

Diseño del aislamiento acústico, térmico y puesta en marcha para un banco del grupo
electrógeno del laboratorio de máquinas térmicas alternativas

Nelson Fabian Lasso Villareal & Daniel Ricardo Moreno Montaña

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Mecánico

Director

Jorge Luis Chacón Velasco

PhD. En procesos Termofluidodinámicos Aplicados MCIA

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

Todos los triunfos nacen cuando nos atravesamos a hacer realidad nuestros sueños y tomamos la determinación de ser ese alguien que algún día divagamos y que a pesar de las circunstancias fue posible lograr mediante un proceso de gran trabajo y sacrificio, por eso hoy quiero tomar un espacio de este premio y dedicar unas líneas a aquellas personas que siempre hicieron parte de mi anhelo y que siempre caminaron a mi lado sin importar las dificultades; primero darle gracias a Dios quien me forjó de valentía y entendimiento para poder llegar hasta este punto. A mis padres por brindarme el apoyo incondicional y nunca dejar de creer en mi, por inculcar valores que hoy valen mas que un titulo, pues fueron los cimientos que encaminaron y soportaron esta lucha. A mi abuela y mi hermana quienes siempre me impulsaron a perisistir y nunca desistrir durante este largo camino. A mi hijo y mi esposa quienes son las personas mas importantes de mi vida y por las que siempre desperté con deseo de triunfar, salir adelante y crecer profesionalmente. A mi alma mater por acogerme y hacerme parte de esta gran familia, a la escuela es ingeniería mecánica por brindarme los conocimientos necesarios para formar en mi un gran profesional. Infinitas gracias a todos esto no habria sido posible sin el esfuerzo conjunto.

Nelson Fabian Lasso Villarreal

Dedicatoria

La vida está llena de momentos hermosos y lo mejor es poder compartirlos con los demás, en mi vida he tenido la fortuna de conocer grandes personas, que de alguna forma me han ayudado a realizar varios de mis sueños y metas, por eso en esta ocasión quiero agradecer a las personas más importantes en de mi vida que me apoyaron en este logro, Primeramente, quiero expresar mi gratitud a Dios, por sus innumerables bendiciones que me ha dado desde el primer día que ingrese a la universidad y a pesar de tantas dificultades nunca me dejó solo, gracias a Él estoy aquí culminando este trabajo. A mis padres, Danilo y Rubiela, infinitas gracias por su sacrificio y confianza en mí, por brindarme la oportunidad de estudiar, por su apoyo moral y espiritual que me permitieron nunca rendirme a cumplir mis metas,

A la Universidad Industrial de Santander y a la escuela de ingeniería mecánica, por sus valiosos conocimientos, por sus excelentes docentes, a todos y cada uno de ellos por sus consejos y paciencia, por incentivarnos en la búsqueda de conocimientos e investigación.

Daniel Ricardo Moreno Montaña

Agradecimientos

Agradecer al docente Jorge Luis Chacón Velasco, director del proyecto de grado, por permitirnos ejecutar este trabajo, brindarnos el acompañamiento y la confianza para poder culminar este proyecto de vida.

Al señor Fredy Vargas Quintero, técnico de la escuela de Ingeniería Mecánica, por su incondicional colaboración y disposiciones en el proceso de desarrollo del trabajo grado.

A las personas que de una u otra manera se vieron involucrados en el desarrollo de esta tesis, que trabajaron de manera directa o indirecta y contribuyeron para que todo se diera de la mejor manera.

A la Universidad Industrial de Santander por acogernos como sus estudiantes, permitirnos ser parte de esta gran familia, a sus docentes, administrativos y cada una de las personas que trabaja en el proceso de formación profesional y que de alguna manera contribuyeron a que este fuera mas agradable.

Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Objetivos	20
1.1 Objetivo General.....	20
1.2 Objetivos Específicos.....	20
2. Marco Referencial.....	21
2.1 Método	21
3. Diseño Preliminar	22
4. Diagnóstico y puesta en marcha del grupo electrógeno.....	22
4.1 Sistema de admisión.	24
4.2 Sistema de lubricación.	26
4.3 Sistema de escape.	27
4.4 Sistema de alimentación del combustible a gas y gasolina.....	28
4.4.1 Suministro de gas.....	31
4.5 Diagnóstico de sistema de ignición.....	34
4.6 Tablero de mando.	36
4.7 Recuperación del grupo electrógeno.....	37
5. Diseño de la mesa y selección de soportes de atenuación de vibración.	40
5.1 Diseño de la mesa.	40

5.2 Selección de aisladores.	43
5.3 Cálculo dimensiones del aislador.....	46
6. Diseño tablero consumo y control de carga.....	49
6.1 Tablero de control de carga y medición.....	52
6.2 Tablero de consumo.....	53
6.3 Plano eléctrico.....	58
7. Diseño prototipo de las cabinas	59
7.1 Planteamiento de alternativas.	59
7.2 Evaluación y selección de la mejor alternativa.....	61
7.2.1 Requerimientos establecidos por el usuario.....	62
7.2.2 Criterios de diseño para cabinas.	62
7.2.3 Matriz de ponderación.	63
7.3 Diseño de sistema térmico y acústico para la cabina seleccionada.	64
7.3.1 Criterios de evaluación para selección de alternativas.	64
7.4 Criterios de diseño del sistema de escape.....	66
7.5 Análisis y selección de alternativas.	67
7.5.1 Paredes.....	68
7.5.2 Piso.....	70
7.5.3 Techo.....	72
7.5.4 Escape.....	73
7.5.5 Ventana.....	75
7.5.5.1 Selección material del perfil.....	75
7.5.5.2 Tipo de acristalamiento.....	76

7.5.6 Puerta.	77
7.6 Diseño sistema recirculación de aire.....	80
7.6.1 Diseño de conductos de ventilación y sistemas de distribución.	83
7.6.2 Ducto de entrada.	87
7.6.3 Ducto de salida.....	98
7.7 Diseño sistema de extracción de gases.	108
7.7.1 Tubería de escape.....	109
7.7.2 Parámetros de diseño.	111
7.7.3 Cálculo del diámetro de la tubería.	114
7.7.4 Cálculo de contrapresión en la tubería.....	116
8. Implementaciones prácticas de laboratorio.....	122
9. Resultados.....	127
9.1 Construcción de la mesa	127
9.2 Sistema anti vibratorio	129
9.3 Tablero de consumo y control de carga	129
9.4 Montaje del banco del LMTA.....	131
9.5 Cabina.	134
10. Conclusiones.....	137
11. Recomendaciones	139
Referencias Bibliográficas.....	140

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Antes y después filtro de aire.	25
Figura 2. Manguera filtro de aire – dosificador de gas.	25
Figura 3. Cambio filtro de aceite.	26
Figura 4. Aceite usado para el motor.	27
Figura 5. Sistema de escape.	28
Figura 6. Antes y después tanque de gasolina.	29
Figura 7. Manguera combustible antes y después.	30
Figura 8. Filtro de gasolina.	30
Figura 9. Carburador.	31
Figura 10. Estabilizador de presión.	32
Figura 11. Medidor de flujo.	33
Figura 12. Dosificador.	34
Figura 13. Antes y después bobina de alta.	35
Figura 14. Automático remplazado.	36
Figura 15. Conexión arreglada tablero de mando.	36
Figura 16. Evaluación del estado del equipo.	37
Figura 17. Montaje del grupo electrógeno.	38
Figura 18. Construcción de sistema de escape.	38

Figura 19. Restructuración del tanque de combustible.....	39
Figura 20. Montaje del grupo electrógeno.....	40
Figura 21. Diseño soporte.....	42
Figura 22. Aplicación de carga y sujeción.....	42
Figura 23. Relación de frecuencias requerido para una eficiencia dada.....	44
Figura 24. Aislador cilindro de goma.....	45
Figura 25. Cálculo del diámetro y altura del aislador.....	48
Figura 26. Resultados del cálculo del diámetro y altura del aislador.....	48
Figura 27. Sistema de control y consumo de carga.....	50
Figura 28. Clavija de conexión.....	51
Figura 29. Tableros de control.....	52
Figura 30. Tubos de alógeno.....	53
Figura 31. Tablero de consumo.....	54
Figura 32. Vista frontal tablero de consumo.....	55
Figura 33. Selección calibre cable bombilla 500 w y 1000 w.....	56
Figura 34. Selección calibre alambre.....	57
Figura 35. Plano eléctrico.....	58
Figura 36. Diseño de alternativa 1.....	60
Figura 37. Alternativa 2.....	60
Figura 38. Diseño de alternativa 3.....	61
Figura 39. Alternativa 1 paredes.....	69
Figura 40. Alternativa 2 pisos.....	71
Figura 41. Coquillas de lana de mineral.....	75

Figura 42. Configuración puerta contra el fuego.	78
Figura 43. Vista final puerta contra fuego.	79
Figura 44. Velocidad máxima del conducto recomendada.	84
Figura 45. Configuración ducto entrada y salida de aire.	85
Figura 46. Cálculos del motor.	86
Figura 47. Cálculo de escape.	86
Figura 48. Resultados.	87
Figura 49. Ducto de entrada.	88
Figura 50. Dimensiones tubo inferior ducto de entrada.	89
Figura 51. Pérdida de presión tubo inferior ducto de entrada.	90
Figura 52. Dimensiones rendijas para tubo circular ducto de entrada.	91
Figura 53. Dimensiones injerto aerolítico ducto de entrada.	92
Figura 54. Dimensiones tubo ducto de entrada.	93
Figura 55. Pérdida de presión tubo ducto de entrada.	94
Figura 56. Dimensiones sombrero de ventilación ducto de entrada.	95
Figura 57. Pérdida de presión sombrero de ventilación ducto de entrada.	96
Figura 58. Dimensiones injerto plano para techo ducto de entrada.	97
Figura 59. Ducto de salida.	99
Figura 60. Dimensiones tubo inferior ducto de salida.	100
Figura 61. Pérdida de presión tubo inferior ducto de salida.	101
Figura 62. Dimensiones para tubo circular ducto de salida.	102
Figura 63. Dimensiones injerto aerolítico ducto de salida.	103
Figura 64. Dimensiones codo 90° ducto de salida.	104

Figura 65. Pérdida de presión codo 90° ducto de salida.	105
Figura 66. Dimensiones tubo ducto de salida.	106
Figura 67. Pérdida de presión tubo ducto de salida.	107
Figura 68. Conjunto de escape.....	109
Figura 69. Sistema de escape.	110
Figura 70. Silenciador.....	112
Figura 71. Atenuador de vibraciones.	113
Figura 72. Resultado diámetro de tubería.	114
Figura 73. Cálculo de longitud característica.	115
Figura 74. Contrapresión en la tubería (P).....	118
Figura 75. Ilustración del paso de pared.	119
Figura 76. Tamaño admisible de recipientes y tanques portátiles.	120
Figura 77. Resistencia al fuego en áreas interiores.....	121
Figura 78. Guia de identificación del grupo electrogeno.....	124
Figura 79. Generación de potencia eléctrica por medio de gasolina.	125
Figura 80. Generación de potencia por medio de gas.....	126
Figura 81. Evidencias construcción de la mesa.	128
Figura 82. Soporte.....	128
Figura 83. Soporte anti vibratorio.....	129
Figura 84. Tablero de consumo.	130
Figura 85. Talero de control.....	130
Figura 86. Tanque de la gasolina.	131
Figura 87. Tablero de control.....	132

Figura 88. Tablero de consumo.	132
Figura 89. Montaje de tableros.	133
Figura 90. Montaje Total del grupo electrógeno.	133
Figura 91. Vista isométrica diseño cabina.	134
Figura 92. Vista isométrica diseño final.	136
Figura 93. Vista isométrica distribución sistemas en la cabina.	137

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Componentes del motor.....	23
Tabla 2. Componentes del generador.....	23
Tabla 3. Características de perfil cuadrado.....	41
Tabla 4. Componentes de sistema de control y consumo de carga.....	50
Tabla 5. Matriz QFD diseño cabina.....	63
Tabla 6. Matriz de ponderación diseño cabina.....	64
Tabla 7. Matriz QFD sistema acústico.....	65
Tabla 8. Matriz QFD sistema térmico.....	65
Tabla 9. Matriz QFD sistema de escape.....	67
Tabla 10. Matriz ponderación Acústica en paredes.....	68
Tabla 11. Sistema térmico en paredes.....	68
Tabla 12. Composición de materiales alternativa 1.....	70
Tabla 13. Sistema acústico en piso.....	70
Tabla 14. Sistema térmico en piso.....	71
Tabla 15. Composición del piso para la alternativa 2.....	72
Tabla 16. Sistema acústico en el techo.....	72
Tabla 17. Sistema térmico en techos.....	73
Tabla 18. Sistema de aislante para escape.....	74

Tabla 19. Selección del mar de la venta.	76
Tabla 20. Transmitancia térmica según la configuración de la ventana.	77
Tabla 21. Componentes del ducto de entrada.	88
Tabla 22. Cálculo de pérdida de presión total en el ducto de entrada.	97
Tabla 23. Componentes ducto de salida.	99
Tabla 24. Pérdida de presión total del ducto de salida.	107
Tabla 25. Composición tubería de escape.	110
Tabla 26. Longitudes equivalentes de tubería.	115
Tabla 27. Capacidad aislamiento de los componentes seleccionado.	135

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Marco Teórico.

Apéndice B. Planos de la mesa.

Apéndice C. Informe estructural de la mesa.

Apéndice D. Plano del sistema de consumo y Control de carga.

Apéndice E. Plano eléctrico.

Apéndice F. Alternativa de diseño y Tipo de acristalamiento.

Apéndice G. Prácticas de laboratorio.

Apéndice H. Plano de la cabina.

Resumen

Título: Diseño del Aislamiento Acústico, Térmico y Puesta en Marcha para un Banco del Grupo Electrónico del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas*.

Autores: NELSON FABIAN LASSO VILLARREAL
DANIEL RICARDO MORENO MONTAÑO**

Palabras Claves: Maquinas Térmicas Alternativas, Grupo Electrónico, Motor, Laboratorio, Aislamiento Acústico, Aislamiento Térmico.

Descripción:

En este proyecto de grado se realizó el diagnóstico, puesta en marcha, diseño y construcción de elementos que permiten el desarrollo del buen funcionamiento del banco como lo son: soporte donde reposará el equipo, el aislamiento vibratorio para el bastidor, tablero de mando, tablero de bombillas y sistema de escape de gases. Además, se realizó el diseño de una cabina con aislamiento acústico y térmico la cual ayudará a mitigar el calor y el sonido generado por un grupo electrónico, dejando por último la implementación de tres guías de laboratorio.

Para poder cumplir con los objetivos planteados es necesario saber que se trabaja con un motor de combustión interna de ignición por chispa Briggs & Stratton de 18 HP y un generador Powermate 7000 W al cual se le hace una evaluación de sus principales componentes y se recurre a un mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. Posterior a esto se diseña y construye el soporte donde se hará el montaje del equipo con el sistema de medición de consumo de combustible, el sistema de escape de gases y silenciador.

Es necesario realizar el diseño y construcción del tablero de mando y tablero de bombillas ya que son piezas claves para el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Puesto que, mediante estas se hará la medición de voltajes y corriente, que permitirá que los estudiantes realicen el análisis para el cálculo de potencia generada, eficiencia total, consumo específico de combustible y consumo horario de combustible.

Se finaliza con la implementación de tres guías de laboratorio y el diseño de una cabina encargada de los aislamientos, con la ayuda del software SOLIDWORK, se plantea tres diseños de cabinas y mediante una evaluación por medio de matrices QFD se selecciona el diseño y sus diferentes materiales que la componen, sin dejar de un lado los requerimientos que debe llevar por normativa.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas Escuela de Ingeniería Mecánica Director Jorge Luis Chacón Velasco PhD.
En procesos Termofluidodinámicos Aplicados MCIA

Abstract

Title: Acoustic and Thermal Insulation Design, start-up for a Bench of the Genset from Alternative Thermal Machines Laboratory*.

Author: NELSON FABIAN LASSO VILLARREAL
DANIEL RICARDO MORENO MONTAÑO **

Key Words: Alternative Thermal Machines, Genset, Engine, Laboratory, Acoustic Insulation, Thermal Insulation.

Description:

In this degree project, it made a diagnosis, start-up, design and elements construction that permits the development of the bench proper operation, such as: bracket where the equipment rests, vibratory insulation to the stainless-steel frame, control panel, light bulbs panel and gas exhaust system. In addition, it made a cabin design with acoustic and thermal insulation, which it will help to reduce heat and sound produced by a genset, lastly the three laboratory guides implementation.

In order to achieve the suggested objectives, it is necessary to know that it works with an 18 HP Briggs & Stratton spark ignition internal combustion engine, and a Powermate 7000 W generator. Which it evaluates its main complements and recur to the corrective and preventive maintenance. Besides, it design and built the bracket where the equipment will assemble with the measurement system for the fuel consumption, the gas exhaust system and silencer.

It is required to make the control panel and light bulbs panel design and construction, which are keys elements to be able to development the laboratory operations, since it will measure the voltages and electricity. It will allow to the students carry out the analysis to the generated power calculation, total efficiency, fuel consumption and time fuel consumption.

It concludes with the three-laboratory guide's implementation, the cabin design in charge for the insulations, count on the help of SOLIDWORK software, it pose three cabin designs. On the other hand, with an evaluation using QFD matrices, could select the design and its different materials. Considering the importance of the requirements that must be design by regulations.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas Escuela de Ingeniería Mecánica Director Jorge Luis Chacón Velasco PhD.
En procesos Termofluidodinámicos Aplicados MCIA

Introducción

Hoy en día los grupos electrógenos juegan un papel muy importante debido al buen funcionamiento que puede desempeñar en diferentes terrenos industriales, pues cuenta con la capacidad de generar una gran cantidad de energía eléctrica, la cual permite asegurar que en diferentes espacios de trabajo ya sea oficinas, hospitales, industrias petrolíferas, edificaciones residenciales y demás espacios que no tienen suministro de energía eléctrica tengan la oportunidad de contar con ella. Debido a esto la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de la Universidad Industrial de Santander (UIS) goza de un banco de laboratorio que tiene la capacidad de hacer un acercamiento práctico a los estudiantes con temas referentes al funcionamiento de estos grupos electrógenos o plantas generadoras de energía, en vista del paso de tiempo y a la nueva edificación con la que cuenta la EIM este banco perdió funcionalidad quedando temporalmente aislado y desmontado. Por ello se planteó la idea de recuperar y montar nuevamente dicho laboratorio con el propósito de que los practicantes puedan hacer mediciones experimentales que le permitan analizar, calcular y poner en práctica los conocimientos aprendidos en clase, debido a esto es necesario diseñar algunos elementos que otorgue al equipo la entrega total de la capacidad operativa para luego medir y evaluar el estado del equipo. Por otro lado, se debe asegurar que el montaje de la planta facilite la movilidad y la visualización del grupo electrógeno. Median ENGINE TESTING (Martyr & Plint, 2011), manual de instalación del grupo electrógeno y manual de uso y mantenimiento de los grupos electrógenos se abordarán los lineamientos que estos entregan para poder desarrollar lo planteado. Además, se tiene en cuenta el acople generador y

motor, principios de funcionamiento de máquinas síncronas a partir de máquinas eléctricas y teoría de funcionamiento de motores 4 T.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Contribuir con el compromiso de la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de la Universidad Industrial de Santander. En la adecuación de espacios óptimos para la participación técnica y científica; Apoyando en el enriquecimiento físico del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA), con el diseño de un sistema de acondicionamiento acústico, térmico y puesta en marcha de un banco de pruebas de grupo electrógeno.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico, mantenimiento y puesta en marcha del grupo electrógeno del LMTA.
- Diseñar el soporte y el sistema de aislamiento de vibraciones del grupo electrógeno para el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA).
- Implementar el sistema de carga y control mediante el diseño de un tablero operativo el cual permita visualizar el buen funcionamiento del grupo electrógeno del LMTA.
- Diseñar un sistema de aislamiento acústico para el banco del grupo electrógeno del LMTA con el propósito de reducir en gran parte el sonido generado por el banco, contemplando la importancia del área común en la cual se va a plantear el diseño.

- Diseñar un sistema de aislamiento térmico, el cual permita aislar el calor disipado por el motor de combustión interna en la cabina del laboratorio y seleccionar adecuadamente el material que permitan el cumplimiento de está.
- Implementar y ejecutar las practicas del LMTA en el banco del grupo electrógeno las cuales tenemos.
 1. Práctica N°1 Identificación y operación del grupo electrógeno.
 2. Práctica N° 2 Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible la gasolina.
 3. Práctica N° 3 Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible gas natural.

2. Marco Referencial

2.1 Método

En este capítulo se orientará a presentar los referentes teóricos, es decir, datos con los cuales nos ayudaran a afianzar conocimientos sobre sucesos encontrados, posteriormente estudiados y analizados. De estos tomaremos información para mejorar la investigación y poder realizar un mejor trabajo. Por otra parte, estos nos permitirán tener una mayor certeza a la hora de diseñar la cabina, la cual, es la encargada de asilar el ruido. Además, con una fuente confiable de referentes teóricos se tendrá más profundidad sobre los principales factores a tener en cuenta para

conseguir un resultado adecuado y aceptable para el cual se va a diseñar. En el **apéndice A** se va conseguir tener una buena búsqueda que permita desarrollar el montaje y puesta en marcha del grupo electrógeno.

