deben señalizarse como líquidos inflamables, de acuerdo a la clasificación de las Naciones Unidas:

Figura 53. Señalización de líquidos inflamables.



Fuente: Página de internet: <<http://www.signshop.cl/producto/senaletica-liquido-inflamable-3/>>

El tipo de almacenaje dependerá de la cantidad y la clasificación del combustible:

Tabla 24. Tipos de almacenaje según la cantidad de combustible.

| Tipo de almacenaje | Líquidos combustibles | |
|--|-----------------------|---------------------|
| | Clase II | Clase III |
| Recipiente frágil (vidrio) | 5 [L] – 1,3 [gal] | 5 [L] – 1,3 [gal] |
| Recipientes metálicos o plásticos no aprobados | 20 [L] – 5,3 [gal] | 20 [L] – 5,3 [gal] |
| Canecas de seguridad | 20 [L] – 5,3 [gal] | 20 [L] – 5,3 [gal] |
| Tambores metálicos | 450 [L] – 119 [gal] | 450 [L] – 119 [gal] |

Fuente: CISTEMA – ARP SURA. Manipulación y almacenamiento de materiales inflamables y combustibles. ARP SURA: Bogotá, 2012. 13 p.

El sitio de almacenamiento debe cumplir las siguientes características:

- Paredes en materiales no combustibles, reduciendo riesgos y siendo un aislamiento útil.
- El área debe tener una buena ventilación y tener protección de la luz solar directa o lluvia.
- Su espacio debe estar señalizado y demarcado.
- No permitir presencia de fuentes de ignición y evitar instalaciones eléctricas cercanas.
- Almacenar lejos de materiales incompatible como productos oxidantes.
- El piso debe ser no absorbente, incombustible, no generador de chispa y que no acumulen cargas estáticas.
- Mantener una superficie seca en el área de almacenaje protegiendo los contenedores de corrosión.
- La cantidad a almacenar debe ser la menor posible.
- Se debe disponer de los extintores suficientes, tipo ABC con agente de extinción como polvo químico seco, dióxido de carbono o espuma de polímero. No usar agua como medio de extinción.
- Se recomienda la instalación de sistemas de alarma para detección de incendios.

Para los recipientes móviles se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Los recipientes pequeños se pueden ubicar en un gabinete de seguridad.
- No más de tres gabinetes se deben ubicar en un área sencilla a menos que estén agrupados a 100 pies de distancia.
- No más de 60 galones almacenados por gabinete.

- La ubicación de los gabinetes no debe obstruir salidas normales o de emergencia, tampoco deben ser obstáculos para el movimiento de equipos de seguridad.
- Se debe disponer de ventilación natural o forzada, el volumen máximo no debe exceder 40 [L/m²] o debe existir una ventilación de 0,3 [m³/min].

ANEXO D. PLANOS

Figura 54. Sistema de aire comprimido.

