

**DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE, COMBUSTIBLE,
AGUA, LUBRICACIÓN Y ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE PARA LA CELDA
DE ENSAYOS Y PRUEBAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MOTORES
DE 2 TIEMPOS (CIM2T) DEL PARQUE TECNOLÓGICO GUATIGUARÁ-UIS.**

**ANGELA ESTHEFANY ZEA RINCÓN
CRISTIAN MAURICIO ESTUPIÑAN MANRIQUE**

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

2014

**DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE, COMBUSTIBLE,
AGUA, LUBRICACIÓN Y ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE PARA LA CELDA
DE ENSAYOS Y PRUEBAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MOTORES
DE 2 TIEMPOS (CIM2T) DEL PARQUE TECNOLÓGICO GUATIGUARÁ-UIS.**

**ANGELA ESTHEFANY ZEA RINCÓN
CRISTIAN MAURICIO ESTUPIÑAN MANRIQUE**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO
Ingeniero Mecánico**



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

2014

DEDICATORIA

A Dios infinitas gracias por permitirme cumplir esta meta, por darme la sabiduría, entendimiento y fortaleza durante este largo camino; a la Santísima Virgen por protegerme y acompañarme en cada paso que dí.

Le doy gracias a mi hermosa familia de la cual hago parte y a quienes hoy me siento feliz de responderles por sus sacrificios durante estos años, pues fue gracias a mi papá Martín Zea y a mi mamá Flor Ángela Rincón, que este sueño se hizo posible, fueron ellos quienes me enseñaron que cuando las cosas se ponen difíciles es cuando debemos demostrar nuestro verdadero valor.

A mi hermana y hermano por sus palabras de aliento en este recorrido y también por aquellas dichas en momentos difíciles, porque me dieron fuerzas de seguir adelante y poder decir con certeza que cuando las cosas se hacen con amor y dedicación siempre es posible terminar lo que uno comienza.

A todas las personas que me acogieron al interior de su hogar y me hicieron un miembro más de ella.

A mis amigos y primos, esas personas que Dios puso en mi camino y me brindaron su compañía, apoyo, confianza, su amistad sincera, esos que aunque no veía todos los días, siempre estaban ahí cuando más los necesitaba.

Con cariño e inmensa gratitud, de corazón grandes éxitos para todos.

Angela Esthefany Zea.

DEDICATORIA

A mi señora Madre: Tomasa por el gran ejemplo de vida que es, el cual quiero seguir, amparado en sus enseñanzas y gran amor.

A mi Padre Libardo por la fortaleza; a mi Hermana: Yadira; sobrinas: Andrea y María Fernanda; a mi Nonita hermosa. Tíos que gran colaboración me han brindado y Yudy un soporte con su amor inmenso.

A mis amigos y personas que he encontrado día a día me han hecho fuerte durante gran parte de la vida con su gran colaboración.

A Dios infinitas gracias.

Cristian Mauricio Estupiñan.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director, el ingeniero Jorge Luis Chacón, por ser nuestra guía, por su constante apoyo, respaldo, confianza, motivación y orientación recibida para la culminación de ese proyecto.

Al ingeniero Jens Jensen por sus apropiados consejos y material proporcionado.

Al ingeniero Luis Eugenio Prada por su gestión, apoyo y tener siempre abiertas las puertas del centro de investigación Guatiguará.

A los docentes de la universidad industrial de Santander, por la colaboración académica y ética, pues con sus enseñanzas forman profesionales de alta calidad.

A nuestros compañeros de proyecto, por su calidad humana y amistad.