3. Diseño Preliminar

La propuesta del diseño preliminar es dar inicio al desarrollo del proyecto, teniendo como objetivo el cumplimiento de las metas pactadas de manera ordenada y concisa. Es así, que se tiene la elaboración del diagnóstico y puesta en marcha del equipo, la elaboración de un soporte que tenga la facultad de aislar las oscilaciones bruscas que puedan presentar el banco, el diseño y construcción de un sistema de implementación de control y carga, el diseño de una cabina que tenga la facultad de aislar térmica y acústicamente el laboratorio de los diferentes ruidos generados por el equipo y finalizar en el desarrollo de tres prácticas de laboratorio en la que los estudiantes puedan tener acercamientos reales con el equipo.

4. Diagnóstico y puesta en marcha del grupo electrógeno.

El grupo electrógeno está compuesto por un motor Briggs Stratton 18 Hp acoplado a un generador Powermate 7000 W a los cuales se les debe realizar un mantenimiento que permita

evaluar el estado actual del banco, mejoramiento y puesta en marcha. Con el fin de obtener como respuesta la disposición de este grupo de manera adecuada sin la preocupación de ocasionarle algún daño alguno. Puesto que se debe partir de este para poder desencadenar los objetivos planteados como lo son el diseño de la cabina aisladora de ruido con sus respectivos detalles, el diseño de los tableros de consumo y control de carga, las diferentes prácticas de laboratorio y el montaje total del banco en el LMTA. Para esto se hace la presentación del banco con sus diferentes partes.

- Motor Briggs Stratton 18 Hp

Tabla 1.

Componentes del motor.

Parámetros	Componente
cilindros	Dos opuestos refrigerados por aire
modelo	422400 de 18 Hp TWIN II
Cilindrada	42,33 in ³
torque máximo	28,6 lb*ft a 2600 rpm
# de tiempos	4T
Ignición	Ignición por chispa
Carburador	Chorro de flujo y de doble cuerpo

- Generador Powermate 7000 W

Tabla 2.

Componentes del generador.

Parámetros	Componente
Potencia nominal	7000 watt
Voltaje	120/240 Voltios

Parámetros	Componente
Corriente	29.2/58.3 Amperios
Frecuencia	60 Hertz
RPM	3600
Factor de potencia	1
Temperatura máxima ambiente	40 °c

Una vez hecho la presentación del equipo a trabajar se da inicio a la evaluación de cada una de las componentes que integran el grupo electrógeno con el fin de determinar las soluciones más adecuadas para lograr la recuperación de este. De este modo se van a dividir los sistemas que componen el equipo y se analizarán por aparte dando como inicio el sistema de admisión, seguido al sistema de lubricación, sistema de escape, sistema de alimentación de combustible (gas y gasolina), sistema de ignición y por último lo que compete al tablero de carga.

4.1 Sistema de admisión.

Es aquel conjunto de elementos que proveen al motor de aire limpio a una velocidad y temperatura acorde a la necesidad del régimen del motor.

- **Filtro de aire:**

El filtro de aire se reemplazó, ya que no se encontraba en condiciones óptimas de funcionamiento. En la **figura 1** se puede apreciar el estado en el cual se encontraba el filtro de aire y el nuevo que se le instaló.

Figura 1.

Antes y después filtro de aire.



- **Manguera filtro de aire – dosificador de gas:**

En la **figura 2** se puede ver que la manguera se encuentra en buen estado, por tal motivo se realizará una limpieza y se instalará nuevamente.

Figura 2.

Manguera filtro de aire – dosificador de gas.



4.2 Sistema de lubricación.

El sistema de lubricación es el encargado de evitar el desgaste de las partes en contacto, para cumplir con esta función, se utiliza un aceite de lubricación y un filtro para retirar la mayor cantidad de impurezas.

- **Filtro aceite:**

El filtro de aceite se encontraba muy ajustado debido al tiempo que llevaba ahí instalado, al intentar soltarlo se rompió, por esta razón se compró y se instaló nuevamente, en la **figura 3** se muestra el nuevo filtro ya instalado y el antiguo en las condiciones que estaba.

Figura 3.

Cambio filtro de aceite.



- **Aceite:**

Como el grupo electrógeno se encontraba en inactividad no se conocía el estado del aceite y el tiempo de operación que este llevaba ahí, por tal motivo para la protección del equipo y seguridad del mismo se realiza el cambio de aceite que es igual a la cantidad de 2 cuartos de aceite

20W50. En la **figura 4** se aprecia la cantidad necesaria para lograr hacer un correcto cambio de aceite.

Figura 4.

Aceite usado para el motor.



4.3 Sistema de escape.

El grupo electrógeno por el momento no cuenta con una línea de salida de gases como se puede apreciar en la **figura 5**, por eso es de suma importancia diseñar un perfil de escape que cumpla con una contrapresión adecuada y así poder mantener en buen funcionamiento el equipo. En la **figura 69** se puede apreciar el múltiple de escape del equipo diseñado para este.

Figura 5.

Sistema de escape.

**4.4 Sistema de alimentación del combustible a gas y gasolina.**

El sistema de alimentación de combustible del equipo se distribuye en 4 partes importantes. Tanque de almacenamiento, manguera de suministro, filtro de gasolina y carburador. Para lo cual vamos a tratar cada uno por aparte.

- **Tanque de almacenamiento:**

El sistema de almacenamiento de combustible se encontraba en un estado de suciedad, pero en óptimas condiciones para seguir en funcionamiento por lo que se hace su respectivo aseo y adecuación para su buen funcionamiento. A continuación, se presentan **figura 6** del estado del tanque y el nuevo montaje.

Figura 6.

Antes y después tanque de gasolina.



- **Manguera de suministro:**

Debido al tiempo de funcionamiento y al estar expuesta a temperaturas no apropiadas, la manguera se encuentra en un estado cristalizado que es inaceptable, por lo cual es necesario hacer el cambio inmediato de ella. En la **figura 7** se puede apreciar el mal estado de la manguera desechada.

Figura 7.

Manguera combustible antes y después.



- **Filtro de gasolina:**

Es de suma importancia filtrar el estado de la gasolina que va a ingresar al carburador, para esto, se compra un filtro de gasolina quien se va a encargar de limpiar el paso de combustible y se puede apreciar en al **figura 8**.

Figura 8.

Filtro de gasolina.



- **Carburador:**

Es necesario hacer mantenimiento al carburador para eliminar cualquier tipo de suciedad que puede tener almacenado y con esto estar seguros de generar una buena mezcla aire-combustible la cual va a llegar a la cámara de combustión. La **figura 9** nos permite ver el carburador de una manera superficial luego de haber realizado la limpieza.

Figura 9.

Carburador.



4.4.1 Suministro de gas.

Debido a las nuevas instalaciones del laboratorio, se dispone de una línea de suministro de gas, la cual cuenta con un regulador o estabilizador de presión donde se puede graduar la presión de entrada al grupo electrógeno y se puede ver en la **figura 10**. La presión de llegada al regulador es de 4 psi y es necesario graduarla hasta poder obtener una entrada optima al banco para que esta pueda funcionar de la mejor manera. También se cuenta con una válvula manual de seguridad que nos permite cortar el suministro de gas de en cualquier momento.

Figura 10.

Estabilizador de presión.



- **Medidor de flujo volumétrico de GN:**

Es necesario determinar y contar con un sistema que nos permita medir el consumo de gas que tiene el equipo y así poder cumplir con lo estipulado. Para esto contamos con el medidor de marca YASAKI Modelo YV2A el cual permite tener un valor de consumo en (metros cúbicos). En la **figura 11** se observa el medidor de flujo y unido a este se encuentra una válvula manual de cierre que permitirá aislar por segunda vez el suministro de gas.

Figura 11.

Medidor de flujo.



- **Dosificador:**

Es el encargado de preparar la mezcla gas-aire en la carrera de admisión, este dosificador está compuesto por una membrana, un muelle o resorte y una válvula de aguja. Las cuales se accionan cuando la membrana da paso al gas y la válvula sube permitiendo que el aire pase y se mezcle en el tubo de admisión para luego llegar a la cámara de combustión, el funcionamiento del muelle es regresar a su posición inicial la válvula.

Para este caso se le hizo la revisión y verificación de su estado actual y se encontró que el muelle no estaba y la membrana contaba con una serie de daños (cortes pequeños) que por su mal estado fue necesario repararlo e instalar un nuevo resorte. Es así como se puede observar en la **figura 12** nuestro dosificador con las partes que las componen.

Figura 12.*Dosificador.*

Nota. Tomado de: Mateuz A, J. F & Quiroz R, L. G. (2012) *Diagnóstico, Puesta en Marcha e Implementación de las Prácticas Experimentales de un Grupo Electrónico del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas de la Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga: Ed. UIS.

- **Maguera flexo metálico de gas:**

Para hacer la debida conexión y llevar el suministro de gas a la maquina se seleccionó la manguera flexo metálica de gas de media pulgada.

4.5 Diagnóstico de sistema de ignición.

El sistema de ignición está compuesto por tres partes principales las cuales son: bujías, la bobina de alta y el apagado del grupo electrógeno. Las dos primeras son las encargadas de generar la chispa necesaria para las dos cámaras de combustión.

- **Bujías**

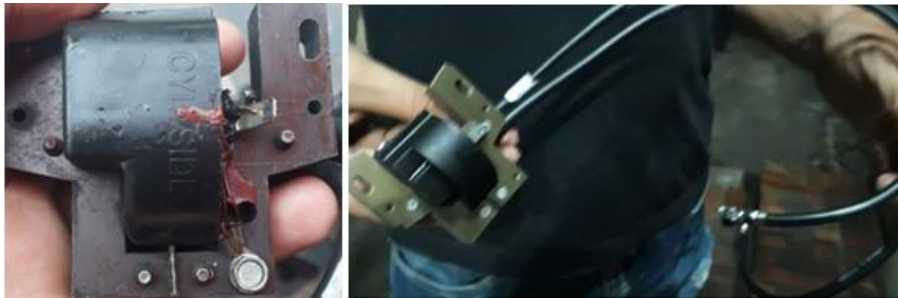
Se evalúa el estado de las bujías y se puede determinar que no se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento por tal motivo se cambian.

- **Bobina de alta**

La bobina de alta se cambió ya que al momento de realizar las prueba esta presento un corto debido al mal estado que se encontraban los cables. En la **figura 13** se puede evidenciar la bobina vieja y quemada y la nueva bobina que se le instalo al equipo.

Figura 13.

Antes y después bobina de alta.



- **Encendido automático**

Fue necesario replazar el sistema de encendido automático de la planta ya que no permitía que este encendiera de manera directa del suiche. En la **figura 14** se aprecia la parte que fue replazada.

Figura 14.

Automático reemplazado.



4.6 Tablero de mando.

Debido al deterioro del tablero el cual se puede observar en la **figura 15** y quien es el encargado de dar la salida de energía generada por el motor de combustión interna es necesario hacer mantenimiento y restablecer el funcionamiento de este.

Figura 15.

Conexión arreglada tablero de mando.



4.7 Recuperación del grupo electrógeno.

La recuperación del grupo electrógeno se presenta gracias al técnico en mecánica de la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander el señor Fredy Vargas Quintero, quien estuvo presente y contribuyó con su conocimiento y contactos que permitieron un trabajo en conjunto para recuperar el equipo. Se presentarán la evidencia y el resultado de lo obtenido.

En la **figura 16** se aprecia el equipo en el estado que se encontraba inicialmente y en la **figura 17** se evidencia los resultados logrados.

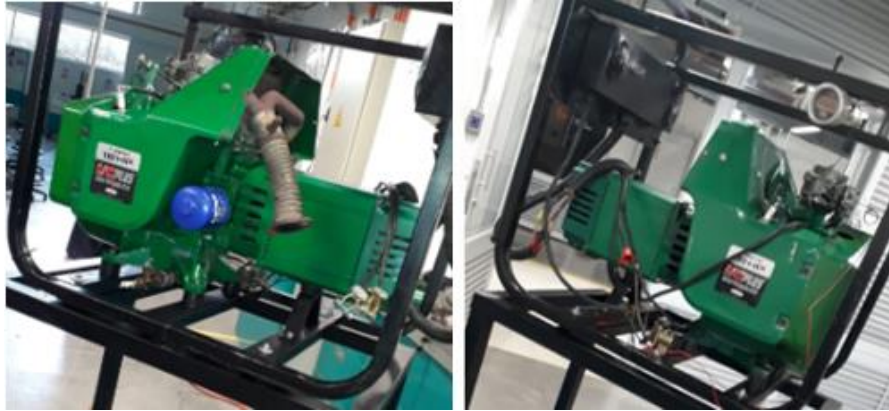
Figura 16.

Evaluación del estado del equipo.



Figura 17.

Montaje del grupo electrógeno.



Es necesario suministrarle al banco del laboratorio un sistema de escape provisional debido a la cantidad de ruido que genera el grupo electrógeno la cual se puede observar el proceso de construcción en la figura 18. Para evitar cualquier tipo de vibración que pueda resultar al momento de sujetar el exosto se incorpora un soporte de los diseñados para el aislamiento vibratorio del grupo electrógeno Figura 83.

Figura 18.

Construcción de sistema de escape.



Fue necesario reestructurar el tanque de combustible para poder hacer el montaje directamente al grupo electrógeno, además a eso se incluye una probeta la cual será la encargada de mantener visible el nivel del tanque y consumo.

La **figura 19** se puede apreciar el proceso de mejoramiento del sistema de almacenamiento de combustible y medición de consumo.

Figura 19.

Reestructuración del tanque de combustible.



Una vez hecho las nuevas adecuaciones al banco, en la **figura 20** se evidencia el montaje y la puesta en marcha total del grupo electrógeno.

Figura 20.

Montaje del grupo electrógeno.



5. Diseño de la mesa y selección de soportes de atenuación de vibración.

5.1 Diseño de la mesa.

Para este diseño se tiene en cuenta lo siguiente: Una carga ubicada sobre las caras superiores de los ángulos estructurales, la cual representa la sumatoria de todos los elementos que soporta la estructura. Además, los puntos de sujeción se ubican en la base de la estructura. El análisis de deformación, esfuerzos de Von-Misses y factor de seguridad, se hizo mediante el Software SOLIDWORK®, en donde se seleccionaron perfiles estructurales comerciales, con

ayuda de la información brindada por el fabricante COLMENA (Tubos Colmena, s.f.) como se muestra en la **tabla 3**:

Tabla 3.

Características de perfil cuadrado

Perfil cuadrado			
Características			
Tamaño nominal		Espesor de pared	Peso
Pulgadas	Milímetros	Mm	kg/m
1 4/7 x 1 4/7	40x40	2.5	2.82

Nota: Adaptado del catálogo de la empresa COLMENA.

Estos perfiles fueron elaborados en acero estructural ASTM A36. La estructura se acopla por medio de soldadura eléctrica (SAW), usando electrodo E6010, el cual cuenta con una gran penetración y fácil soldabilidad. A continuación, se presenta una vista isométrica de la estructura **figura 21** y los planos de la mesa se pueden ver en el **apéndice B**.

Figura 21.

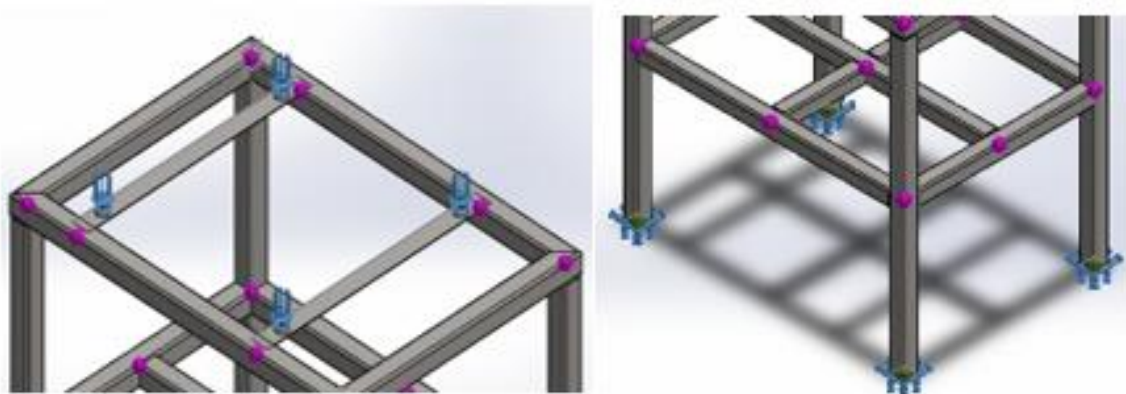
Diseño soporte.



Enseguida, se le aplica un mallado por defecto entregado por el programa SOLIDWORK, para luego, aplicar cargas y sujeciones de la siguiente manera (**figura 22**):

Figura 22.

Aplicación de carga y sujeción.



Se procede a realizar el análisis, donde evidenciamos que la deformación total en la estructura es de un máximo de 0,00021 mm. También, se infiere que los esfuerzos de Von-Mises están en el orden de 90.36 Mpa para el punto más alto y un valor mínimo de 0,00356 Mpa. En el **apéndice C** (Informe estructural de la mesa) se observa que las zonas de color rojo son las de mayor concentración de esfuerzos. El factor de seguridad arroja un valor de 15, lo cual se interpreta como un sobrediseño de la estructura.

5.2 Selección de aisladores.

Para realizar la selección de aislamiento debemos tener en cuenta dos factores importantes, Peso aproximado del grupo electrógeno: 100 Kg, Frecuencia más baja de excitación (velocidad mínima del rotor 1800 RPM): 30 Hz, con estos datos procedemos a calcular las características del aislador. De la **figura 23** se escoge una eficiencia y la transmisibilidad para dar inicio con el diseño requerido para este caso.

- Se selecciona una eficiencia de aislamiento. Para nuestro caso se escogerá 80%.
- se selecciona la transmisibilidad para esa eficiencia, en este caso es de $T= 0.2$.

Figura 23.

Relación de frecuencias requerido para una eficiencia dada.

Isolation efficiency, %	Maximum transmissibility	Required f/f_n
90	0.1	3.32
80	0.2	2.45
70	0.3	2.08
60	0.4	1.87
50	0.5	1.73
40	0.6	1.63
30	0.7	1.56
20	0.8	1.50
10	0.9	1.45
0	1.0	1.41

Nota. Tomado de: Piersol, A. (2002) Harris shock vibration handbook. 5 ed. Ney york: mcgraw Hill,. Pag. 620.

De igual forma se selecciona la relación de frecuencias requerida para esta transmisibilidad.

Con esta se calcula la frecuencia natural requerida por el sistema.

$$\frac{f}{f_n} = 2.45 \quad (1)$$

Donde:

f es la frecuencia más baja de excitación.

f_n la frecuencia natural requerid por el sistema.

- Con la frecuencia natural calculada anteriormente se calcula la constante de resorte.

$$Q_{cond} = -KA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2)$$

Esto da una constante de resorte $K= 57.6 \text{ N/mm}$, este dividido en cuatro aisladores en paralelo tendríamos una constante individual $K_i=14.4\text{N/mm}$. Se calcula la carga que soportada por cada aislador. En este caso los aisladores están soportando el peso de la máquina. Por tanto, cada aislador soporta aproximadamente una carga de 25 Kg.

En Colombia no existen fabricantes de aisladores que tengan productos con sus características en catálogos. Por lo general son fabricantes extranjeros los que tienen estandarizados sus productos. Por tal motivo se recurrió a un distribuidor de cauchos local se encontró que se fabricaban aisladores cilíndricos. En la **figura 24** se presentan los aisladores cilíndricos que se tendrán en cuenta para el proceso de dimensionamiento para nuestros soportes.

Figura 24.

Aislador cilindro de goma.



Nota. Tomado de: SWKS RUBBER SEAL

Para el cálculo de las dimensiones del aislador, tenemos que tener en cuenta que para un mismo caucho podemos encontrar diferentes valores de módulo de compresión, el módulo de

Young depende de la geometría, lo que hace necesario encontrar una relación que permita encontrar los valores teniendo en cuenta la geometría. Este factor que relaciona estos parámetros se llama factor de forma.

$$\text{Factor de forma} = S = \frac{\text{Área de superficie cargada}}{\text{Área lateral libre de carga}} \quad (3)$$

Existen ecuaciones que permiten relacionar el módulo de compresión E con el módulo de compresión efectivo que depende de la geometría. Gent y Lindley encontraron la siguiente relación.

$$E_c = E(1 + 2S^2) \quad (4)$$

Ahora se debe conocer el módulo a cortante. Los ensayos más comunes son los ensayos de compresión y cortante. Entonces tenemos por medio de la mecánica clásica la siguiente relación.

$$E = 2G(1 + \nu) \quad (5)$$

El caucho, con algunas propiedades de líquido, es virtualmente incompresible, esta incompresibilidad le da una relación de Poisson's de alrededor de 0.5 para pequeños valores de deformación. Si este valor es remplazado en la ecuación anterior, se tiene que

$$E = 3G \quad (6)$$

De esta manera se tiene una relación del módulo a cortante y el módulo a compresión.