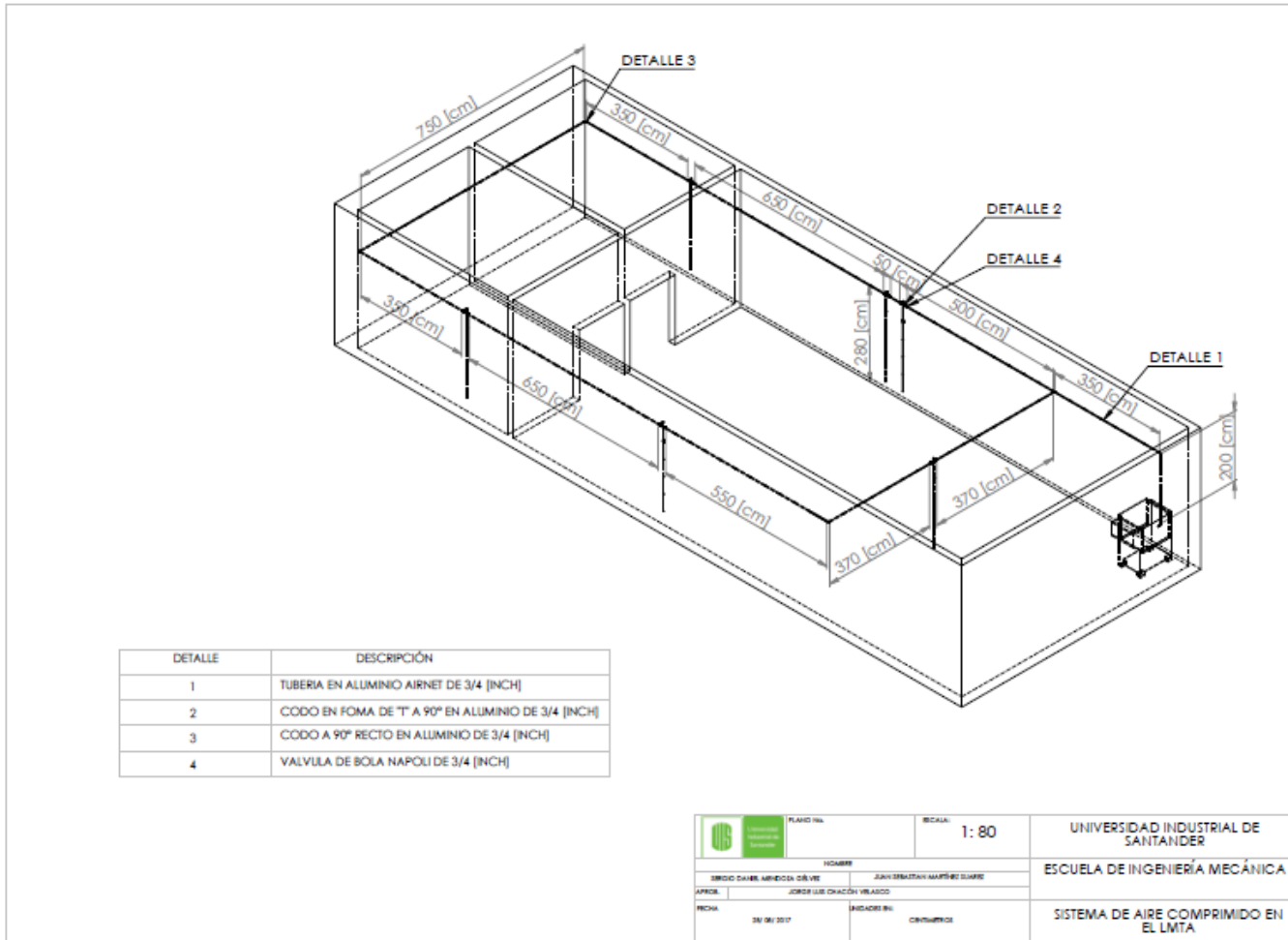


Figura 55. Sistema de extracción de gases.