Angela Esthefany Zea

Cristian Mauricio Estupiñan.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	25
1 .FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	27
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	27
1.2. JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.	29
1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.	30
2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	34
2.1. FUNDAMENTOS	34
2.1.1. Parámetros De Funcionamiento.	34
2.1.2. Celdas de ensayo de motores MCIA	35
2.1.3. Características de las salas o celdas de ensayos de MCIA.....	36
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA CELDA DE PRUEBAS Y MEDICIONES.....	36
2.3. DETERMINACIÓN DE FLUJO MÁSIICO DE AIRE.	41
2.4. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE AIRE PARA LA CELDA.....	56
2.4.1. Filtro de aire.	57
2.4.2. Recipiente de amortiguación de pulsos del flujo de aire.	58
2.4.3. Distribución de ductos y accesorios.	60
2.4.4. Selección del Medidor de flujo másico de aire.	61
2.4.5. Alternativa 1: Medidor de flujo másico con funcionamiento del principio de transmisión de flujo por dispersión térmica.....	62
2.4.5.1. Selección del medidor de flujo másico de aire del principio de dispersión térmica para la celda CIM2T.....	64
2.4.6.1. Medición del flujo de aire por el método de la platina de orificio según ISO 5167-2.....	67
2.4.6.3. Elementos de medición utilizados en la platina de orificio	71
2.4.7. Comparación y conclusión de las alternativas, de los dispositivos de medición del flujo de aire	75
3. SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA EL CIM2T DEL PTG .	76
3.1. MEDICIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES.....	76
3.1.1. Propiedades de la gasolina.....	76
3.1.1.1. Gasolina corriente	76

3.1.1.2. Gasolina Extra:	78
3.1.2. Precauciones para el manejo de los combustibles	80
3.1.3. Determinación de las generalidades para la medición de combustible.....	81
3.1.3.1. Medidor de flujo volumétrico:	82
3.1.3.2. Medidor de flujo másico	82
3.2. DETERMINACIÓN DE FLUJO MÁSCO DE COMBUSTIBLE.....	83
3.3. SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA LA CELDA DE ENSAYOS CIM2T.....	87
3.3.1. Diseño del tanque de almacenamiento.....	87
3.3.2. Selección del tanque de almacenamientos para combustibles líquidos.	91
3.3.3. Selección del tanque auxiliar para uso diario dentro de la CIM2T.	91
3.3.4. Selección de tubería.	92
3.3.5. Selección de la válvula reguladora.	93
3.3.7. Selección del filtro de combustible.....	97
3.3.8. Mangueras de suministro de combustible.....	97
3.3.9. Sistema de control de temperatura para el sistema de combustible.....	99
4. SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA LAS EMISIONES.....	105
4.1. INTRODUCCIÓN A LA COMBUSTIÓN EN MOTORES DE 2 TIEMPOS.	105
4.1.1. Química de la combustión en M.C.I.....	107
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIONES CO, CO ₂ , NO _x , O ₂ Y HC, EN LOS MOTORES DE LA CELDA DEL CIM2T.....	110
4.2.1. Niveles de emisiones según investigaciones y parámetros de la EPA (....	110
4.3. RESEÑA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE EMISIONES.	114
4.3.1. NDIR: Analizador de infrarrojo no disperso.....	114
4.3.2. CLD: Detector de luminosidad química.....	115
4.3.3. FID: El detector de ionización de llama.....	115
4.3.4. FTIR: Analizador infrarrojo de transformada de Fourier.....	116
4.3.5. HTFR: Medidor de flujo de huella de helio.	116
4.3.6. PM: Emisiones de material particulado.....	116
4.3.7. El analizador de gas Hartridge.....	116
4.4. CALIBRACIÓN DEL GAS PATRÓN, ALMACENADO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS PARA LOS ANALIZADORES MÁS USADOS.	117