5.3 Cálculo dimensiones del aislador.

Este aislador con un diámetro D y una altura h se puede encontrar que el factor de forma es:

$$S = \frac{\frac{D^2 \pi}{4}}{D \pi h} = \frac{D}{4h} \quad (7)$$

Ahora se plantea la ecuación de esfuerzo a compresión.

$$\sigma = \frac{F}{A} = E_c \frac{x}{h} \quad (8)$$

Donde x = espacio que se comprime el caucho. Se obtiene la siguiente expresión teniendo en cuenta las dimensiones del aislador.

$$F = \frac{E_c \pi D^2}{4h} x \quad (9)$$

Se aprecia que esta ecuación es la ley de Hooke, reemplazando el valor de E_c en la ecuación anterior se tiene que k es:

$$k = E(1 + 2S^2) \frac{D^2 \pi}{4h} \quad (10)$$

Ya establecida la relación entre la constante de resorte y la geometría del aislador procedemos a calcular el diámetro y la altura del aislador, los aisladores son fabricados con caucho 45 shore A que tiene módulo de Young 1.8 Mpa.

Mediante un proceso interactivo en EES se halla el diámetro y la altura del aislador. Todo esto se podrá apreciar en la **figura 25** y sus resultados obtenidos en la **figura 26**.

- **Cálculo EES.**

A continuación, en la **figura 25** se muestra el cálculo del diámetro y altura del aislador.

Figura 25.

Cálculo del diámetro y altura del aislador.

$$\begin{aligned}
 m &= 100 && \text{masa grupo electrogeno} \\
 f &= 30 && \text{frecuencia mas baja} \\
 T &= 0,2 && \text{maxima trasmisibilidad} \\
 \frac{f}{f_n} &= 2,5 && \text{relacion de frecuencias} \\
 f_n &= 1 / 2 \cdot \sqrt{k \cdot \frac{1000}{m}} && \text{calculo general constante del resorte} \\
 k_1 &= \frac{k}{4} && \text{constante para cada uno de los aisladores} \\
 S &= \frac{D}{4} \cdot h && \text{factor de forma} \\
 E_c &= E \cdot (1 + 2 \cdot S^2) \\
 E &= 3 \cdot G \\
 f &= \frac{E_c \cdot \pi \cdot D^2 \cdot x}{4 \cdot h} \\
 k_2 &= E \cdot (1 + 2 \cdot S^2) \cdot D^2 \cdot \frac{\pi}{4 \cdot h \cdot 1000} && \text{constante resorte para cada aislador} \\
 E &= 1,8 \cdot 10^6 && \text{modulo de young} \\
 D &= \frac{10,2}{1000} && \text{diametro} \\
 h &= \frac{10,2}{1000} && \text{altura}
 \end{aligned}$$

Figura 26.

Resultados del cálculo del diámetro y altura del aislador.

Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]				
D = 0,0102	E = 1,800E+06	E _c = 1,800E+06	f = 30	f _n = 12
G = 600000	h = 0,0102	k = 57,6	k ₁ = 14,4	k ₂ = 14,42
m = 100	S = 0,00002601	T = 0,2	x = 0,00208	

Realizado el proceso interactivo se obtiene que la altura y diametro del aislador es de 10.2 mm asi cumpliendo con la constante de resorte necesario para que el sistema cumpla con un aislamiento de 80%.

6. Diseño tablero consumo y control de carga.

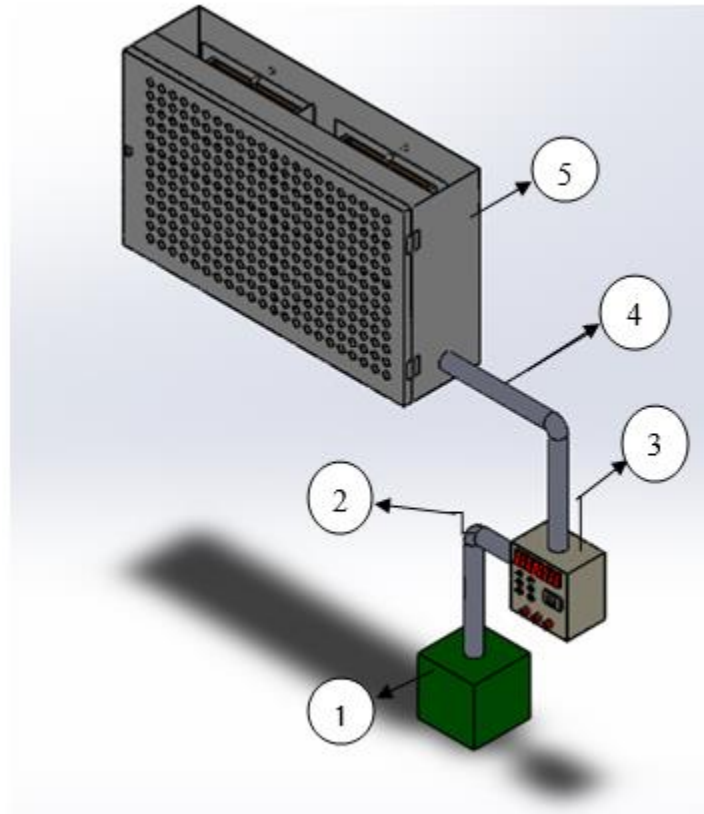
El LMTA contaba con un sistema de consumo y control de carga la cual permitía el desarrollo de la práctica experimental, pero debido a las nuevas adecuaciones del laboratorio este sistema fue desechado de su lugar de uso. Es necesario diseñar y construir el sistema de consumo de carga, ya que mediante este procedimiento se podrá evaluar el rendimiento y desempeño del grupo electrógeno. Los tableros serán los encargados de hacer visible y permitir que los estudiantes puedan realizar la toma de datos y así desarrollar el principal objetivo del proyecto, el cual es conceder una aproximación experimental de los estudiantes al campo laboral en funcionamientos de grupos electrógenos.

Se parte teniendo como referencia el boceto (Mateuz A & Quiroz R, 2012) y la funcionalidad del sistema planteado anteriormente, ya que de este modo podremos desplegar una idea de diseño la cual puede presentar parámetros de bosquejo como lo son: costos, buen desempeño, fácil montaje y seguridad para los estudiantes.

En la **figura 27** se presenta el diseño del sistema encargado de consumir la potencia del grupo electrógeno y la manera de controlarlo.

Figura 27.

Sistema de control y consumo de carga.

**Tabla 4.**

Componentes de sistema de control y consumo de carga.

N°	Componentes
1	Generador
2	Clavija de corriente al generador
3	Tablero de mando y medición
4	Conexión entre tableros
5	Tablero de consumo

En la **tabla 4**. Se puede observar las componentes que conforman el sistema de consumo y de control de carga. En el **apéndice D**, se podrán visualizar los planos de este.

Se debe tener en cuenta que también es necesario seleccionar algunas partes que complementen el sistema de consumo y control de carga como lo son formas de conexión, tipos de bombillos, clavija de enchufe al generador y el tipo maguera encargada de hacer el papel de recubrimiento del cableado. Para esto se hace la presentación de algunas cosas importantes para este diseño y otras se podrán encontrar en los planos del **apéndice D**.

- **Clavija de corriente del generador:**

Es necesario seleccionar la clavija de corriente, la cual es la encargada de conectar el generador y el tablero de mando y medición. Para este caso se selecciona una que cuanta con 3 fases y tierra y se puede evidenciar en la **figura 28**.

Figura 28.

Clavija de conexión.



Nota. Tomas, clavijas e interruptores de tipo MENA.2006. Productos y sistemas para instalaciones eléctricas. 183. Recuperado de: <http://www.cmente.com/images/legrandcontactos.pdf>

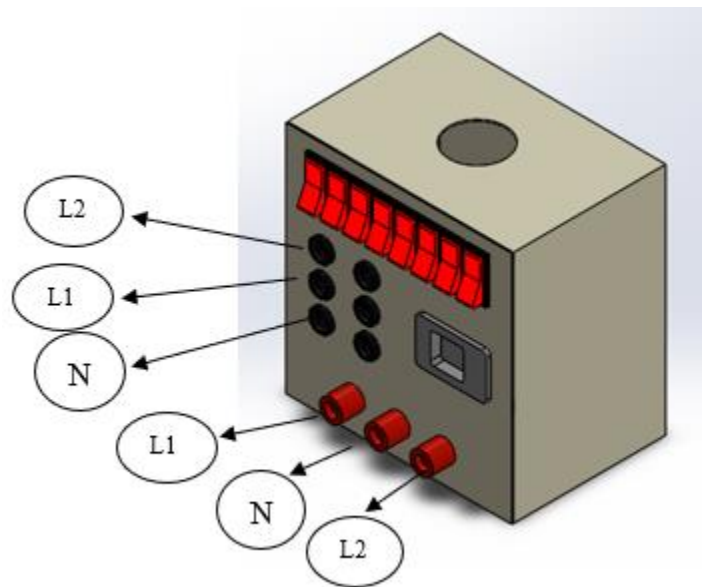
La conexión se debe hacer de manera que las fases y la tierra tenga el orden correcto, para este caso la letra G es la tierra y X, W y Y son las fases.

6.1 Tablero de control de carga y medición.

Mediante el software SOLIDWORK se diseña la forma y la configuración que debe llevar el tablero de control, la cual dispondrá de tres líneas que sobre saldrán para medir corriente L1, L2 y N, además se cuenta con bornes L1, L2 y N donde se medirá tensión en cada una de las líneas, también con interruptores ON-OFF incandescentes encargados de manipular las bombillas de consumo de carga. La medición se hará por medio de una pinza voltiamperimétrica. En la **figura 29** se aprecia una vista isométrica del diseño y sus principales partes que la componen,

Figura 29.

Tableros de control.



6.2 Tablero de consumo.

Para disipar la potencia generada por el grupo electrógeno se debe diseñar un sistema que consuma 7000 watts, con el fin de obligar a la maquina a entregar su totalidad de la carga presentada por el fabricante. Para esto se maneja la alternativa de usar tubos de halógeno de 500W y 1000W los cuales se pueden apreciar en la **figura 30** y que tienen como ventaja un bajo precio y alto consumo de potencia.

Figura 30.

Tubos de alógeno.



Seleccionado el elemento que se va a usar procedemos a diseñar el cajón donde se va a realizar el montaje de estos, teniendo en cuenta la potencia generada por el grupo electrógeno, se toma la decisión de usar seis tubos de 1000W y dos tubos de 500W, los factores más importantes que debemos tener en cuenta para la elaboración de diseño son:

- El calor generado por los tubos de halógeno es elevado, por esta razón se debe tener flujo por convección natural de aire, para que este sea disipado con mayor facilidad al ambiente y no se eleve la temperatura tanto del tubo como de la casilla donde este alojado.
- La ubicación de los tubos se ubica de manera que ocupe la menor cantidad de espacio posible.

Teniendo en cuenta estos factores procedemos a diseñar la distribución de los bombillos, las dimensiones de los bombillos con su respectivo socket son: 255 mm para bombillos de 1000 W y 135 mm para los de 500 W.

Se debe dejar espacio entre el bombillo y paredes de la casilla para que haya flujo de aire, de esta manera evitamos que se eleve la temperatura, aplicando estas características obtenemos este diseño el cual se puede apreciar en la **figura 31** y **figura 32**.

Figura 31.

Tablero de consumo.

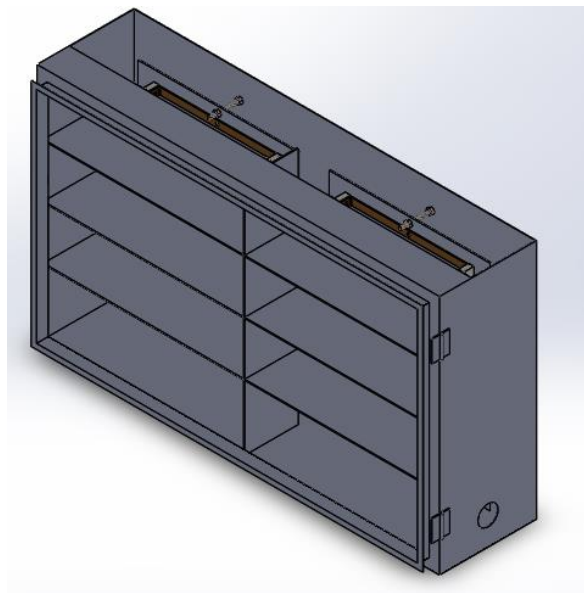


Figura 32.

Vista frontal tablero de consumo.



- **Selección del material cajón:**

Se selecciona el material que debe llevar los tableros de mando y consumo, teniendo presente que deben ser materiales que permitan una rápida disipación de calor. En la industria se cuenta con cajones fabricados para el alojamiento de elementos eléctricos (contadores eléctricos, breakers de seguridad, etc.), estos están elaborados lámina de acero cold-rolled, sometida a proceso químico de bonderizado y fosfatado por inmersión en caliente, con acabados finales en pintura en polvo horneable de aplicación electrostática

Las divisiones interiores están elaboradas de aluminio, este material nos brinda la facilidad de doblar y obtener la forma que deseamos para cada división, además que posee muy buena conducción térmica así funciona a su vez como disipador de calor.

- **Material de la tubería:**

Se selecciona para la tubería encargada de conectar los dos tableros un tubo flexible LIQUIDTIGHT.

- **Calculo calibre cable para las bombillas:**

Apoyándonos en la ley de OHM y la potencia eléctrica.

$$I = \frac{P}{V} \quad (11)$$

Donde:

I es corriente en amperios

P es la potencia en watts

V es la tensión eléctrica en voltios

Para las bombillas de 500w obtenemos:

$$I = \frac{500 [w]}{110 [v]} = 4.55 [A] \quad (12)$$

A partir de la **figura 33** y teniendo en cuenta el valor obtenido seleccionamos el calibre necesario para la instalación.

Figura 33.

Selección calibre cable bombilla 500 w y 1000 w.

Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A

Nota.: Más voltaje; (s.f.) Tipos de cables eléctricos. Recuperado de:
<https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>

- Para las bombillas de 1000w obtenemos:

$$I = \frac{1000 [w]}{110 [v]} = 9.1 [A] \quad (13)$$

Las condiciones de funcionamiento establecen que va estar expuesto a altas temperaturas, por lo tanto, se emplea la referencia de cable THHN de calibre 14 AWG para los dos tipos de bombillas (500w y 1000w), ya que este calibre soporta 15 A y ninguna de las intensidades de nuestras bombillas lo supera.

- Calculo calibre alambre de la clavija al tablero de medición y control de carga

Se sabe que la potencia conectada a cada una de las líneas tiene un valor máximo de 3500 watts, por lo tanto.

$$I = \frac{3500 [w]}{110 [v]} = 31.82 [A] \quad (14)$$

Con el valor anterior y con ayuda de la **figura 34** seleccionamos el calibre del alambre.

Figura 34.

Selección calibre alambre.

AWG	Corriente admisible en cobre a 40 °C al aire libre ^[4]	Equivalencia aproximada en estándar métrico
1	180	
2	150	
3	125	196/0.4
4	117	
5		126/0.4
6	89	
7		80/0.4
8	66	
9		>84/0.3

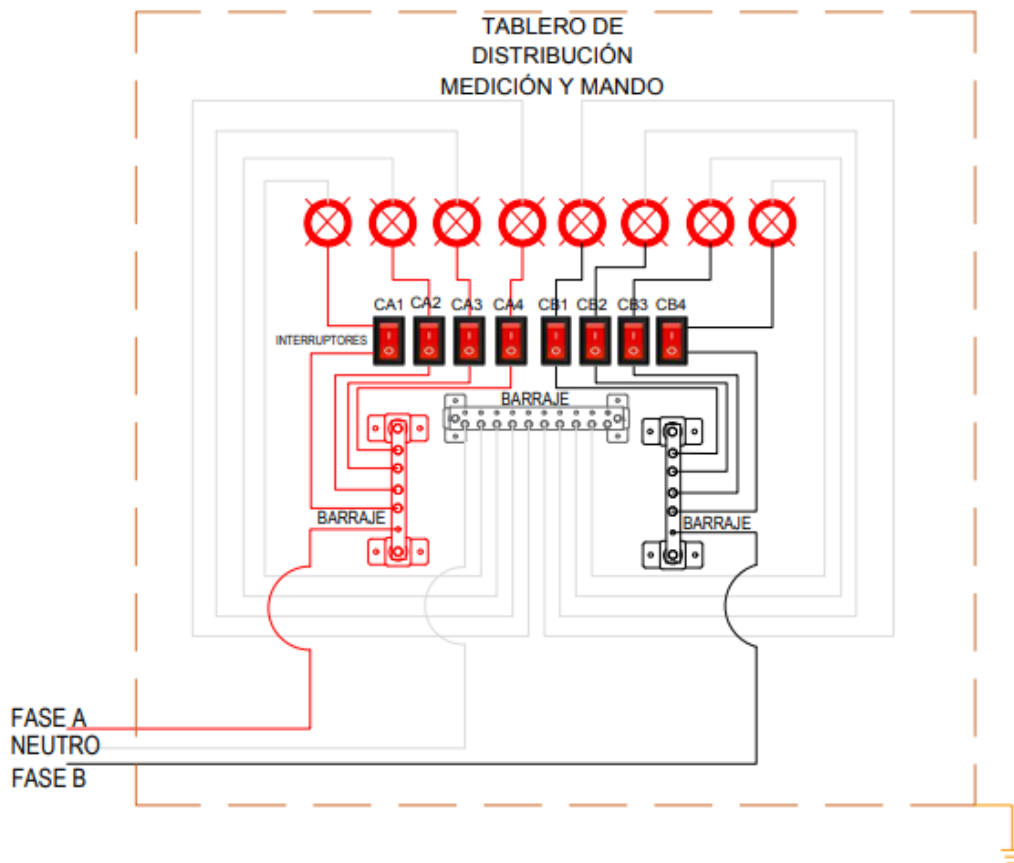
Nota. Tomado de: Wikipedia; (s.f.) Calibre de alambre estadounidense. Recuperado de: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Calibre_de_alambre_estadounidense

6.3 Plano eléctrico.

Se realiza el plano eléctrico el cual permitirá ver y aprobar un seguimiento más exhaustivo de trabajo y la conexión llevada a cabo para el desarrollo del funcionamiento eléctrico. En el cual se estipulará el calibre del alambre y tipo de barrajes a trabajar. Con ayuda del software AUTOCAD se plasma el objetivo planteado. El plano eléctrico se podrá observar en **apéndice E**. Aun así, en la **figura 35** se evidencia una parte de este con el fin de ilustrar de manera rápida la forma y la distribución planteada.

Figura 35.

Plano eléctrico.



7. Diseño prototipo de las cabinas

Para el diseño de la cabina es importante realizar un análisis de posibilidades, planteando mínimo dos alternativas en las cuales se puedan evaluar criterios de diseño, permitiendo instaurar parámetros de costo, eficiencia, funcionalidad y estética, y que tendrá la capacidad de seleccionar y valorar cual alternativa es el más funcional para el laboratorio de LMTA.

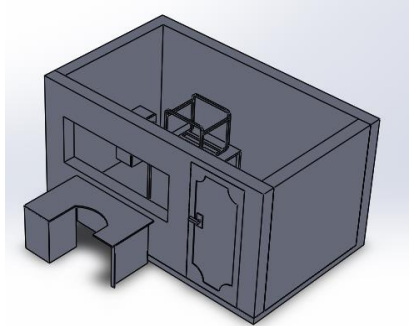
7.1 Planteamiento de alternativas.

La alternativa 1 busca tener el espacio suficiente donde se pueda realizar pruebas de laboratorio, es decir tenga el área suficiente para el ingreso de personas a realizar modificaciones en el grupo electrógeno ya sea para ejecución de prácticas de laboratorio o mantenimiento.

En la **figura 36** se muestra la alternativa de manera general y sin ningún tipo de material, con la importancia de poder dimensionar el espacio establecido por la distribución del laboratorio. Dejando al descubierto el dimensionamiento del primer diseño el cual está formado por una sala encargada de aislar el ruido y el calor generado por el grupo electrógeno.

Figura 36.

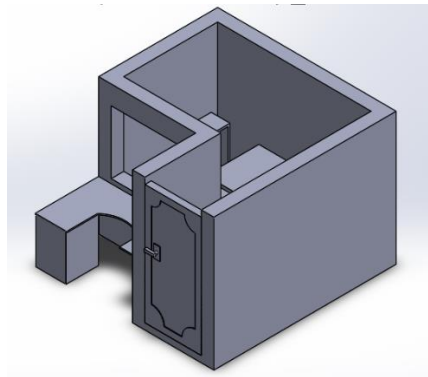
Diseño de alternativa 1.



En la **figura 37**. Se presenta como segunda alternativa una cabina personalizada, con detalles distintos ampliando el espacio utilizado para el ingreso de personal, una de las desventajas de esta alternativa evidentemente es el uso de mas materiales para su construcción.

Figura 37.

Alternativa 2.