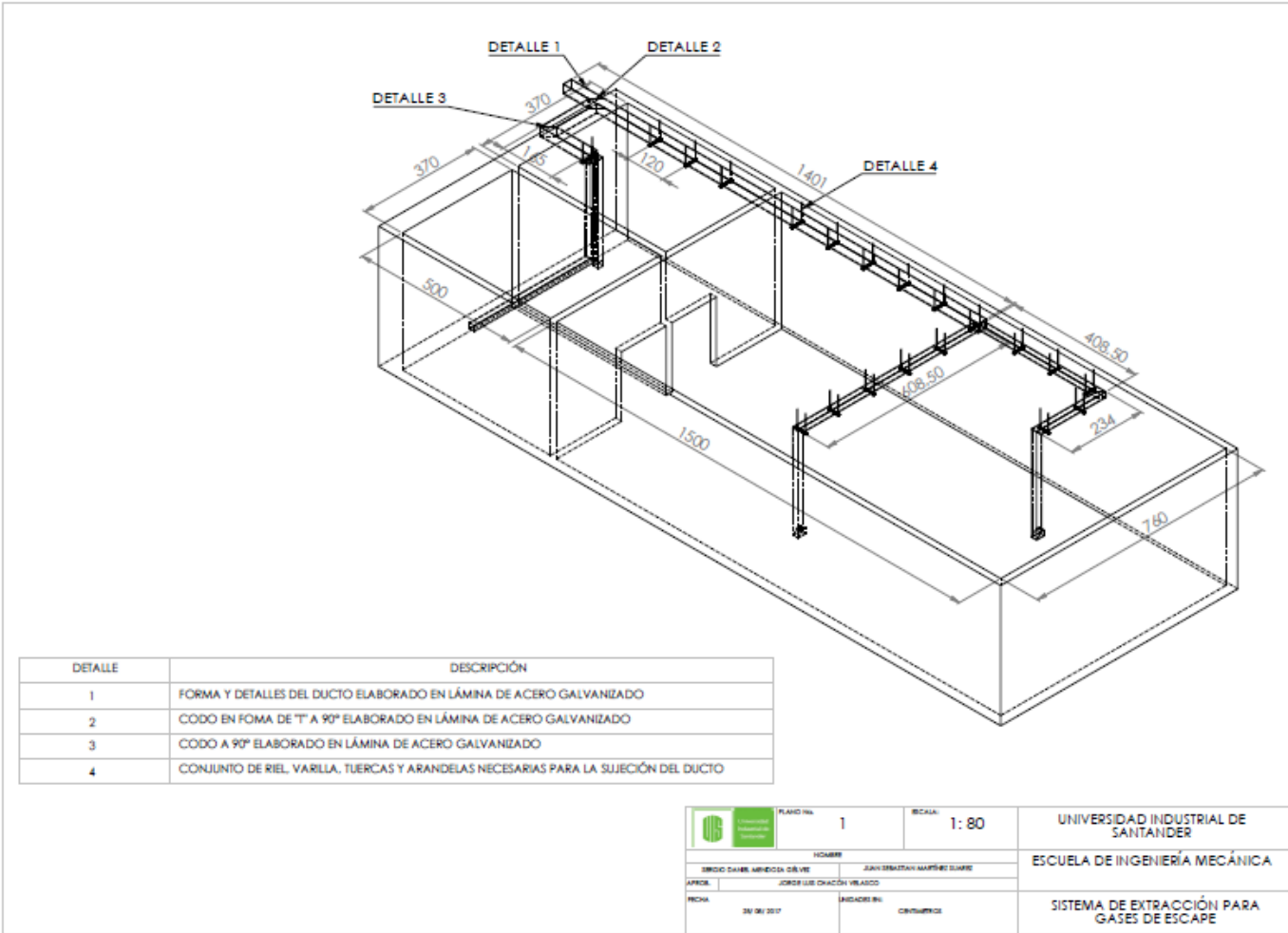


Figura 56. Ductos de extracción de gases.