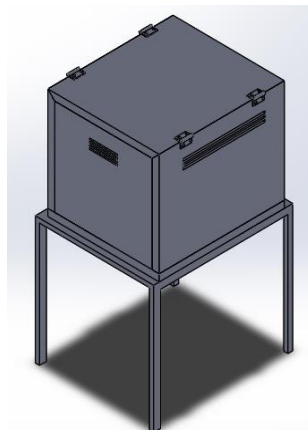


La **figura 38**. Nos muestra La alternativa tres que cuenta un diseño sencillo conformado por paredes desmontables que llevan rendijas encargadas de ventilar el sistema y expulsar los gases residuales producidos por el motor de combustión interna, la ventaja de esta alternativa es la

cantidad de material usado puesto que los paneles están ajustados a la carcasa de grupo electrógeno, la mayor desventaja de esta alternativa es la manipulación de los componentes del equipo, a diferencia de las anteriores alternativas se debe desmontar los paneles para hacer modificaciones.

Figura 38.

Diseño de alternativa 3.



7.2 Evaluación y selección de la mejor alternativa.

El Despliegue de la función calidad o QFD (Quality Function Deployment), es una metodología usada en la ingeniería de la calidad para crear productos que se adapten a los gustos y necesidades del usuario, con esta metodología podremos calcular de forma matemática qué características debemos cumplir al diseñar un producto o servicio. Para esto se deben plantear requerimientos de usuario y criterios de diseño.

7.2.1 Requerimientos establecidos por el usuario.

- Espacio físico
- Economía
- Eficiencia
- Resistencia
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Peso

7.2.2 Criterios de diseño para cabinas.

Los criterios de evaluación serán los encargados de determinar cuál es la opción más viable de diseño.

- Dimensiones
- Sencillez de diseño
- Capacidad de aislamiento
- Costo

planteados los requerimientos del usuario y criterios de diseño, se hace la matriz QFD, los requerimientos establecidos por el usuario se organizan de mayor a menor importancia según el diseño, se asignan valores descendentes de tal manera que el ultimo requerimiento tenga valor de 1, luego se evalúa cada uno de criterios de diseño respecto a los requerimientos del usuario siendo 1 la menor calificación y 10 la calificación máxima

Tabla 5.*Matriz QFD diseño cabina.*

QFD	Valor	Dimensiones			Sencillez de diseño		Capacidad de aislamiento		Costo	
Espacio físico	6	9	54	8	48	9	54	9	54	
Economía	5	9	45	8	40	8	40	9	45	
Eficiencia	4	8	32	6	24	9	36	5	20	
Resistencia	3	6	18	4	12	5	15	5	15	
Facilidad de montaje y desmontaje	2	7	14	7	14	5	10	7	14	
Peso	1	7	7	5	5	6	6	7	7	
SUMATORIA			170		143		161		155	
TOTAL						629				
PORCENTAJE			27,0		22,7		25,6		24,6	

Una vez evaluada la QFD se deben tener en cuenta los valores porcentuales obtenidos, estos hacen parte de la matriz de ponderación quien es la encargada de definir que alternativa de diseño es el más adecuado para la cabina.

7.2.3 Matriz de ponderación.

Esta matriz evalúa las alterativas planteadas, con el fin de definir cuál de los tres modelos es mejor para desarrollar.

Teniendo los porcentajes obtenidos en la matriz QFD se evalúan las alternativas planteadas siendo 5 la calificación máxima y 1 la mínima.

Tabla 6.

Matriz de ponderación diseño cabina.

Paredes		Alternativa		Alternativa		Alternativa	
Requerimiento	Puntaje	1	2	3	1	2	3
dimensiones	0,270	5	1,35	5	1,35	5	1,35
Capacidad de aislamiento	0,256	4	1,02	3	0,77	3	0,77
costo	0,246	4	0,99	4	0,99	5	1,23
Sencillez de diseño	0,227	4	0,91	4	0,91	4	0,91
PONDERADO			4,27		4,01		4,26

Una vez evaluada las alternativas, se puede evidenciar en la **tabla 6**. Que el puntaje más alto obtenido en la ponderación es la alternativa 1. Por lo cual se tomará esta alternativa como modelo a desarrollar.

7.3 Diseño de sistema térmico y acústico para la cabina seleccionada.

7.3.1 Criterios de evaluación para selección de alternativas.

Haciendo uso de la matriz QFD y manteniendo criterios evaluativos que nos permitan centrar las necesidades establecidas por el usuario y los parámetros impuestos para el diseño, se definirá los valores necesarios, conservando el orden de importancia que imponen los diseñadores, obtenemos la ponderación que nos ayuda en el proceso de selección de alternativas.

Para realizar la matriz QFD, se nombrarán los parámetros establecidos por el usuario y luego los de diseño. En ese orden tenemos: espacio físico, economía, eficiencia, resistencia, facilidad de montaje, peso y ecología, y para el diseño contamos con: dimensiones, sencillez del

diseño, capacidad de aislamiento, costo y estructura. Se plantearán y se le dará un valor numérico a cada uno de igual manera que se realizó para la matriz QFD para el diseño de la cabina.

Tabla 7.

Matriz QFD sistema acústico.

QFD Acústico	Valor	Dimensiones	Sencillez de diseño	Capacidad de aislamiento	Costo	Estructura					
Espacio físico	7	9	63	8	56	8	56	8	56	7	49
Economía	6	8	48	7	42	7	42	8	48	9	54
Eficiencia	5	7	35	8	40	9	45	7	35	8	40
Resistencia	4	5	20	4	16	6	24	5	20	9	36
Facilidad de montaje	3	7	21	6	18	5	15	6	18	7	21
Peso	2	7	14	5	10	6	12	7	14	8	16
Ecológico	1	4	4	5	5	3	3	5	5	4	4
SUMATORIA			205		187		197		196		220
TOTAL							1005				
PORCENTAJE			20,4		18,6		19,6		19,5		21,9

De igual manera se analiza el sistema térmico, teniendo en cuenta los criterios de diseño ya establecidos.

Tabla 8.

Matriz QFD sistema térmico.

QFD Térmico	Valor	Dimensiones	Sencillez de diseño	Capacidad de aislamiento	Costo	Estructura					
Espacio físico	6	9	54	8	48	8	48	8	48	8	48
Economía	5	8	40	7	35	8	40	9	45	9	45

QFD Térmico	Valor	Dimensiones		Sencillez de diseño		Capacidad de aislamiento		Costo		Estructura	
Eficiencia	4	7	28	8	32	9	36	7	28	8	32
Normatividad	3	4	12	4	12	8	24	3	9	9	27
Resistencia al fuego	2	3	6	8	16	9	18	5	10	7	14
Ecológico	1	4	4	2	2	3	3	4	4	4	4
SUMATORIA			144		145		169		144		170
TOTAL							772				
PORCENTAJE			18,7		18,8		21,9		18,7		22,0

7.4 Criterios de diseño del sistema de escape.

En el escape se va a disponer de criterios que se encargaran de mejorar el sistema de aislamiento y ruidos de la tubería. Manteniendo algunos ya puestos en consideración para la selección de alternativas anteriores y sumando algunos.

De igual manera se evaluará los requerimientos establecidos por el usuario los cuales serán: flexibilidad, espacio físico, economía, eficiencia, normativa y resistencia. También se establecerán los criterios de diseño los cuales son: menor espacio, sencillez de diseño, capacidad de aislamiento, costo, ruido, peso y estática.

Tabla 9.

Matriz QFD sistema de escape.

QFD Escape	valor	Menor espacio		Sencillez de diseño		Capacidad de aislamiento		Costo		Ruido		Peso		Estética	
Flexibilidad	6	8	48	5	30	4	24	8	48	7	42	8	48	4	24
Espacio físico	5	9	45	7	35	4	20	9	45	5	25	5	25	7	35
Economía	4	7	28	8	32	8	32	8	32	6	24	6	24	5	20
Eficiencia	3	4	12	5	15	9	27	4	12	9	27	3	9	3	9
Normatividad	2	5	10	3	6	9	18	4	8	9	18	2	4	2	4
Resistencia	1	3	3	4	4	3	3	7	7	4	4	3	3	3	3
SUMATORIA		146		122		124		152		140		113		95	
TOTAL								892							
PORCENTAJE		16,4		13,7		13,9		17,0		15,7		12,7		10,7	

7.5 Análisis y selección de alternativas.

Para la selección de la alternativa más adecuada del material y la geometría de diseño se usa una matriz de ponderación, con el fin de evaluar las opciones que satisfagan en mayor proporción los requerimientos planteados en la matriz QFD.

Se realiza el análisis y selección de la alternativa para cada subsistema, teniendo en cuenta los criterios planteados para cada uno de los tipos de aislamiento.

Las alternativas evaluadas se podrán visualizar en el **apéndice F**, el cual se dispone solo a presentación de estas y se organizan de manera separada para cada conjunto.

7.5.1 Paredes.

Se realiza la matriz de ponderación con el fin seleccionar la combinación de materiales para las paredes evaluando el aislamiento acústico.

Tabla 10.

Matriz ponderación Acústica en paredes.

Paredes		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Requerimiento	Puntaje						
Estructura	0,219	5	1,09	5	1,09	5	1,09
Dimensiones	0,204	4	0,82	3	0,61	4	0,82
Capacidad de aislamiento	0,196	4	0,78	4	0,78	3	0,59
Costo	0,195	3	0,59	2	0,39	3	0,59
Sencillez de diseño	0,186	3	0,56	2	0,37	3	0,56
PONDERADO			3,84		3,25		3,64

Evaluando cada uno de los criterios planteados para el aislamiento acústico en la tabla 10, obtenemos que la alternativa con mayor puntaje es la alternativa 1, de igual manera se realiza para evaluar el aislamiento térmico.

Tabla 11.

Sistema térmico en paredes.

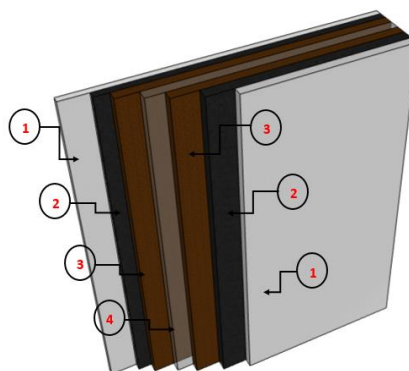
Paredes		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Requerimiento	Puntaje						
Estructura	0,220	5	1,10	5	1,10	5	1,10
Dimensiones	0,187	4	0,75	3	0,56	4	0,75
Capacidad de aislamiento	0,219	4	0,88	4	0,88	3	0,66

Paredes		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Requerimiento	Puntaje						
Sencillez de diseño	0,187	3	0,56	2	0,37	3	0,56
Costo	0,188	3	0,56	2	0,38	3	0,56
PONDERADO		3,85		3,28		3,63	

En la tabla 11 observamos que la alternativa 1 (lamina de yeso RF) tiene la capacidad de suplir la necesidad de un aislamiento acústico y térmico, lo cual nos da como resultado que es la opción más viable para el diseño. En la figura 39 se hace presenta de manera general de su composición, para mayor información sobre las alternativas planteadas la descripción se encuentra en el apéndice F.

Figura 39.

Alternativa 1 paredes.



Teniendo en cuenta el comercio disponible en Colombia y consultando empresas como CALORCOL y DELTA GLOBAL, obtenemos los espesores de los materiales necesarios para cada alternativa, en la **tabla 12** se puede evidenciar la composición en materiales de la alternativa 1 y sus respectivos espesores.

Tabla 12.*Composición de materiales alternativa 1.*

	Material	Espesor (mm)
1	Lamina de yeso RF	12.7
2	Membrana bituminosa	4
3	Lana de roca	50
4	Cámara de aire	30

7.5.2 Piso.

Con ayuda de una matriz de ponderación se selecciona la mejor alternativa de materiales para el piso evaluando el aislamiento acústico.

Tabla 13.*Sistema acústico en piso.*

Piso		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Requerimiento	Puntaje						
Estructura	0,219	4	0,88	5	1,09	5	1,09
Dimensiones	0,204	3	0,61	4	0,82	4	0,82
Capacidad de aislamiento	0,196	4	0,78	4	0,78	3	0,59
Costo	0,195	3	0,59	3	0,59	3	0,59
Sencillez de diseño	0,186	2	0,37	4	0,74	4	0,74
PONDERADO			3,23		4,02		3,83

El análisis de alternativas en la tabla 13, nos arroja que la alternativa 2 es la que tiene mayor ponderación en los criterios planteados, procedemos a evaluar las alternativas respecto al aislamiento térmico.

Tabla 14.

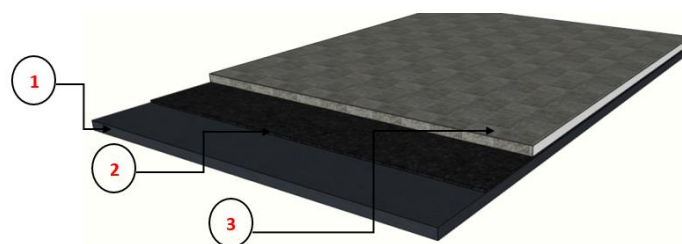
Sistema térmico en piso.

Piso		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3			
Requerimiento	Puntaje						
Estructura	0,220	4	0,88	5	1,10	5	1,10
Dimensiones	0,187	3	0,56	4	0,75	4	0,75
Capacidad de aislamiento	0,219	4	0,88	4	0,88	3	0,66
Sencillez de diseño	0,187	3	0,56	3	0,56	3	0,56
Costo	0,188	2	0,38	4	0,75	4	0,75
PONDERADO		3,25		4,03		3,81	

Observamos en la **tabla 14**, que la alternativa 2, cumple con los criterios necesarios para el aislamiento térmico y acústico del subsistema. Del mismo modo que en paredes en la **figura 40**, se ilustra la alternativa en términos generales.

Figura 40.

Alternativa 2 pisos.



En la **tabla 15**, se aprecia la composición del piso y sus diferentes especificaciones suministradas por las empresas PREFABRICADOS EL SOL, DRACOL Y CALORCOL .

Tabla 15.

Composición del piso para la alternativa 2.

	Material	Especificaciones (mm)
1	Caucho prensado	20
2	Membrana bituminosa	4
3	Losa de hormigón	30

7.5.3 Techo.

Se evalúa cada una de las alternativas respecto a los requerimientos con ayuda de una matriz ponderada, para el aislamiento acústico tenemos:

Tabla 16.

Sistema acústico en el techo.

Techo		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Requerimiento	Puntaje						
Estructura	0,219	5	1,09	5	1,09	5	1,09
Dimensiones	0,204	3	0,61	4	0,82	4	0,82
Capacidad de aislamiento	0,196	3	0,59	4	0,78	3	0,59
Costo	0,195	3	0,59	3	0,59	3	0,59
Sencillez de diseño	0,186	3	0,56	3	0,56	3	0,56
PONDERADO		3,44		3,84		3,64	

En la tabla 16 se aprecia que la alternativa 2 es la que tiene mayor puntaje en los criterios planteados para el aislamiento acústico, de igual manera se realiza para el aislamiento térmico.

Tabla 17.

Sistema térmico en techos.

Techo		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Requerimiento	Puntaje			
Estructura	0,220	5	1,10	5
Dimensiones	0,187	3	0,56	4
Capacidad de aislamiento	0,219	3	0,66	4
Sencillez de diseño	0,187	3	0,56	3
Costo	0,188	3	0,56	3
PONDERADO		3,44	3,85	3,63

Se determina que la alternativa 2 en la **tabla 17**, es la que cumple con los parámetros necesarios para el aislamiento térmico y acústico para el techo. Esta alternativa va a tener la misma composición de la utilizada y seleccionada para paredes, por este motivo no se volverá a mostrar en este conjunto, la podemos apreciar en la **figura 39**.

7.5.4 Escape.

Haciendo una apreciación de alternativas basados en parámetros de diseño de alto impacto evaluativo se puede decir que costo, capacidad de aislamiento y sencillez de diseño son los parámetros a tener en cuenta a la hora de tomar una decisión.

Tabla 18.*Sistema de aislante para escape.*

Requerimiento	Porcentaje	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Costo	0,170	5	0,9	5	0,9	3	0,5
Menor espacio	0,164	3	0,5	3	0,5	4	0,7
Ruido	0,157	3	0,5	3	0,5	3	0,5
Capacidad de aislamiento	0,139	5	0,7	3	0,4	5	0,7
Sencillez de diseño	0,137	4	0,5	4	0,5	2	0,3
Peso	0,127	4	0,5	4	0,5	2	0,3
Estética	0,107	4	0,4	3	0,3	4	0,4
Ponderado		4,0		3,6		3,3	

Se concluye que en la **tabla 18** la opción más adecuada para cumplir con las especificaciones ya antes nombradas, es la alternativa 1 (preformados de lana de roca). Quien puede permitir de una manera económica el aislamiento de la tubería en la **figura 41** observamos como se venden comercialmente.

Figura 41.

Coquillas de lana de mineral.



Nota. Tomado de: Aislamiento de tuberías. Soluciones con lana mineral. Isover. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/aislamiento-tuberias-2018.pdf>

7.5.5 Ventana.

En el diseño de la ventana se debe tener dos factores importantes, elegir el material del perfil y el tipo de acristalamiento.

7.5.5.1 Selección material del perfil. Los marcos de las ventanas pueden ser de aluminio, aluminio con ruptura de puente térmico (RPT), madera y PVC, para facilitar la selección del material tendremos las siguientes características: aislamiento térmico, aislamiento acústico, seguridad, vida útil del material, mantenimiento, diseño y estética.

Tabla 19.*Selección del mar de la venta.*

Características	Aluminio	PVC	Madera	Aluminio (RPT)
Aislamiento térmico	2	4	3	3
Aislamiento acústico	3	3	4	3
Seguridad	4	3	3	4
Vida útil	4	4	3	4
Mantenimiento	3	4	2	3
Diseño y estética	4	4	2	4
TOTAL	20	22	17	21

El material con más puntaje en la **tabla 29** es el PVC, nos brinda las propiedades de aislamiento térmico y acústico, además de fácil mantenimiento y larga vida útil.

7.5.5.2 Tipo de acristalamiento. En la selección del tipo de acristalamiento se cuentan con tres configuraciones sencillo, doble y triple (ver apéndice E). El cual nos brindan diferentes beneficios al momento de aislar el interior de la cabina con el exterior, manteniendo la seguridad del personal que se encuentre presente.

La selección del acristalamiento en este caso se hace por criterio propio de los diseñadores, dejando como consecuencia que el sistema contara un doble acristalamiento con hojas de vidrio de baja emisividad con la configuración 4mm-12mm-6mm (vidro- aire- vidrio).

Tabla 20.

Transmitancia térmica según la configuración de la ventana.

Configuración (vidrio-aire-vidrio)	Transmitancia térmica U [W/M²K]
4mm-6mm-4mm	2.5
4mm-8mm-4mm	2.1
4mm-10mm-4mm	1.8
4mm-12mm-6mm	1.7

Nota: Información tomada de Lirola C. 5 de abril del 2020. Acristalamiento, tipos de vidrio para ventanas.

7.5.6 Puerta.

La puerta usada en la celda debe tener la capacidad de aislar térmicamente, cumplir con las especificaciones contra el fuego, para evitar la propagación del fuego en caso de presentarse un incendio.

Las puertas cortafuego deben servir de muralla para impedir el avance del fuego, resistiendo las altas temperaturas presentes en la cara que este expuesta al fuego, además debe contar con aislamiento de gases y humos, Para ello, es muy importante que las hojas y el marco estén ajustadas adecuadamente, que a su vez las juntas de estanquidad cumplan su función y que las puertas tengan un mecanismo de cierre automático tras cada apertura.

En Colombia se cuenta con empresas que se encargan de fabricar y comercializar puertas cortafuego, la empresa CALORCOL SA nos brinda información de las especificaciones y materiales con la que se fabrican cada uno de los diseños, facilitándonos la selección de una de ellas.

La puerta seleccionada cuenta con las siguientes especificaciones:

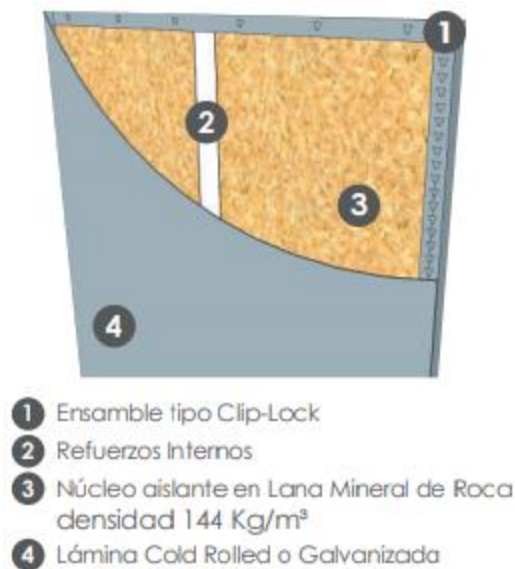
- CALORCOL fabrica las puertas cortafuego bajo los parámetros de la norma internacional NFPA80 y cumple con la norma sismo resistente colombiana (NSR10).
- La puerta cortafuego RF60 está certificada bajo la norma UNE EN 1634-1:2014.
- Lamina cold rolled calibre 18”.
- Medidas 0.96m (ancho) y 2.1 m (alto).

Estructura puerta:

En la **figura 42** se muestra las capas de los materiales en la que está construida la puerta seleccionada.

Figura 42.

Configuración puerta contra el fuego.



Nota. Tomado de: Calorcol S.A.S. (s.f.) Puerta CORTAFUEGO. Recuperado de: <https://www.puertascalorcol.com/puerta-cortafuego>.

Los elementos para el acabado y correcta funcionalidad de la puerta son:

- Bisagras tipo nudo de 4.5" x 4.5" en acero inoxidable.
- Cerradura antipánico de sobreponer.
- Sello perimetral antihumo y gases, cierre hermético con propiedades cortafuego.
- Marco safe guard de un Ancho de 10 cm.
- Pintura electrostática.

En la **figura 43** se visualiza la terminación y los acabados de la puerta seleccionada.

Figura 43.

Vista final puerta contra fuego.



Nota. Tomado de: Calorcol S.A.S. (s.f.) Puerta CORTAFUEGO. Recuperado de:
<https://www.puertascalorcol.com/puerta-cortafuego>.

7.6 Diseño sistema recirculación de aire.

Para considerar la transferencia de calor desde el motor de manera simplificada, debemos tomar un cuerpo en términos de área de superficie proyectadas en direcciones horizontal y vertical.

Suponiendo que la temperatura de superficie del motor sea de 80°C y la temperatura del aire y las paredes de 30°C, la pérdida de calor ocurre como resultado de dos mecanismos de transferencia de calor, los cuales son convección natural y radiación.

La transferencia de calor por convección natural desde una superficie vertical en aire quieto viene dada de la siguiente manera (Cengel & Ghajar, 2007):

- **Superficies verticales:**

$$Q_v = 1.9(T_s - T_a)^{1.25} * A_v \text{ [w]} \quad (15)$$

Donde:

T_a = Es la temperatura ambiente

T_s = Es la temperatura superficial del motor

A_v = Área total vertical proyectada

- **Superficies horizontales hacia arriba:**

$$Q_{hs} = 2.5(T_s - T_a)^{1.25} * A_h \text{ [w]} \quad (16)$$

Donde:

A_h es are horizontal proyectada hacia arriba

- **Superficies horizontales hacia abajo:**

La pérdida de calor de una superficie orientada hacia abajo es aproximadamente la mitad que la del caso orientado hacia arriba de esta manera queda:

$$Q_{hi} = 1.25(T_s - T_a)^{1.25} * A_h \text{ [w]} \quad (17)$$

Sin embargo, esta es la pérdida de calor en el aire inmóvil, el aire en una celda de prueba del motor no es inmóvil y pueden ocurrir tasas mucho mayores de pérdida de calor. Este efecto se debe considerar, un aumento en la velocidad del aire aumenta en gran medida la velocidad de transferencia de calor al aire y, por lo tanto, puede agravar el problema.

Como guía aproximada, Una velocidad del aire de 3 m / s sería moderada para una celda de prueba con ventiladores que producen una circulación, tal velocidad más allá del cuerpo aumentaría la pérdida de calor por convección cuatro veces, teniendo en cuenta lo anterior la convección natural total transmitida por el motor estaría definida de la siguiente manera:

$$Q_{cn} = 4(Q_v + Q_{hs} + Q_{hi}) \text{ [w]} \quad (18)$$

La tasa de pérdida de calor por radiación de una superficie depende de la emisividad de la superficie y de la diferencia de temperatura entre el cuerpo y sus alrededores. El aire es esencialmente transparente a la radiación, sirve principalmente para calentar las superficies de la célula circundante; Este calor debe ser transferido posteriormente al aire de enfriamiento por convección, o conducido a los alrededores de la celda.

La transferencia de calor por radiación se describe mediante la ecuación de Stefan-Boltzmann, cuya forma es:

$$Q_r = 5.77 * \varepsilon \left[\left(\frac{T_s + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w + 273}{100} \right)^4 \right] * A_t \text{ [w]} \quad (19)$$

Donde:

T_w es la temperatura de las superficies envolventes

El calor total transferido por el motor esta dado por la suma de la transferencia por convección natural y por radiación:

$$Q_{tm} = Q_{cn} + Q_r \quad [\mathbf{w}] \quad (20)$$

- **Transferencia de calor desde el escape:**

Otra fuente principal de pérdida de calor asociada con el motor es el sistema de escape. Suponga en el presente ejemplo que el colector de escape y el tubo de escape expuesto son equivalentes a un cilindro de 80 mm de diámetro \times 1.2 m de largo a una temperatura de 600 C, área de superficie 0.3 m².

$$Q_{re} = 5.77 * \varepsilon \left[\left(\frac{T_{se} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w + 273}{100} \right)^4 \right] * A_e \quad [\mathbf{w}] \quad (21)$$

$$Q_{ce} = 1.9(T_{se} - T_a)^{1.25} * A_e \quad [\mathbf{w}] \quad (22)$$

Donde:

Q_{re} = calor radiación ducto de escape

Q_{ce} =calor convección natural ducto de escape

T_{se} = Es la temperatura superficial del ducto de escape

A_e = Es el área superficial del ducto de escape

El calor total transferido por el ducto de escape sería la suma del calor transmitido por radiación y el calor transmitido por convección.

$$Q_{te} = Q_{re} + Q_{ce} \quad [\mathbf{w}] \quad (23)$$

transferencia total de calor del grupo eléctrico

$$Q_t = Q_{te} + Q_{tm} \quad [\mathbf{w}] \quad (24)$$

- **Transferencia de calor desde paredes:**

La mayor parte del calor irradiado por el motor y el sistema de escape será absorbida por las paredes y el techo de la celda, posteriormente transferido al aire de ventilación por convección.

$$Q_p = 1.9(T_s - T_a)^{1.25} * A_p \quad [\text{w}] \quad (25)$$

Donde:

$(T_s - T_a)$ es asumido como 10°C

A_p área total de las paredes

- **Calor generado en la cabina:**

En la cabina se encontrarán elementos que generan calor adicional al grupo electrógeno como lo son luces y tableros propios del banco. Para tener en cuenta el calor generado por estos componentes se adiciona el 20 por ciento del calor total generado por el grupo electrógeno y así garantizar la extracción del calor total generado en la cabina.

7.6.1 Diseño de conductos de ventilación y sistemas de distribución.

- **Perdidas de presión:**

La carga o presión de velocidad relacionada con el flujo de aire a velocidad está dada por:

$$p_v = 0.6V^2 \quad [\text{pa}] \quad (26)$$

Donde:

V= es la velocidad en el ducto.

Las velocidades máximas del conducto recomendadas se dan en la **figura 44**.

Figura 44.

Velocidad máxima del conducto recomendada.

<i>Volume rate of flow (m³/s)</i>	<i>Maximum velocity (m/s)</i>	<i>Velocity pressure (Pa)</i>
<0.1	8–9	38–55
0.1–0.5	9–11	55–73
0.5–1.5	11–15	73–135
>1.5	15–20	135–240

Nota. Tomado de: Engine testing; A.j. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH. Pag.81.

La presión total de un flujo de aire es la suma de la presión de velocidad y la presión estática (en relación con la atmósfera):

$$P_t = P_s + P_v = P_s + \frac{P * V^2}{2} \quad [\text{pa}] \quad (27)$$

Donde:

P_s = presión estática.

P_v = presión de velocidad.

El proceso de diseño para un sistema de ventilación incluye la suma de las diversas pérdidas de presión asociadas con los diferentes componentes y la elección de un ventilador adecuado para desarrollar la presión total requerida para conducir el aire a través del sistema.

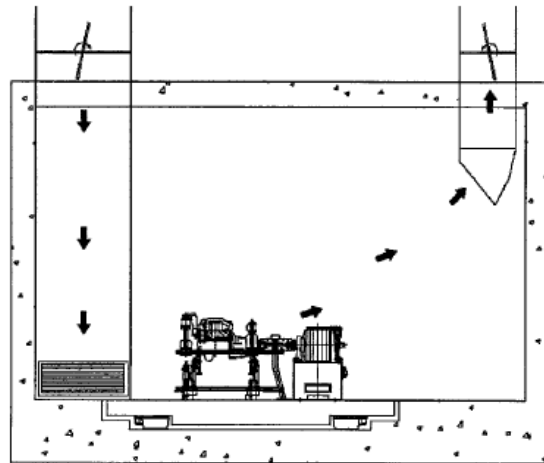
Una vez que se haya establecido el caudal de aire requerido y se haya decidido el funcionamiento general del conducto, el siguiente paso es calcular las pérdidas de presión en los diversos elementos para especificar la presión que desarrollará el ventilador.

- **Conductos de entrada y salida:**

Para el cálculo de pérdidas de presión debemos tener en cuenta que tipo de configuración vamos a usar en la celda de ensayo, entre las opciones que nos brinda el libro seleccionamos la mostrada en la **figura 45**.

Figura 45.

Configuración ducto entrada y salida de aire.



Nota. Tomado de: Engine testing; A.j. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH.pag.84.

- **Cálculos en EES:**

Con ayuda del programa EES se calcula el caudal de aire necesario para tener una temperatura adecuada en la cabina en la **figura 46** y **figura 47** se muestra la programación realizada.

Figura 46.*Cálculos del motor.*

CALCULOS DEL MOTOR

$t_s = 80$ [°C] temperatura superficial
 $t_a = 22$ [°C] temperatura ambiente

$Q_v = 1,9 \cdot (t_s - t_a)^{1,25} \cdot A_v$ calor conveccion natural vertical
 $A_v = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,59 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,46$ area vertical proyectada

$Q_h = 2,5 \cdot (t_s - t_a)^{1,25} \cdot A_h$ calor conveccion natural horizontal hacia arriba
 $A_h = 0,7 \cdot 0,46$ area horizontal proyectada

$Q_{h,i} = \frac{Q_h}{2}$ calor conveccion natural horizontal hacia abajo

$Q_{CN} = 4 \cdot (Q_{h,i} + Q_h + Q_v)$ total calor conveccion natural

$Q_r = 5,77 \cdot \varepsilon \cdot \left[\left(\frac{t_s + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_w + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot A_t$ calor radiacion motor

$\varepsilon = 0,9$

$A_t = A_v \cdot 2 \cdot A_h$ area total proyectada

$t_w = 30$ temperatura superficies envolventes

$Q_{tm} = Q_r + Q_{CN}$ calor total transmitido por el motor

Figura 47.*Cálculo de escape.*

CALCULOS ESCAPE

$Q_{re} = 5,77 \cdot \varepsilon \cdot \left[\left(\frac{t_{se} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_w + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot A_e$
 calor radiacion ducto de escape

$t_{se} = 300$ temperatura tubo de escape

$Q_{ce} = 1,9 \cdot (t_{se} - t_a)^{1,25} \cdot A_e$ calor conveccion natural ducto de escape

$A_e = 0,3$ area total de escape

$Q_{te} = Q_{re} + Q_{ce}$ calor total transmitido por el escape

PAREDES

$Q_p = 4 \cdot 1,9 \cdot 10^{1,25} \cdot A_p$ transferencia de calor desde paredes

$A_p = 2 \cdot 4 \cdot 6 + 2 \cdot 4 \cdot 5$ area total de las paredes

$Q_t = Q_{te} + Q_{tm} + Q_p$ calor total transmitido por el banco de pruebas

$Q_{OB} = Q_t \cdot 0,1$ calor adicionado por diferentes objetos dentro de la cabina

CAUDAL DE AIRE

$Q_A = 0,84 \cdot \left[\frac{Q_t + Q_{OB}}{\delta_t \cdot 1000} \right]$

$\delta_t = 10$

$Q_{amh} = Q_A \cdot 3600$

A partir de la programación obtenemos los resultados visualizados en la **figura 48**.

Figura 48.

Resultados.

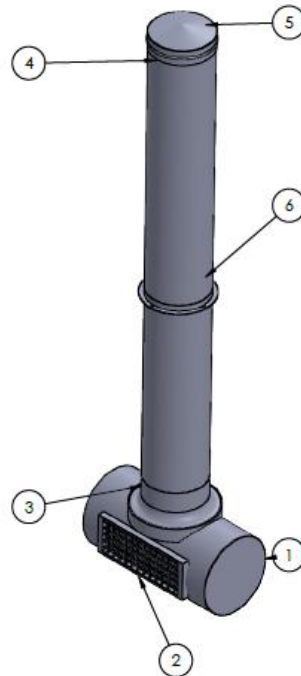
Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]					
$A_e = 0.3 \text{ [m}^2\text{]}$	$A_h = 0.322 \text{ [m}^2\text{]}$	$A_p = 88 \text{ [m}^2\text{]}$	$A_r = 0.9467 \text{ [m}^2\text{]}$	$A_v = 1.47 \text{ [m}^2\text{]}$	$\delta_t = 10 \text{ [}^\circ\text{C]}$
$\varepsilon = 0.9$	$Q_A = 1.571 \text{ [m}^3\text{/s]}$	$Q_{amh} = 5654$	$Q_{ce} = 647 \text{ [W]}$	$Q_{CN} = 2561 \text{ [W]}$	$Q_h = 128.8 \text{ [W]}$
$Q_{h,i} = 64.42 \text{ [W]}$	$Q_{OB} = 1700$	$Q_p = 11893 \text{ [W]}$	$Q_r = 349 \text{ [W]}$	$Q_{re} = 1548 \text{ [W]}$	$Q_t = 16999 \text{ [W]}$
$Q_{te} = 2195 \text{ [W]}$	$Q_{tm} = 2910 \text{ [W]}$	$Q_v = 447 \text{ [W]}$	$t_a = 22 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$t_s = 80 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$t_{se} = 300 \text{ [}^\circ\text{C]}$
$t_w = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$					

El caudal de aire necesario para tener una temperatura optima dentro de la cabina es 1.571 metros cubicos por segundo, (5654 metros cubicos por hora) con este dato procedemos a seleccionar la tuberia para los ductos de entrada y salida con ayuda del catalogo proporcionado por **Spiro System** (SPIRO®system., s.f.).

Teniendo en cuenta la configuración seleccionada y mostrada en la **figura 45**. Se procede a diseñar los ductos de entrada y salida.

7.6.2 Ducto de entrada.

En la **figura 49** se muestra la composición del ducto de entrada de acuerdo con la configuración de circulación de aire seleccionada anteriormente.

Figura 49.*Ducto de entrada.***Tabla 21.***Componentes del ducto de entrada.*

Componente	Nombre
1	Tubo inferior
2	Rejilla tubo circular
3	Injerto aerolítico
4	Tubo
5	Sombrero de ventilacion
6	Injerto plano para techo

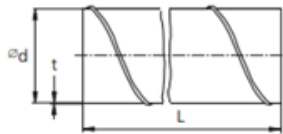
Con ayuda del catálogo proporcionado, procedemos a seleccionar los componentes del ducto de entrada del sistema.

- **Tubo inferior:**

En la **figura 50** observamos las dimensiones del tubo inferior.

Figura 50.

Dimensiones tubo inferior ducto de entrada.



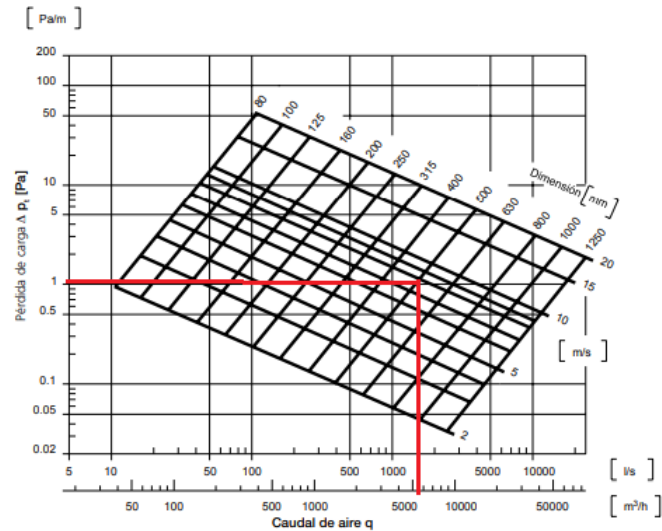
d nom mm	πd m	$\frac{\pi d^2}{4}$ m ²
450	1,413	0,159
500	1,570	0,196
560	1,758	0,246
600	1,884	0,283

Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 16.

Apartir de la **figura 51** proporcionada por el fabricante teniendo en cuenta el diámetro del ducto (500 mm) y el caudal de aire (5654 metros cúbicos por hora) que se va a emplear se obtiene el valor de la pérdida de presión.

Figura 51.

Pérdida de presión tubo inferior ducto de entrada.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 17.

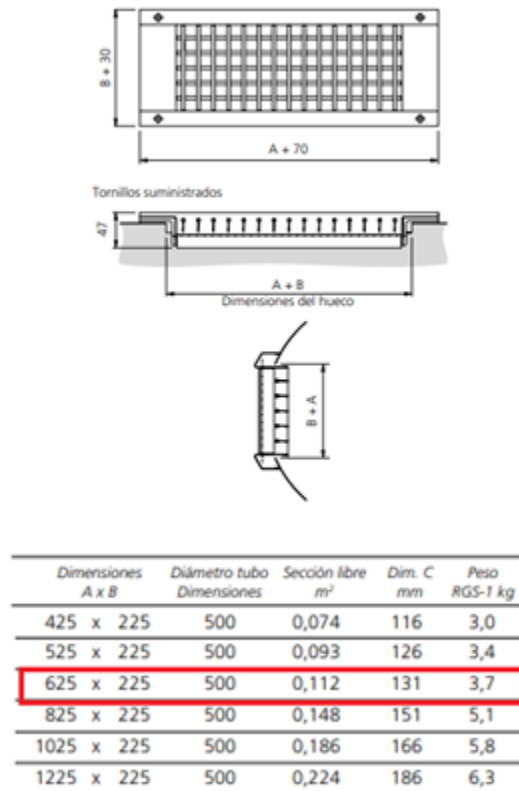
La pérdida total en este ducto es de 1 [Pa].

- **Rendijas para tubo circular:**

son elementos terminales que sirven para la admisión o extracción de aire, situadas en redes de conductos directas al exterior u otros locales. Su funcionalidad es brindar protección física, evitando que se pueda acceder al conducto o abertura ademas proporciona mejor distribución o captación posible de aire en la **figura 52** se muestran las dimensiones necesarias para el ducto de entrada .

Figura 52.

Dimensiones rendijas para tubo circular ducto de entrada.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Páginas 175-176.

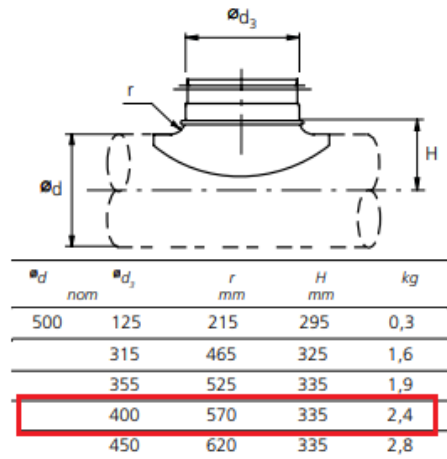
El fabricante no especifica como realizar el cálculo de pérdidas de presión en este accesorio, por esta razón se supone un valor de 6 [Pa], ya que es un elemento que garantiza el paso del aire del ducto a la cabina, y esto conlleva a que las pérdidas sean considerables.

- **Injerto aerolítico:**

Este elemento se usa para realizar un cambio de dirección de tipo perpendicular, además que nos brinda de igual manera un cambio de sección en este caso de menor diámetro a uno mayor, en la **figura 53** se muestran las dimensiones del injerto que necesitamos en el ducto de entrada.

Figura 53.

Dimensiones injerto aerolítico ducto de entrada.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 50.

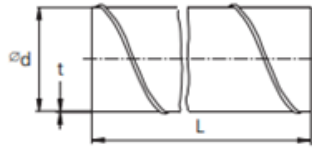
Para el cálculo de pérdida de presión en este accesorio se debe tener en cuenta que hay un cambio de sección y de dirección lo que conlleva a tener unas pérdidas elevadas llegando hasta los 9 [Pa].

- **Tubo:**

Es utilizado para conectar el interior de la cabina con el exterior, cuenta con una longitud de 3 metros y las demas dimensiones estan especificadas en la **figura 54**.

Figura 54.

Dimensiones tubo ducto de entrada.



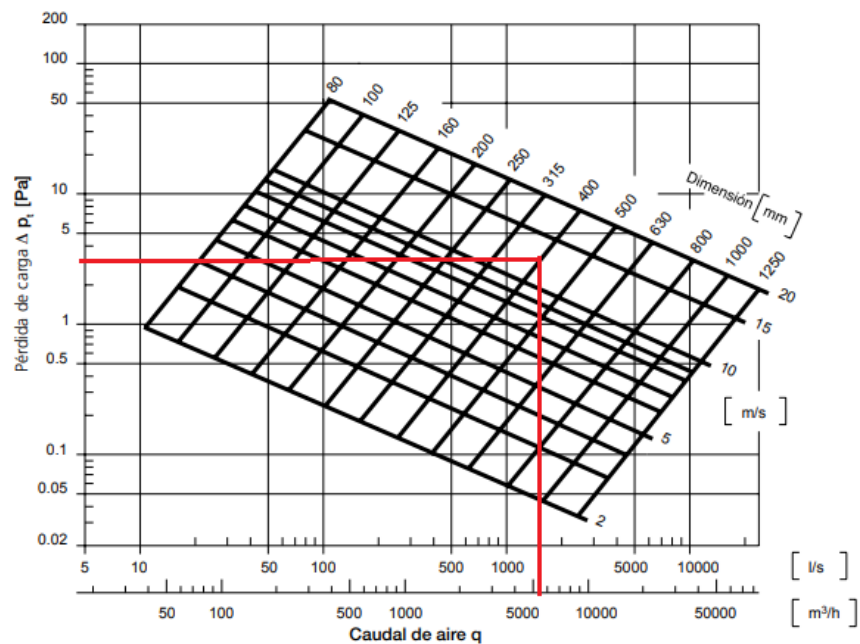
$\varnothing d$ nom mm	πd m	$\frac{\pi d^2}{4}$ m^2
80	0,251	0,005
100	0,314	0,008
400	1,256	0,126
450	1,413	0,159
500	1,570	0,196

Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 16.