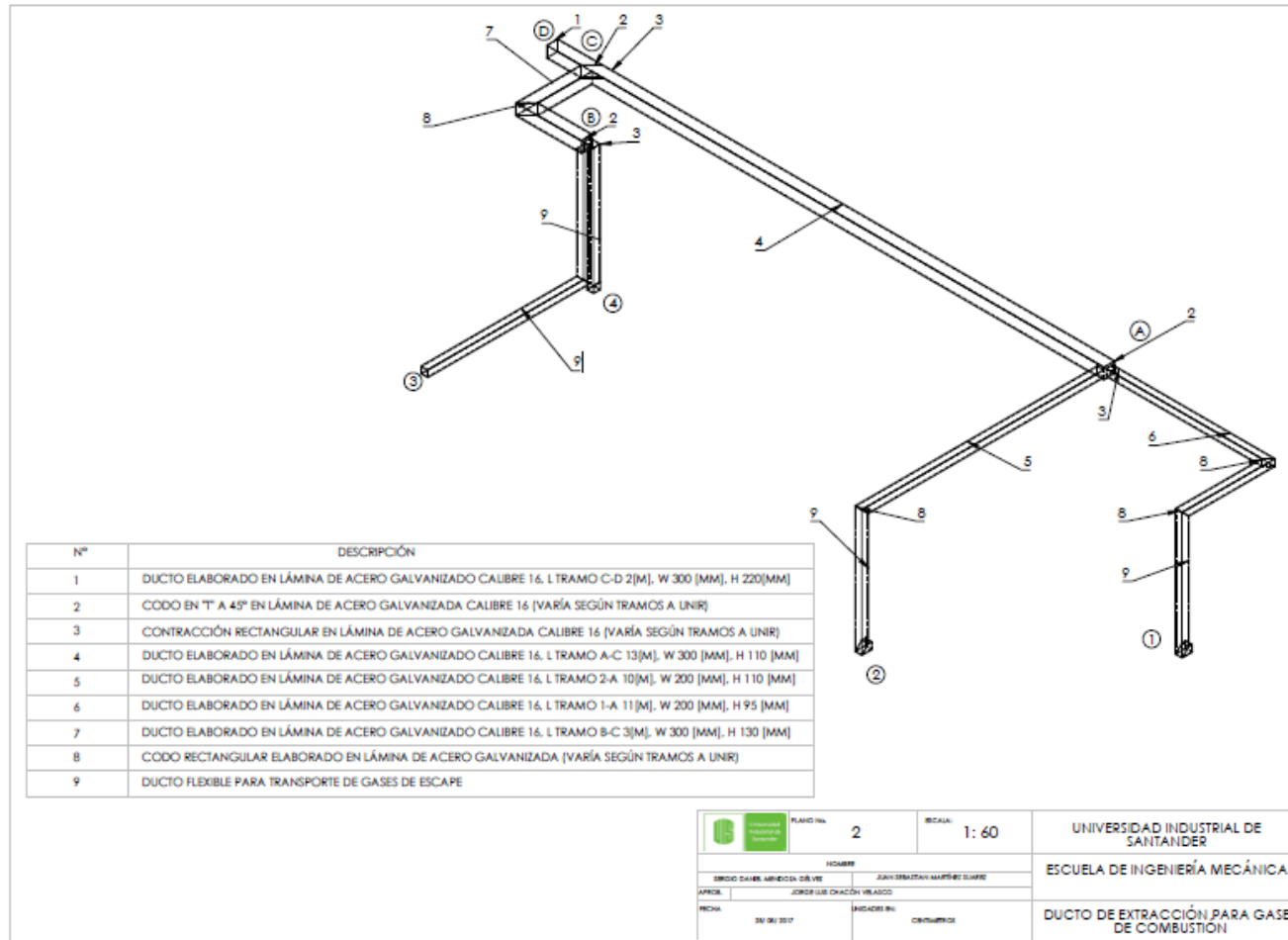


Figura 57. Sistema de ventilación.

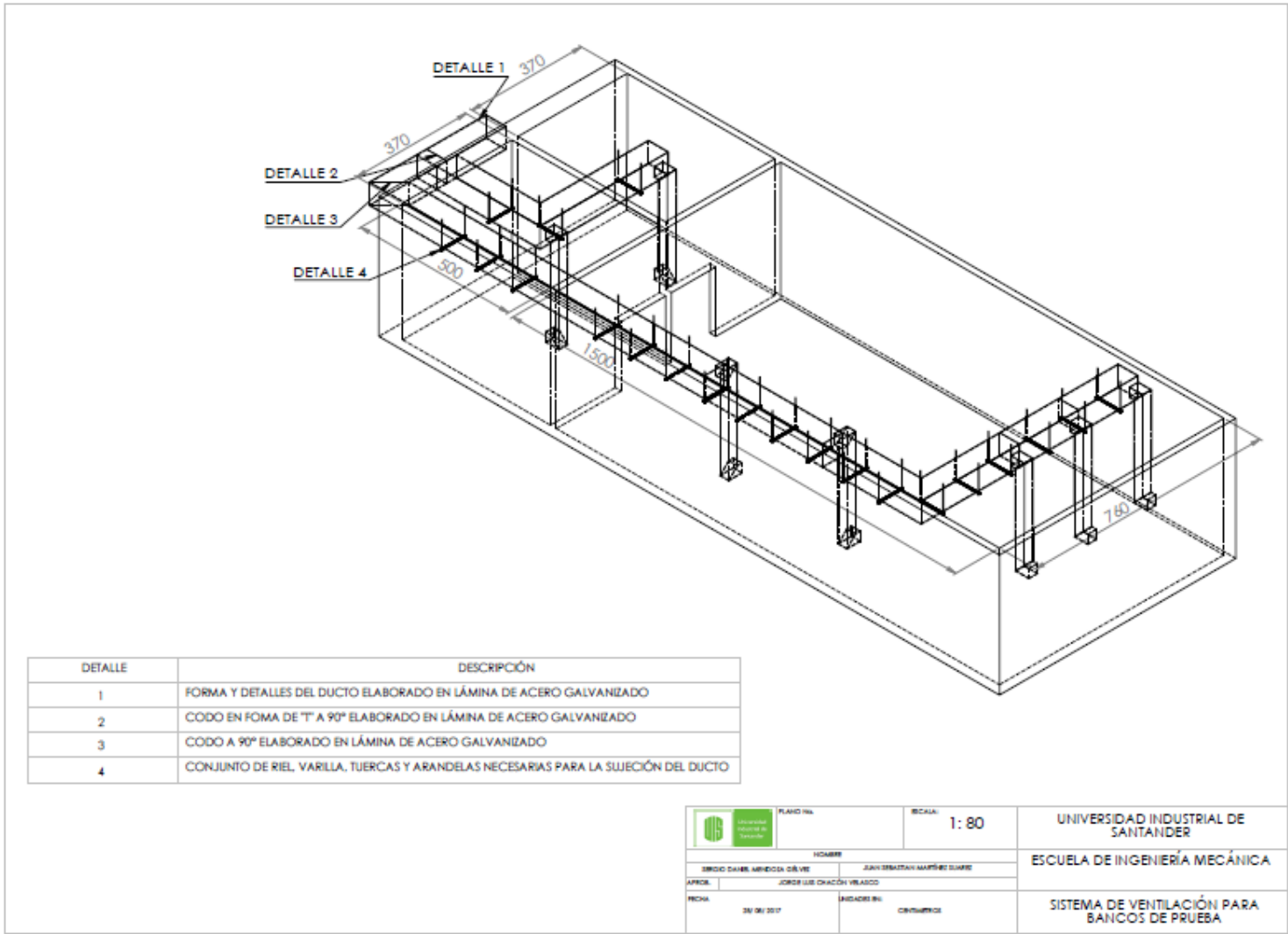


Figura 58. Ducto de ventilación.