El catalogo nos brinda la **figura 55** que con el diametro del ducto (400 mm) y el caudal de aire (5654 metros cubicos por hora) que se va a emplear obtenemos el valor de la perdida de presión.

Figura 55.

Pérdida de presión tubo ducto de entrada.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 17.

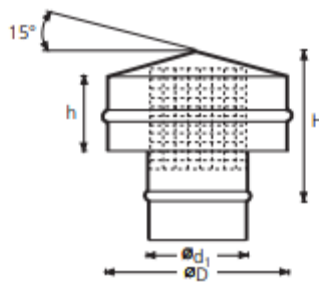
Las pérdidas de presión presentadas en este accesorio son 3 [Pa/m] teniendo en cuenta que son aproximadamente un ducto de 3 metros la pérdida total es de 9[Pa] .

- **Sombrero de ventilación:**

Los sombreros de ventilación se emplean para proteger los ductos que se encuentran en contacto con el exterior, además evita que ingresen elementos no deseados a los ductos de ventilación de esta manera asegurando una absorción o descarga óptima en la **figura 56** podemos observar las dimensiones.

Figura 56.

Dimensiones sombrero de ventilación ducto de entrada.



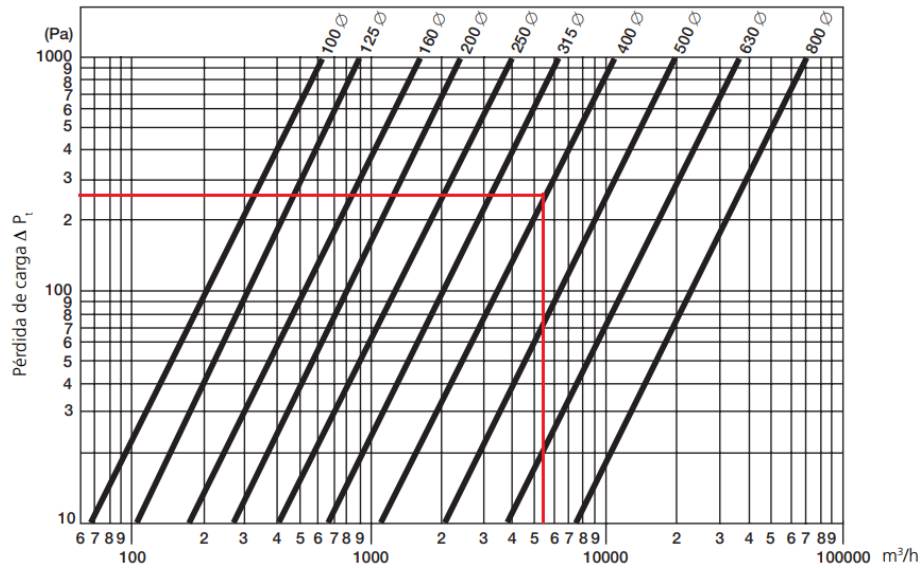
$\varnothing d_1$	$\varnothing D$	h mm	H mm	Sección libre red m^2	kg
80	180	60	133	0,015	0,7
100	180	60	133	0,017	0,7
224	405	100	208	0,063	2,4
250	450	100	228	0,071	2,6
280	570	100	244	0,079	3,6

Nota. Tomado de: Spiro System Catálogo. Página 154.

Con ayuda del catálogo contamos con la **figura 57**, que junto con el diámetro del ducto (400 mm) y el caudal de aire (5654 metros cúbicos por hora) podemos calcular las pérdidas de presión en este accesorio.

Figura 57.

Pérdida de presión sombrero de ventilación ducto de entrada.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 155.

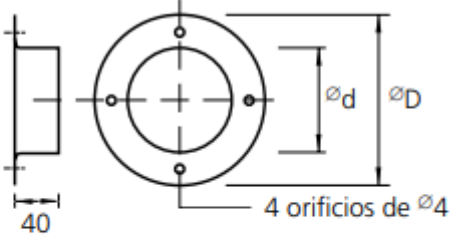
Las pérdidas de presión en este accesorio son 2,5 [Pa].

- **Injerto plano para techo:**

Este tipo de injerto se usa para asegurar y guiar los ductos cuando se debe traspasar un techo para el ducto de entrada podemos observar las dimensiones en la **figura 58**.

Figura 58.

Dimensiones injerto plano para techo ducto de entrada.



$\varnothing d$ nom	Dimens. orificio	$\varnothing D$	kg
80	90	145	0,2
400	412	465	1,6
500	512	565	2,0

Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 162.

Este elemento no presenta pérdida de presión ya que está ubicado de manera externa al ducto de ventilación.

- **Calculo de pérdidas de presión y potencia necesaria en el ducto de entrada:**

Tabla 22.

Cálculo de pérdida de presión total en el ducto de entrada.

Componente	Nombre	Perdida de presión
1	Tubo inferior	1
2	Rejilla tubo circular	6
3	Injerto aerolítico	9
4	Tubo	9
5	Sombrero de ventilación	2,5
6	Injerto plano para techo	0
Perdida de presión total		27,5

En la **tabla 22** se presenta la pérdida de presión total en el ducto de entrada. Ahora se procede a calcular la potencia necesaria para el extraer el aire de la cabina, esto se logra multiplicando el caudal por las pérdidas de presión en el sistema.

$$pot_{requerida} = Q * \Delta P_{total} \quad (28)$$

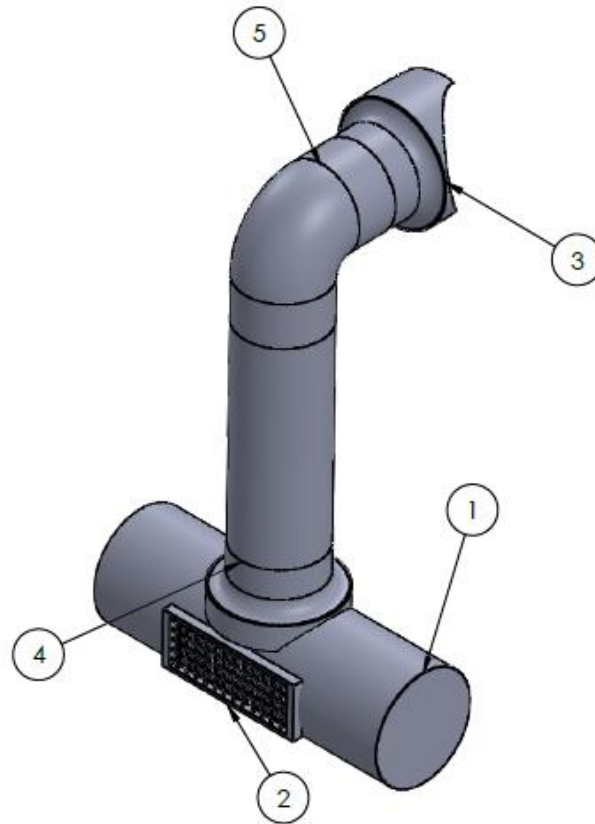
$$pot_{requerida} = 1.571 \left[\frac{m^3}{s} \right] * 27.5 [Pa] \quad (29)$$

$$pot_{requerida} = 43.2 [W] \quad (30)$$

$$pot_{requerida} = 0.06 [HP] \quad (31)$$

7.6.3 Ducto de salida.

En la **figura 59** observamos la composición del ducto de salida.

Figura 59.*Ducto de salida.***Tabla 23.***Componentes ducto de salida.*

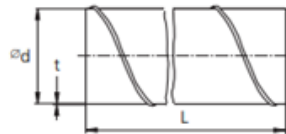
Componente	Nombre
1	Tubo inferior
2	Rejilla tubo circular
3	Injerto aerolitico
4	Tubo
5	Codo 90°

- **Tubo inferior:**

Este tramo de ducto es usado principalmente para anclar las rendijas, de igual manera nos ayuda a mejorar la distribución y absorción de aire en la cabina, en la **figura 60** observamos las dimensiones del ducto teniendo en cuenta que la longitud del mismo es de 1 metro.

Figura 60.

Dimensiones tubo inferior ducto de salida.



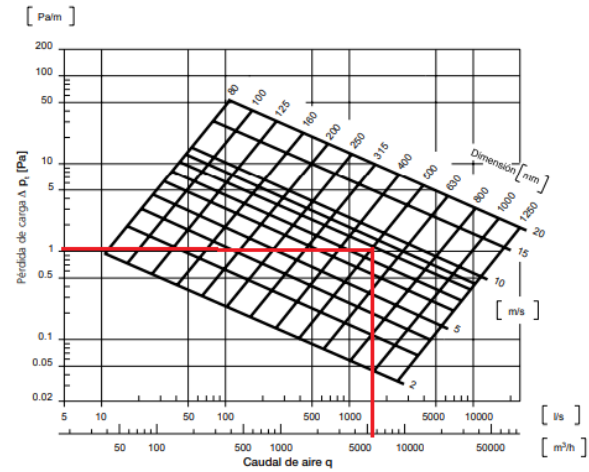
d nom mm	πd m	$\frac{\pi d^2}{4}$ m^2
450	1,413	0,159
500	1,570	0,196
560	1,758	0,246
600	1,884	0,283

Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 16.

Apartir de la **figura 61** proporcionada por el fabricante teniendo en cuenta el diámetro del ducto (500 mm) y el caudal de aire (5654 metros cúbicos por hora) que se va a emplear obtenemos el valor de la pérdida de presión.

Figura 61.

Pérdida de presión tubo inferior ducto de salida.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 17.

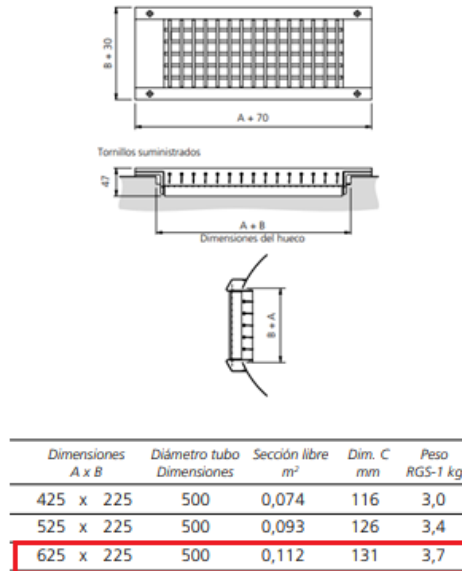
La pérdida total en este ducto es de 1 [Pa].

- **Rendija para tubo circular:**

En la **figura 62** se observan las dimensiones de la rendija para tubo circular usada en el ducto de salida.

Figura 62.

Dimensiones para tubo circular ducto de salida.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Páginas 175-176.

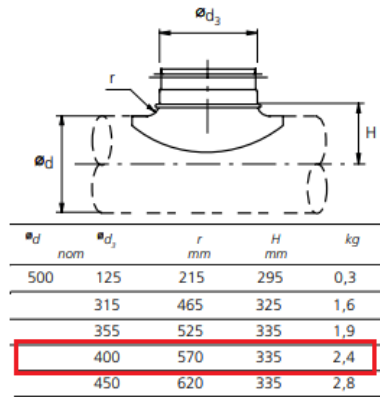
El fabricante no especifica como realizar el calculo de perdidas de presión en este accesorio, se supone un valor de 6 [Pa], teniendo en cuenta que es un elemento que garantiza el paso del aire de la cabina al ducto de extracción, conlleva a que las perdidas sean considerables.

- **Injerto aerolítico:**

En la **figura 63** se observan las dimensiones de la rendija para tubo circular usada en el ducto de salida.

Figura 63.

Dimensiones injerto aerolítico ducto de salida.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 50.

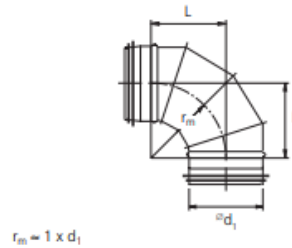
Teniendo en cuenta que son dos injertos aerolíticos las pérdidas totales de presión son 18 [Pa].

- **Codo 90°:**

Este elemento es utilizado para hacer un cambio de dirección de 90 grados y sus dimensiones se encuentran en la **figura 64**.

Figura 64.

Dimensiones codo 90° ducto de salida.



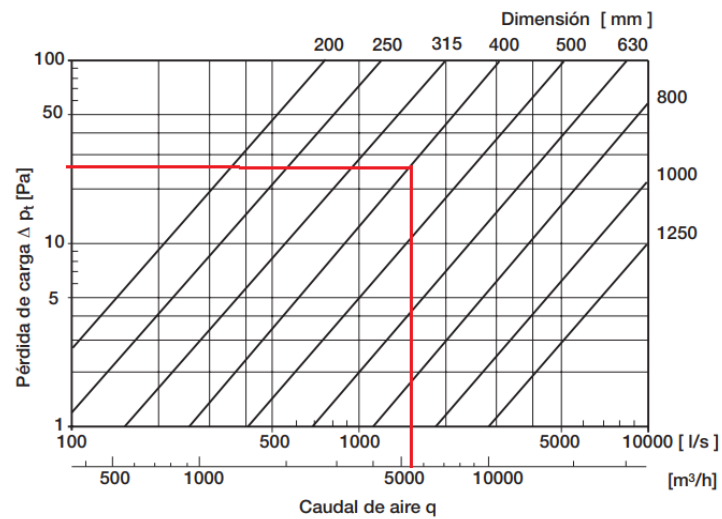
d_1 nom	L mm	kg
355	355	3,8
400	400	5,1
450	450	8,6
500	500	10,4
560	560	12,9

Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 21.

Apartir de la **figura 65** proporcionada por el fabricante teniendo en cuenta el diametro del ducto (400 mm) y el caudal de aire (5654 metros cubicos por hora) que se va a emplear optenemos el valor de la perdida de presion.

Figura 65.

Pérdida de presión codo 90° ducto de salida.



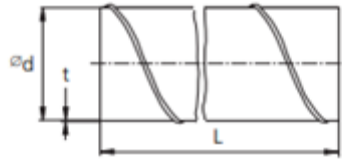
Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 21.

- **Tubo:**

Es utilizado para conectar el interior de la cabina con el exterior, cuenta con una longitud de 2 metros y las demás dimensiones están especificadas en la **figura 66**.

Figura 66.

Dimensiones tubo ducto de salida.



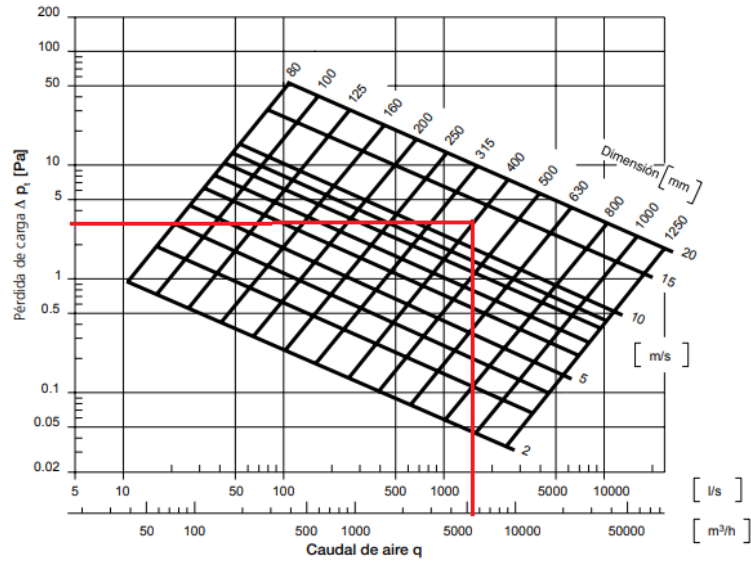
$\varnothing d$ nom mm	πd m	$\frac{\pi d^2}{4}$ m^2
80	0,251	0,005
100	0,314	0,008
400	1,256	0,126
450	1,413	0,159
500	1,570	0,196

Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 16.

El catalogo nos brinda la **figura 67**, que con el diametro del ducto (400 mm) y el caudal de aire (5654 metros cubicos por hora) que se va a emplear obtenemos el valor de la perdida de presion.

Figura 67.

Pérdida de presión tubo ducto de salida.



Nota. Tomado de: Spiro System. Catálogo Página 17.

Las pérdidas de presión presentadas en este accesorio son 3 [Pa/m] teniendo en cuenta que son aproximadamente un ducto de 2 metros la pérdida total es de 6[Pa].

Tabla 24.

Pérdida de presión total del ducto de salida.

Componente	Nombre	Pérdida de presión
1	Tubo inferior	1
2	Rejilla tubo circular	6
3	Injerto aerolítico	18
4	Codo 90°	27
6	Tubo	6
Pérdida de presión total		58

Se procede a calcular la potencia necesaria para el extraer el aire de la cabina, esto se logra multiplicando el caudal por las perdidas de presión en el sistema.

$$pot_{requerida} = Q * \Delta P_{total} \quad (32)$$

$$pot_{requerida} = 1.571 \left[\frac{m^3}{s} \right] * 58 [Pa] \quad (33)$$

$$pot_{requerida} = 91.12 [W] \quad (34)$$

$$pot_{requerida} = 0.12 [HP] \quad (35)$$

7.7 Diseño sistema de extracción de gases.

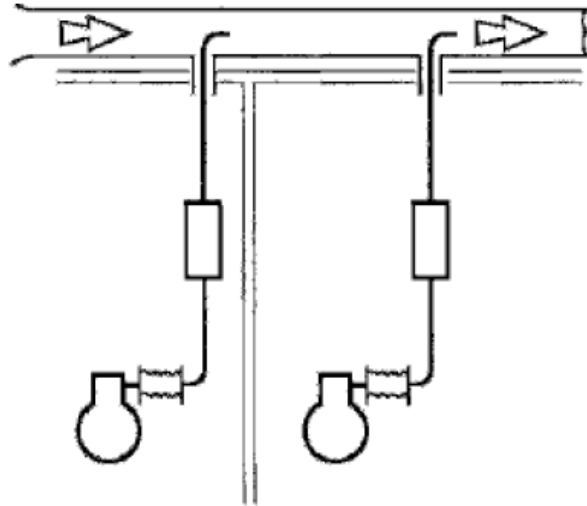
El escape es un sistema necesario en el diseño de nuestra cabina ya que es de suma importancia poder evacuar los diferentes gases producidos por el grupo electrógeno, puesto que la buena canalización de estos permite que no se presente recirculación en la admisión. Además, un buen aislamiento térmico evita que haya problemas de seguridad a causa de las superficies calientes. Por esto, se presenta condiciones determinadas para su buen funcionamiento y conservación.

Cabe resaltar que en esta parte no se hace una selección de alternativa mediante matrices QFD debido a que existe un diseño ya establecido para los gases de escape del LMTA. El cual se va a llevar a cabo por una línea de tubería general para todos los bancos del laboratorio y será la encargada de evacuar la contaminación de cualquier banco, aun así, se diseña la sección de la tubería encargada de conectar con el sistema de extracción central del laboratorio.

En la **figura 68** se puede apreciar la manera que se va a disponer la línea de tubería principal de la evacuación de los gases de cada celda de ensayo.

Figura 68.

Conjunto de escape.

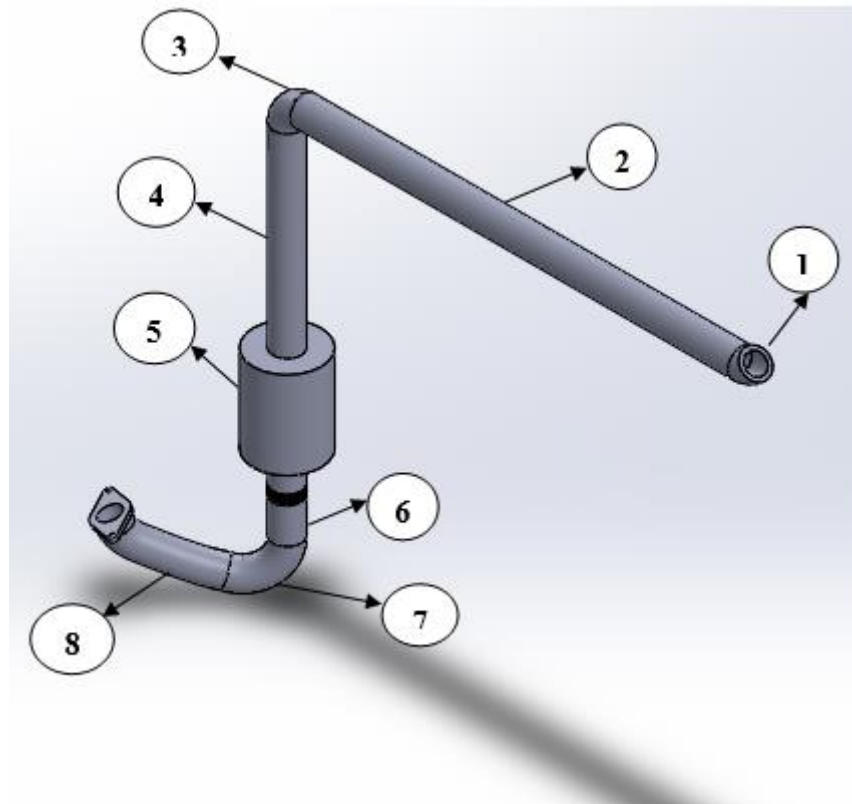


Nota. Tomado de: Engine testing; A.j. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH.

7.7.1 Tubería de escape.

Se hace un análisis vasado en las diferentes alternativas de diseño de las cabinas, posicionamiento del grupo electrógeno y del sistema principal de extracción del LMTA. Para poder diseñar un sistema óptimo de escape de los gases del grupo electrógeno.

Para esto se presenta la alternativa de diseño en el programa SOLIDWORKS y los diferentes cálculos con sus sistemas de silenciador, aislante flexible, codos, paso de pared y línea de tubería. En la **figura 69** se presenta el diseño plasmado en software con sus diferentes partes.

Figura 69.*Sistema de escape.***Tabla 25.***Composición tubería de escape.*

Tubería	Tramo
Codo de 45°	1
Tramo 1	2
Codo de radio grande	3
Tramo 2	4
Silenciador	5
Tramo 3	6
Codo de radio grande	7
Tramo 4	8

7.7.2 *Parámetros de diseño.*

Vasados en el MANUAL INSTALACION PLANTA CATERPILLAR (Scribd, s.f.), el cual, nos brinda una guía correcta de diseño de escape de grupos electrógenos y partiendo de los lineamientos correspondientes para el cálculo de la contrapresión en la línea de salida de los gases se da inicio al diseño. Para esto se hace la selección del silenciador para así determinar el valor de pérdida que presentan estas unidades, se siguen los requerimientos de esta empresa debido a que se debe asociar el diseño de un sistema de escape de una planta de mayor tamaño con la que se cuenta en el laboratorio de máquinas térmicas ya que un grupo electrógeno de 7000 W normalmente en el mercado viene de fabrica con un silenciador asociado y el sistema de escape es pequeño. Además, en este caso se debe diseñar una salida de escape diferente a las que se ven comúnmente en las plantas pequeñas.

- **Silenciador:**

Se hace la selección de un silenciador de colmena universal permitiendo que el sistema pueda obtener la menor contrapresión posible y mejorar el aislamiento acústico del sistema, logrando reducir el sonido generado por el motor. Dicho silencioso cuenta con una pérdida no mayor a los 1 kpa. En la **figura 70** se presenta el modelo que se requiere para este sistema.

Figura 70.*Silenciador.*

Nota. Tomado de: Exhaust Company TJC. Silenciador. Recuperado de: <https://www.tjcxostos.com/product-page/tubo-flexible-universal-2-x-2>.

- **Sistema flexible:**

Es necesario tener en cuenta el aislamiento vibratorio de la línea de tubería, ya que dicha carga permite que el sistema se someta a fatiga debido a la permanente oscilación ocasionando fracturas o fisuras en el sistema. Las cuales desencadenan un mal funcionamiento del banco debido a las fugas que se pueden deliberar.

Por esto en la **figura 71** se presenta un sistema atenuador de vibraciones que se encargará de absorber las oscilaciones bruscas que presente el banco y así se aísla la línea de tubería del grupo electrógeno.

Figura 71.

Atenuador de vibraciones.



Nota. Tomado de: Exhaust Company TJC. Silenciador. Recuperado de: <https://www.tjcxostos.com/product-page/tubo-flexible-universal-2-x-2>.

- **Línea de tubería:**

Para la línea de conexión desde la salida de los gases del motor hasta el sistema principal del LMTA se diseñó un sistema de tubería la cual tiene la función de transportar los gases a su debido lugar. La tubería va a ser de acero galvanizado por cuestiones de diseño, tamaño y economía. Para poder determinar el valor del diámetro es necesario desglosar el sistema en partes y calcular el valor del diámetro y la longitud la cual se hace mediante los parámetros del MANUAL INSTALACION PLANTA CATERPILLAR.

7.7.3 Cálculo del diámetro de la tubería.

$$A_t = 2A_{Me} \quad (36)$$

Donde:

A_t = área de la tubería en in

A_{Me} = área del múltiple de escape

Datos:

D_{Me} = 1,5 in

$$A_{Me} = \frac{\pi D_{Me}^2}{4} \quad (37)$$

Donde:

D_{Me} = Diámetro de Múltiple Escape

$$A_t = \frac{\pi D_t^2}{4} \quad (38)$$

En la **figura 72**, se podrá apreciar los resultados del sistema de ecuaciones en la cual se halla el valor del diámetro de la tubería (D_t).

Figura 72.

Resultado diámetro de tubería.

$A_{Me} = 1,767$ [in]	$A_t = 5,301$ [in]	$D_{Me} = 1,5$ [in]	$D_{Nor} = 63,5$ [mm]	$D_{Norin} = 2,5$ [in]
$D_t = 2,598$ [in]				

Dando solución al sistema de ecuaciones podemos obtener que el D_t (diámetro de la tubería) va a tener un valor de 2,598 in. Que se normaliza a un diámetro de 2,5 in y que en

milímetros va ser 63,5 mm. Haciendo uso de la herramienta EES podemos observar los valores arrojados.

Una vez determinado el valor del diámetro de la tubería podemos calcular el total de la longitud equivalente, para esto, en la **figura 73** se observa las longitudes características para los diferentes curvas y secciones que tengan la tubería.

Figura 73.

Cálculo de longitud característica.

La pérdida de carga provocada por los codos del conducto se calcula como longitud equivalente de tubería mediante las siguientes expresiones:	
Codo a 90°	$L = 33 \times \frac{D}{1000}$
Codo de radio largo (Radio >1.5 D)	$L = 20 \times \frac{D}{1000}$
Codo cuadrado	$L = 66 \times \frac{D}{1000}$
Codo de 45°	$L = 15 \times \frac{D}{1000}$

Nota. Tomado de: Grupos electrógenos. (2005). Manual de instalación planta Caterpillar. Pg 30.

De acuerdo con lo anterior la **tabla 26** nos va a ilustrar los tramos de la tubería.

Tabla 26.

Longitudes equivalentes de tubería.

Tubería	Longitud [m]
codo de radio grande	1,27
codo de 45°	0,9525
codo de radio grande	1,27

Tubería	Longitud [m]
tramo 1	1,1
tramo 2	0,49
tramo 3	0,19
tramo 4	0,195
TOTAL	5,4675

En la **tabla 26** se presenta el valor en metros de la longitud equivalente de tubería.

7.7.4 Cálculo de contrapresión en la tubería.

Es necesario hacer el cálculo de la contrapresión para determinar que no haya una excesiva carga en la línea, ya que al sobre cargarse puede reducir la potencia y la economía del combustible afectando el buen funcionamiento del equipo.

Siendo más específicos la contrapresión es la fuerza necesaria para que los gases fluyan a través del sistema de escape, favoreciendo el desempeño del motor. Debido a esto es necesario minimizar la contrapresión reduciendo efectos de expansión, contracción, codos y fricción en la línea.

Datos ya obtenidos:

$$D_{N_{or}}=63,5 \text{ [mm]}=2,5\text{[in]}$$

$$L= 5,5 \text{ [m]}$$

$$P_{si}=1 \text{ [kpa]}$$

$$T_{es}=300 \text{ [K]}$$

$$V_{cil}=346,83 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$RPM=1800 \text{ [rpm]}$$

$$D_{Me}=1,5*2,54=3,81 \text{ [cm]}$$

Ecuación para el cálculo de la contrapresión.

$$P(KPa) = \frac{L * S * Q_{GE}^2 * 3,6 \times 10^6}{D_{Nor}^5} + P_{si} \quad (39)$$

Siendo:

P= Pérdida de carga del conducto en kPa

L= Longitud total equivalente del conducto incluyendo accesorios, en m

Q_{GE}= Caudal de gases de escape, en m³/min

D_{Nor}= Diámetro interior de tubería, en mm

S= Densidad de gases de escape, en kg/m³

P_{si}=perdida en el silencioso

• **Ecuación de densidad de los gases de escape:**

$$S = \frac{352}{T_e^2 + 273} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (40)$$

• **Ecuación de caudal de salida de los gases de escape:**

$$Q_{GE} = V_{GE} * A_{t_e} \text{ [m}^3\text{/min]} \quad (41)$$

Donde:

V_{GE}=velocidad de gases de escape

A_{t_e}= Área del tubo de escape

$$A_{t_e} = \frac{\pi * \left[\frac{D_{Nor}}{1000}\right]^2}{4} \text{ [m}^2\text{]} \quad (42)$$

Donde:

D_{Nor}= Diámetro normalizado de la tubería

$$V_{GE} = RPM * \frac{v_{cil}}{AM} * \frac{2\pi}{100} \text{ [m/min]} \quad (43)$$

Donde:

V_{cil} = volumen de la cilindrada de un solo cilindro

A_M = Área múltiple de escape

$$A_M = \frac{\pi * [D_{Me}(cm)]^2}{4} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (44)$$

Donde:

D_{Me} = Diámetro del múltiple de escape

Haciendo uso de la herramienta de EES podemos resolver el sistema de ecuaciones y encontrar el valor de las ecuaciones utilizadas. En la **figura 74** se aprecian los resultados obtenidos por el sistema de ecuaciones.

Figura 74.

Contrapresión en la tubería (P).

$A_m = 11,4 \text{ [cm}^2\text{]}$	$A_{te} = 0,003167 \text{ [m}^2\text{]}$	$D_{me} = 3,81 \text{ [cm]}$	$D_{Nor} = 63,5 \text{ [mm]}$
$L = 5,5 \text{ [m]}$	$P = 2,399 \text{ [kpa]}$	$P_{si} = 1 \text{ [kpa]}$	$Q_{GE} = 10,9 \text{ [m}^3\text{/s]}$
$RPM = 1800 \text{ [rpm]}$	$S = 0,6143 \text{ [kg/m}^3\text{]}$	$T_{esc} = 300 \text{ [C]}$	$V_{cil} = 346,8 \text{ [cm}^3\text{]}$
$V_{GE} = 3441 \text{ [m/s]}$			

Una vez dado solución al sistema de ecuaciones se logra apreciar el valor de la contrapresión ($P=2,4$ kpa) en la línea de la tubería a lo que se puede referir que es un valor bastante aceptable ya que nos va a permitir que los gases de escape puedan salir con mayor facilidad sin tener que enfrentar fuerzas excesivas que le impidan su trayectoria a la línea principal del LMTA.

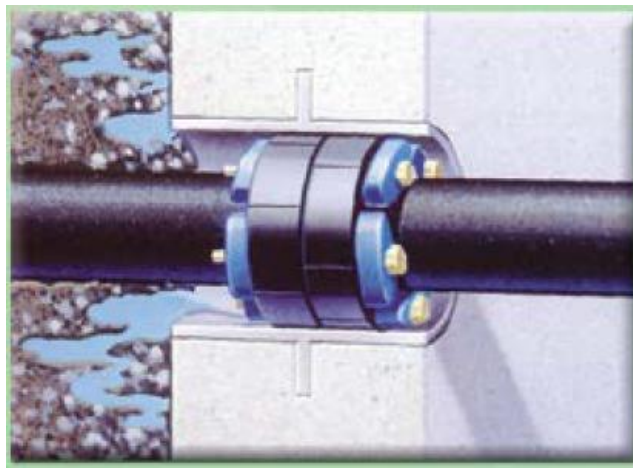
- **Paso de pared:**

Es necesario hacer la selección del paso de pared con características que me permitan mantener el sistema al interior de la cabina aislado para lograr un buen aislamiento térmico, sonoro

y vibratorio. Debido a la necesidad de tener que sacar el tubo encargado de conectar a la línea principal de extracción del LMTA se debe seleccionar un paso de pared con un fabricante que nos brinde este tipo de características. En la **figura 75** se tiene una manera de ejecutar el paso de pared correcto y adecuado para este tipo de caso.

Figura 75.

Ilustración del paso de pared.



Nota. Tomado de: PIPESEAL PENETRATION SEAL. Flexicraf.

En la figura se puede aclarar la forma como debe actuar el paso de pared y el sello que él nos puede brindar.

- **Manipulación de combustibles:**

Es indispensable hablar de los códigos de líquidos inflamables y combustibles, norma NFPA_30 la cual en el capitulo 4 habla del almacenamiento en recipientes y tanques portátiles lo que nos permite mantener unos parámetros de manipulación y almacenamiento para suministrar el combustible al grupo electrógeno de una manera responsable. Es de saber que el combustible que se va a manejar está catalogado en norma como clase I B (gasolina).

- **Tamaño y material del tanque de combustible:**

El tamaño del recipiente y el material es de suma importancia teniendo en cuenta que dependiendo del material del tanque se maneja una capacidad adecuada para evitar un aumento en la presión interna de este. En la **figura 76** se muestra el volumen máximo y el tipo de material del recipiente que se podrá implementar en el LMTA.

Figura 76.

Tamaño admisible de recipientes y tanques portátiles.

Tipo de recipiente para Líquidos	Líquidos inflamables			Líquidos combustibles	
	Clase IA	Clase IB	Clase IC	Clase II	Clase III
Vidrio	1 pt	1 qt	1 gal	1 gal	5 gal
Metal (excepto tambores DOT) o plástico aprobado	1 gal	5 gal	5 gal	5 gal	5 gal
Bidones de seguridad	2 gal	5 gal	5 gal	5 gal	5 gal
Tambor metálico (Especificación DOT)	60 gal	60 gal	60 gal	60 gal	60 gal
Tanques portátiles metálicos aprobados y recipientes a granel(IBC's)	660 gal	660 gal	660 gal	660 gal	660 gal
Recipientes a granel de plástico rígido (UN 31H1 ó 31H2) y recipientes a granel compuestos (UN 31HZ1)	NP	NP	NP	660 gal	660 gal
Polietileno Especificación DOT 34, UN 1H1, o autorizado por la excepción DOT	1 gal	5 gal	5 gal	60 gal	60 gal
Tambor de fibra					
NMFC o UFC Tipo 2A; Tipos 3A, 3B-H, ó 3B-L; o Tipo 4A	NP ¹	NP ¹	NP ¹	60 gal	60 gal

Unidades del SI: 1 pt = 0,473L; 1 qt = 0,95L; 1 gal = 3,8L.
¹No permitido.

Nota. Tomado de: Códigos de líquidos inflamables y combustibles.9 de agosto de 1996.NFPA 30.

p. 36

Es de apreciar que los líquidos inflamables de clase IB cuentan con una capacidad de 5 gal, de acuerdo a la norma se puede vincular al depósito del laboratorio ya que este cuenta con una capacidad de almacenamiento de 2 galones.

- **Área de almacenamiento:**

El área de almacenamiento del combustible va a ser dentro de la cabina seleccionada, buscando generar un espacio de trabajo para los auxiliares más cómodo a la hora de tener que

poner en funcionamiento el banco, para esto se debe atender normas que permiten que el ingreso del combustible en la cabina no genere un alto riesgo para los espectadores.

Apoyándonos en la norma NFPA_30, en los materiales seleccionados y las dimensiones para la cabina, se debe lograr mantener una resistencia al fuego no inferior a la hora. En la **figura 77** se puede observar una tabla que nos brinda la norma NFPA_30, en la cual se puede evaluar el tiempo determinado que debe mantener un recinto el fuego antes de dejarlo propagar de manera libre. Este se evalúa dependiendo del tamaño en metros cuadrados del lugar.

Figura 77.

Resistencia al fuego en áreas interiores.

Tipo de área de almacenamiento	Resistencia al fuego, horas		
	Muros ¹ interiores, techos, pisos intermedios	Techos	Muros exteriores
<i>Cuartos interiores</i>			
Superficie < 150 pies ²	1	-	-
Superficie > 150 pies ² y < 500 pies ²	2	-	-
<i>Cuartos separados y edificios unidos</i>			
Superficie < 300 pies ²	1	1 ²	-
Superficie > 300 pies ²	2	2 ²	2 ³
<i>Bodegas de líquidos</i>	4 ⁴	-	2 ⁵ ó 4 ⁶

Unidades del SI: 1 pie² = 0,09m².

¹ Entre áreas para almacenamiento de líquidos y cualquier área adyacente no dedicada al almacenamiento de líquidos.

² Es permitido que los techos de edificios unidos, de un piso de altura, sean de una construcción liviana, no combustible, si los muros divisorios interiores poseen parapetos de al menos 3 pies (0,90m).

³ Cuando estén expuestas otras porciones de los edificios u otras propiedades.

⁴ Este debe ser un muro contra incendio normalizado.

⁵ Para muros expuestos que están ubicados a más de 10 pies (3m) pero a menos de 50 pies (15m) de un edificio importante o del lindero de una propiedad adyacente sobre el cual puedan llegar a existir construcciones.

⁶ Para muros expuestos ubicados a 10 pies (3m) o menos de un edificio importante o del lindero de una propiedad adyacente sobre el cual pueda construirse.

Nota. Tomado de: Códigos de líquidos inflamables y combustibles. 9 de agosto de 1996. NFPA

Tomando como parámetro de diseño cuartos interiores en este caso dentro del LMTA de dimensiones 82 (ft²) se puede decir que el yeso RF y la lana de roca van a permitir una resistencia al fuego superior a una hora debido a su buena composición ya que la lana de roca está diseñada bajo la norma euro clase A2 y el yeso RF cuenta con partículas de agua en suspensión.

- **Requisitos para posicionar el recipiente:**

Ningún almacenamiento de líquidos debe obstruir físicamente los medios de salida. Además, según el código de la Norma NFPA_30 se debe mantener un pasillo con un ancho mínimo de 1 metro libre entre estanterías adyacentes.

8. Implementaciones prácticas de laboratorio.

Con el fin que los estudiantes puedan implementar lo aprendido en clase, se diseñan tres prácticas de laboratorio las cuales tendrán la capacidad de evaluar las principales partes del banco del grupo electrógeno, también se podrá valorar el estado actual del grupo electrógeno mediante los cálculos de consumo específico de combustible, eficiencia total del banco, potencia eléctrica genera, potencia efectiva del motor, potencia efectiva del motor estándar, consumo horario y costo por hora de operación, además se podrá ajustar el funcionamiento del banco con dos tipos de combustible gas y gasolina que permitirán evidenciar las similitudes y diferencias en el banco.

El nombre de las practicas son:



- Identificación y operación del grupo electrógeno

El objetivo principal de la practica es identificar los componentes principales y funcionamiento del grupo electrogeno, asi mismo, conocer conversion de energía que se lleva acabo para generar energia eléctrica.

Esta practica la realiza el profesor o el auxiliar del laboratorio, en primera instancia se muestra cada uno de los principales componentes del grupo electrogeno y su funcionamiento, luego se hace el reconocimiento de las partes del tablero de salida de carga ya incorporado en el grupo electrogeno, posteriormente se explica las partes principales y el funcionamiento del tablero de control de carga y medición y como se deben realizar las medidas para la toma de datos, por ultimo, se dan las precauciones e indicaciones que se tienen que cumplir para proceder a poner en funcionamiento el equipo.

Figura 78.

Guía de identificación del grupo electrogeno.

		<p>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER LABORATORIO MAQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS</p>			
<p>PRÁCTICA N°1 IDENTIFICACIÓN Y OPERACIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO</p>					
<p>DIRECTOR: Jorge Luis Chacón Velasco</p>		<p>FECHA:</p>			
<p>AUTORES: Nelson Fabián Lasso Villareal Daniel Ricardo Moreno Montaña</p>		<p>TIEMPO:</p>			
<p>INTRODUCCIÓN</p>					
<p>OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las partes principales de cada sistema que compone el grupo electrogeno. • Conocer el funcionamiento y conversión de la energía química, térmica y mecánica en eléctrica. • Aplicar los conceptos fundamentales que rigen el funcionamiento de los grupos electrogenos. • Operar el grupo electrogeno con el proposito que los estudiantes observen su generación. 					
<p>MARCO TEÓRICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grupo electrogeno. 2. Generador de corriente alterna. 3. Motor de combustión interna de ignición por chispa. 4. Dimensiones del Grupo Electrogeno. 5. Potencia y factor de potencia. 6. Requisitos de carga en kW y kW/A. 7. Generador en función del tamaño del motor. 8. Tamaño y selección del motor. 					
<p>EQUIPO UTILIZADO</p> <p>•Banco del grupo electrogeno.</p>					
<p>PROCEDIMIENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las partes principales del M.C.I del grupo electrogeno del L.M.T.A 2. Identificar las partes del tablero del generador 					
<ol style="list-style-type: none"> 3. Reconocer las partes principales de los tableros de control y de medición. 4. Analice el circuito eléctrico para la disipación de energía, para el control de carga y la medición de la potencia generada. 5. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control. 6. Revise la conexión de los cables de energía: <ul style="list-style-type: none"> • Conecte correctamente la batería. • Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador. 7. Verifique el nivel de aceite del motor. 8. revise el nivel del tanque de gasolina y abra la llave de paso. 9. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario. 10. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga. 					
<p>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</p> <p>Se deben sacar como mínimo 4 conclusiones. Se debe anexar la o las graficas que muestren el efecto del control diseñado.</p>					
<p>BIBLIOGRAFÍA</p> <p>Escribir las referencias utilizadas para la elaboración del marco teórico.</p>					
1					


- Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrogeno utilizando como combustible la gasolina.

La practica esta estructurada para tomar la medida de corriente y voltaje generados por el grupo electrogeno utilizando como combustible gasolina, además calcular la potencia generada

por el grupo electrogeno y del motor de combustión interna, así mismo se halla el consumo específico y horario hallado el consumo por hora y el costo de operación, por último y como objetivo principal de la práctica hallar la eficiencia total de grupo electrogeno, comparando los valores nominales con los hallados las medidas obtenidas.


Figura 79.

Generación de potencia eléctrica por medio de gasolina.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
CONSTRUYENDO FUTURO

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS



PRÁCTICA N° 2 GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA POR MEDIO DEL GRUPO ELECTROGENO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE LA GASOLINA.

<p>DIRECTOR: Jorge Luis Chacón Velasco</p>	<p>FECHA:</p>
<p>AUTORES: Nelson Fabián Lasso Villareal Daniel Ricardo Moreno Montaña</p>	<p>TIEMPO:</p>

INTRODUCCIÓN

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrogeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina. Se analizará la potencia generada por el grupo electrogeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrogeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

OBJETIVOS

- Medir corrientes y voltajes generados.
- Calcular la potencia generada por el grupo electrogeno.
- Calcular la potencia del motor de combustión interna (M.C.I).
- Medir el consumo horario y específico de combustible del M.C.I del grupo electrogeno.
- Hallar la eficiencia total del grupo electrogeno a partir de la potencia generada y el consumo de combustible.
- Comparar los valores nominales y generados de potencia.
- Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.
- Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.

MARCO TEÓRICO

1. Potencia Eléctrica Generada.
2. Consumo horario de gasolina.
3. Consumo específico de combustible.
4. Carga.

5. Eficiencia total del grupo electrogeno.

EQUIPO UTILIZADO

- Banco del grupo electrogeno.
- Cronometro.
- Pinza voltiamperométrica.
- Guantes.
- Gafas de protección.
- Protectores auditivos.
- Vestuario adecuado para laboratorio.

PROCEDIMIENTO

1. Medir la temperatura ambiente y humedad relativa del sitio.
2. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control.
3. Revisar la conexión de los cables de energía:
 - Conecte correctamente la batería.
 - Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador.
4. Verifique el nivel de aceite del motor.
5. revise el nivel del tanque de gasolina y abra la llave de paso.
6. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario.
7. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga.
8. Mida y registre los valores de corriente que pasa a través de las líneas L1-L2 y de voltaje entre las líneas L1-N, L2-N y L1-L2 para cada valor de carga.

1


Copyright © 2014 by ASME

- Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible el gas


La practica esta desarrollada de igual forma que la anterior, usando como combustible gas natural, de esta forma podemos tener una visión mas amplia de los factores y diferencias que existen al usar diferentes combustibles, observando y analizando los resultados obtenidos en la eficiencia, consumo y costo de operación.

Figura 80.

Generación de potencia por medio de gas.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS



PRÁCTICA N° 3 GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA POR MEDIO DEL GRUPO ELECTRÓGENO UTILIZANDO GAS NATURAL.

DIRECTOR: Jorge Luis Chacón Velasco	FECHA:
AUTORES: Nelson Fabián Lasso Villareal Daniel Ricardo Moreno Montaña	TIEMPO:

INTRODUCCIÓN

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrógeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina. Se analizará la potencia generada por el grupo electrógeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

OBJETIVOS

- Medir corrientes y voltajes generados.
- Calcular la potencia generada por el grupo electrógeno.
- Calcular la potencia del motor de combustión interna (M.C.I).
- Medir el consumo horario y específico de combustible del M.C.I del grupo electrógeno.
- Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno a partir de la potencia generada y el consumo de combustible.
- Comparar los valores nominales y generados de potencia.
- Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.
- Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.

MARCO TEÓRICO

1. Potencia Eléctrica Generada.
Es la cantidad de energía entregada por el grupo electrógeno a un elemento en un tiempo determinado, en este caso a una serie de bombillas incandescentes.

La potencia eléctrica generada se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$N_g = f_p \cdot V \cdot I$$

Donde:
 f_p es el factor de potencia
 V es el voltaje entre líneas
 I es la corriente

Para el caso del grupo electrógeno del LMTA, la potencia eléctrica generada se calcula de la siguiente forma:

$$N_g = V_{L1-N} \cdot I_{L1} + V_{L2-N} \cdot I_{L2}$$

Donde:
 VL1-N es el voltaje medido entre las líneas L1-N.
 VL2-N es el voltaje medido entre las líneas L2-N.
 IS1 es la corriente medida por el cable L1.
 IS2 es la corriente medida por el cable L2.

La eficiencia de un generador esta alrededor del 92% al 96%. El generador Powermate 7000W comercial tiene una eficiencia del 93%.

La potencia efectiva del motor, P_{em} se calcula por la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{N_g}{\eta_g}$$

Donde:
 η_g es la eficiencia del generador (93%)

Para hallar la potencia efectiva estándar del motor, P_{em} se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{em} = C_f \cdot P_{em}$$

Donde C_f es el factor de corrección definido:

$$C_f = \left(\frac{P_{em}}{P_m - P_{em}} \right) \left(\frac{T_m}{T_c} \right)^{1.5}$$

Donde:

1 Copyright © 2014 by ASME

Las practicas del laboratorio se podrán visualizar totalmente desarrolladas en el **apéndice G.**

9. Resultados

Con el fin de poder evidenciar y constatar los objetivos propuestos para este proyecto surge la necesidad de mostrar los alcances obtenidos en el desarrollo de lo pactado. Para esto, se adjuntarán las fotos que tendrán cavidad a la hora de verificar que se cumple con el diseño y construcción de algunos de los bosquejos ya antes elaborados y calculados.

9.1 Construcción de la mesa

Una vez determinado el diseño de la mesa y evaluado mediante el software Solidwork se procede a realizar su construcción. Gracias a la ayuda del señor Javier portilla persona encargada y con conocimiento técnico en el área de ornamentación el cual cuenta con un taller en la calle 14 entre carrera 24 y 23 es el encargado de proceder a la construcción de la mesa. En la **figura 81** se aprecia el proceso de construcción de la mesa.

Figura 81.

Evidencias construcción de la mesa.



Una vez construida la mesa, se lija y se pasa a pintura. Dando como resultado la **figura 82**.

Figura 82.

Soporte.



9.2 Sistema anti vibratorio

Este procedimiento se tornó un poco más complejo debido a la búsqueda ya que las empresas distribuidoras de sistemas de amortiguación y aisladoras de vibración o soportes, no se encargan de fabricar piezas en específico y más de este tipo de elementos, por este motivo nos dirigimos a la carrera 13 con calle 27 esquina, en la cual se ubica el local Multisoportes donde se logra la construcción de un soporte con las dimensiones requeridas para nuestro diseño y permitiendo tener una aproximación lo más real posible al requerido. En la **figura 83** se evidencia el resultado obtenido.

Figura 83.

Soporte anti vibratorio.



9.3 Tablero de consumo y control de carga

Se hizo la pertinente evaluación de cotizaciones hechas a algunas empresas y talleres de ornamentación y se determina que el señor Alejandro Acevedo quien es técnico electricista industrial se encargara de realizarnos la construcción y cableado del diseño mostrado. Es así como en la **figura 84** se aprecia el tablero de consumo en la etapa final de construcción.

Figura 84.

Tablero de consumo.



Por otro lado, en la **figura 85** se presenta la construcción del tablero de control con sus respectivos suiches, borneras y las tres líneas para poder hacer la medición de la corriente en cada fase.

Figura 85.

Tablero de control.



9.4 Montaje del banco del LMTA.

Para dar finalidad al proyecto emprendido es de suma importancia hacer el montaje del grupo electrógeno con sus diferentes partes. Por esta razón se presentan los resultados de los montajes que componen el banco en una serie de imágenes que servirán como constancia y verificación del buen manejo que se le dio a la hora de instalar el banco.

Figura 86.

Tanque de la gasolina.



Figura 87.

Tablero de control.

**Figura 88.**

Tablero de consumo.



Figura 89.

Montaje de tableros.

**Figura 90.**

Montaje Total del grupo electrógeno.

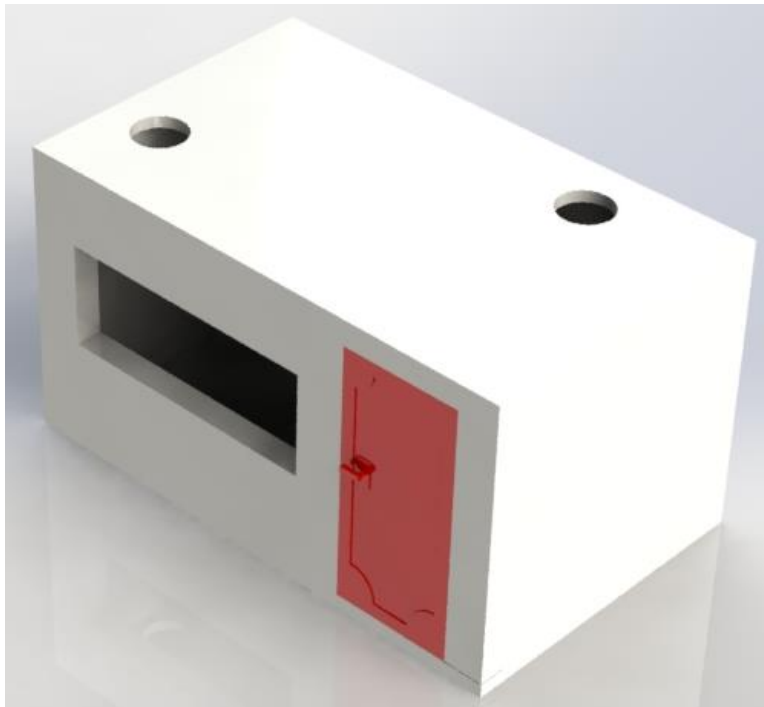


9.5 Cabina.

Una vez realizada la selección de los materiales y aplicando las dimensiones necesarias de cada uno de los componentes de la cabina (piso, techo, paredes, vidrio y puerta), se obtiene en la **figura 91** el renderizado del diseño de la cabina, los planos de la cabina se pueden observar en el **apéndice H**.

Figura 91.

Vista isométrica diseño cabina.



- **Calculo teórico aislamiento acústico de la cabina.**

En la siguiente tabla se muestra la composición y capacidad de aislamiento acústico de la alternativa seleccionado para las paredes y el techo de la cabina, con la selección de materiales se

puede buscar estudios previos realizados en laboratorios en condiciones adecuadas estipuladas en la norma ISO-140-3:

Tabla 27.

Capacidad aislamiento de los componentes seleccionado.

	Material	Espesor (mm)	Aislamiento (dB)
1	Lamina de yeso RF	12.7	34
2	Membrana bituminosa	4	68
3	Lana de roca	50	37
4	Cámara de aire	30	0

Los valores de aislamiento de los materiales están promediados a distintas frecuencias, teniendo en cuenta esta información procedemos a calcular la capacidad de aislamiento total de la alternativa, para esto lo utilizamos la siguiente ecuación:

$$R_{total} = 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{R_i}{10}} \quad (45)$$

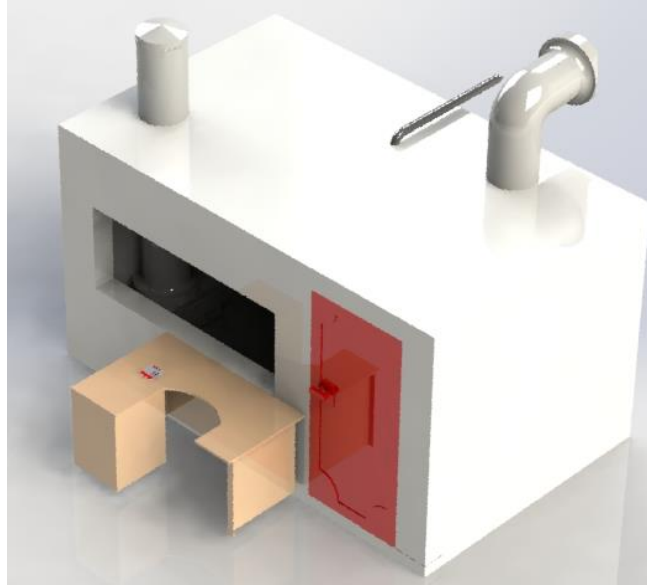
$$R_{total} = 10 \log(10^{3.4} + 10^{6.8} + 10^{3.7} + 10^0 + 10^{3.7} + 10^{6.8} + 10^{3.4}) \quad (46)$$

$$R_{total} = 71 [dB] \quad (47)$$

Para visualizar de una mejor manera la cabina con sus partes que la componen, se incorpora el sistema de extracción de gases, el grupo electrógeno, el sistema de circulación de aire, el tablero de consumo y el tablero de mando. Así se obtiene una vista isométrica el cual se observa en la **figura 92** y se puede ver la parte exterior de la cabina.

Figura 92.

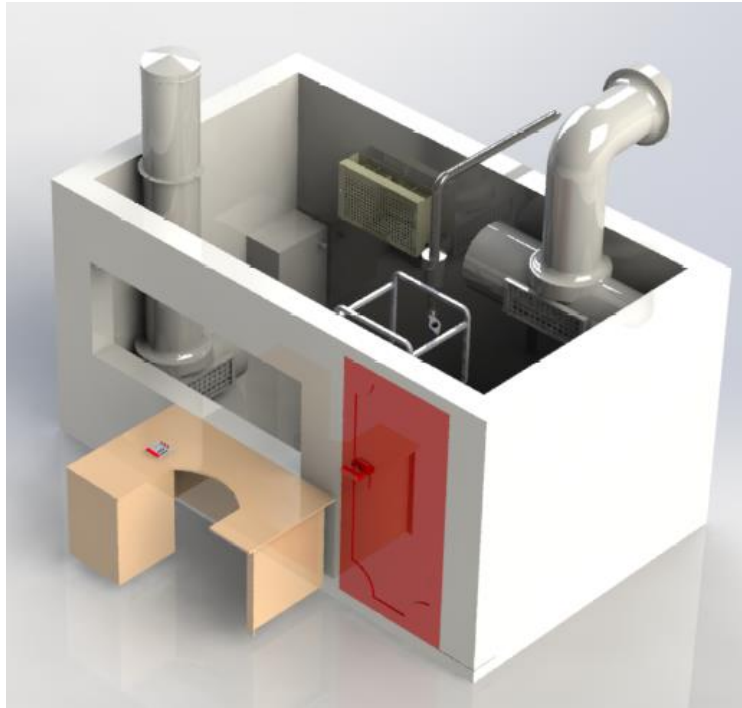
Vista isométrica diseño final.



Por otro lado, en la **figura 93** se puede apreciar la parte interior de la cabina y los diferentes componentes como lo son los ductos de recirculación, sistema de extracción de gases, tableros y grupo electrógeno.

Figura 93.

Vista isométrica distribución sistemas en la cabina.



10. Conclusiones

Se diseñó el sistema de aislamiento térmico, acústico, recirculación de aire y sistema de extracción de gases. El cual a futuro permitirá que el grupo electrógeno pueda operar de manera continua sin la preocupación de generar contaminación auditiva ya que cuenta con una capacidad de aislamiento de 71 [dB]. Además, proporciona una resistencia al fuego de al menos tres horas como máximo que aislara el interior de la cabina con el exterior en caso tal que se pueda presentar un incendio.

El sistema de recirculación de aire permite mantener una temperatura ambiente dentro de la cabina de unos 22°C aproximadamente la cual contribuye con el confort térmico para aquellas personas que operen el grupo electrógeno. Anexo a esto, se diseñó el sistema de recirculación de gases que permitirá que las emisiones de gases no afecten a quienes se encuentren en áreas distintas al laboratorio y para los mismos practicantes.

Se hizo la evaluación del estado del equipo y se ejecuta una serie de pasos que desencadenaron los defectos y el mal estado de algunas partes del banco, fue necesario cambiar y hacer mantenimiento para lo cual se hizo una inversión de aproximadamente un valor de \$ 600.000 pesos para lograr el resultado final, el cual viene siendo la puesta en marcha y funcionamiento de este.

Se diseñó, se construye y se selecciona los elementos que permiten que se haga el óptimo montaje del banco y de las diferentes partes que lo componen como lo son: tablero de mando, control de mando, soporte del grupo electrógeno, sistema anti vibratorio y tanque de combustible quienes en conjunto representan un costo de ejecución de \$ 1'100.000 de pesos. Además, fue necesario construir un sistema de escape que permitiera reducir el ruido emitido por el grupo electrógeno.

Se hace el planteamiento de tres prácticas de laboratorio donde se evalúa el reconocimiento del banco, rendimiento del equipo teniendo como combustible gasolina. Además, se dejó planteado la práctica que permitirá evaluar el rendimiento del equipo cuando se le proporciona como combustible gas. Todo esto se diseñó bajo un protocolo que permite a los estudiantes un estudio analítico y práctico que profundiza el conocimiento adquirido en clase, y se podrán visualizar en el apéndice F.

11. Recomendaciones

En cumplimiento con las normas de protección en el laboratorio, es de suma importancia que el auxiliar a cargo exija el buen uso de estos elementos contribuyendo al buen desarrollo de la práctica y la protección de los estudiantes presentes.

Hacer primordialmente el reconocimiento del banco con el fin de que puedan identificar el equipo, sus partes y chequear que el dispositivo este apto para su encendido.

Una vez en marcha el grupo electrógeno dejar funcionando en vacío (sin carga), para permitir que el equipo entre en régimen de operación estable para un mejor funcionamiento.

Siempre que el equipo este encendido no se introducirán las manos cerca de la zona donde se aloja las bujías ya que se puede presentar un arco entre la mano y los cables de la bobina de alta, produciendo una descarga eléctrica fuerte.

Es importante evolucionar y tratar de mejorar el sistema de manipulación del banco, encendido del banco, sistema de medición, sistema de escape e interferencia auditiva. Esto con el fin de dar continuación al proyecto de grado e implementar un sistema de automatización que permita que los estudiantes puedan desarrollar la práctica de una manera más confortable donde se podrán mejorar los sistemas de medición de forma análoga a una forma digital, que va a tener cavidad al momento de mostrar los resultados ya que estos podrán ser visibles mediante un software bajo un control de mando unificado y en conjunto con el diseño expuesto de la cabina se obtendrá un banco que permitirá que los estudiantes puedan tener un poco más de conocimiento en los grupos electrógenos sin tener que exponerse al ruido y las emisiones generadas.

Referencias Bibliográficas

- Aislamiento de tuberías. (2018) *Soluciones con lana mineral. Isover*. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/aislamiento-tuberias-2018.pdf>
- Caterpillar. (1996) *Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación*. EE. UU: Caterpillar Inc.. p. 84-91.
- Carrero, R. & Sotomonte, H. (2011) *Estudio, Actualización y Organización de Prácticas en Motores de Combustión Interna para el laboratorio de máquinas Térmica Alternativas de la Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga: Ed. UIS,.
- Componentes del estator y Rotor. (s.f.) *Fuente: centrales de generación de energía eléctrica*. Recuperado de <http://www.webquest.es/webquest/sistema-detrasmicion-de-potencia-motores-electricos>
- Calorcol S.A.S. (s.f.) *Cortafuego*. Recuperado de: <https://www.puertascalorcol.com/puerta-cortafuego>.
- Chinchaya G, R. (s.f.) *Separa de uso interno-maquinas térmicas I*. p 1.
- Exhaust Company TJC. (s.f.) *Tubo flexible universal 2x2* Recuperado de <https://www.tjcxostos.com/product-page/tubo-flexible-universal-2-x-2>.
- Fondo de formación (s.f.) *Generadores de corriente alterna. Alternadores* Recuperado de: http://www.myelectronic.mipropia.com/CICLO_2/M07_05_GENERA_ALTERNA_OK.PDF?i=1
- Heywood. J. B. (1988) *Internal Combustion Engine Fundamentals*. EE. UU: MC Graw-Hill.

Martyr, A. J., & Plint, M.A. (2011). *Engine Testing*. Theory and practice. Elsevier.

Mateuz A, J. F.& Quiroz R, L. G. (2012) *Diagnóstico, Puesta en Marcha e Implementación de las Prácticas Experimentales de un Grupo Electrónico del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas de la Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga: Ed. UIS.

Munevar Tinoco, L. E. (2015) Lima-Perú, Recuperado de <http://highresolutionaudio.blogspot.com>

Obert, E F. (1976) *Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones*. Co. Ed. Continental., México., p. 20-42.

Payri, F; Desantes, J M. (2011) *Motor de combustión interna alternativo*. Barcelona. Bogotá. Buenos Aires. México. Editorial: Universitat Politècnica de valència. p. 28-30.