4.5. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y COMPONENTES PARA LA MEDICIÓN DE EMISIONES CO, CO ₂ , NO _x , O ₂ Y HC DE LA CELDA PARA EL CIM2T.	118
4.5.1. Equipo de medición de niveles de gases y accesorios auxiliares	118
5. SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL CIM2T DEL PTG.....	126
5.1. ESQUEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA LA CELDA DE ENSAYOS.	126
5.2. DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSSICO DE AGUA PARA EL CIM2T	127
5.2.1. Especificaciones técnicas de dinamómetro.	128
5.3. DISEÑO DE LAS TUBERÍAS PARA EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA.....	129
5.3.1. Ecuación de Bernoulli; ecuación de la conservación de la energía	129
5.3.2. Número de Reynolds	129
5.3.3. Determinación de la pérdida de carga en tuberías	129
5.4. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA REGULADORA.....	130
5.5. DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS EN LA CELDA.	134
5.6. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	136
5.7. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA DEL CIM2T.	137
5.8. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA.....	139
5.8.1. Para seleccionar el sistema más idóneo se analizan tres alternativas:	141
5.8.1.1. Torres de enfriamiento.....	141
5.8.1.3. Radiador.	145
5.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.	147
5.10. MONTAJE FINAL CON TODOS LOS ACCESORIOS SELECCIONADOS.	149
6. SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE PARA EL CIM2T DEL PTG. .	153
6.1. SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE, SEGÚN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2218:.....	153
6.2. SISTEMAS DE LUBRICACIÓN EN MOTORES DE 2 TIEMPOS:	153
6.2.1. Sistema de lubricación por premezclado	153
6.2.2. Sistema de inyección de aceite.....	154
6.2.3. Engrase a presión.....	156
6.3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN PROPUESTO PARA EL CIM2T DEL PTG. ..	157
6.4. SELECCIÓN DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO.	158
6.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.	159

6.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TEMPERATURA Y APAGADO AUTOMÁTICO DEL MOTOR.....	161
7. SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL PARA CIM2T DEL PTG.	162
7.1. DETERMINACIÓN DE LA REGULACIÓN DE LA PRESIÓN SEGÚN LA NORMA.	163
7.1.1. Tipos de regulación.....	164
7.1.2. Materiales y equipos.	164
7.1.3. Diseño de tuberías y accesorios.	164
7.1.4. Válvulas de corte	165
7.1.5. Medidores.	166
7.1.8. Ubicación de las válvulas de corte.....	168
7.2. SISTEMA DE GAS NATURAL PARA CIM2T DEL PTG.....	170
8. SISTEMA DE SEGURIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DEL CIM2T PARA EL PTG BAJO LA NORMA NTC 1868.	174
8.1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE COMBUSTIBLES DEL BANCO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DEL CIM2T PARA EL PTG.	174
8.1.1. Almacenamiento y manejo de inflamables.....	174
8.1.2. Riesgo de incendio y explosión.....	176
8.1.3. Recomendaciones para la prevención del riesgo en la manipulación de combustible según la norma NTC 1868.....	177
8.1.4. Almacenamiento de productos inflamables según la norma NTC 1686 para el CIM2T para el PTG.	179
8.1.6. Sistemas de protección.....	183
8.2. SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA EL CIM2T DEL PTG.	184
9. SISTEMA DE MEDICIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA CELDA CIM2T DEL PTG.	193
9.1. SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE SOFTWARE Y HARDWARE.....	194
9.1.1. Selección de software para la celda CIM2T.....	196
9.1.2. Selección del hardware.....	196
10. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA EN EL SOFTWARE EXCEL MICROSOFT PARA PODER DETERMINAR.....	198
10.1. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO, PARA LA INSTALACIÓN MONTAJE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS (CIM2T) DE GUATIGUARÁ.	198
10.1.1. Fórmulas de cálculo para los requerimientos de los diferentes motores.	201
10.1.2. Planos de distribución eléctrica.....	202

11. ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN NECESARIA PARA LA SOLICITUD DE ACREDITACIÓN SEGÚN LO ESTIPULADO EN LA (ONAC)...	204
12. CONCLUSIONES	207
13. RECOMENDACIONES.....	210
BIBLIOGRAFÍA.....	213
ANEXOS	215

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas Dolmar PC 8216.....	45
Tabla 2. Relación de los diferentes parámetros para Dolmar PC-8216.....	46
Tabla 3. Especificaciones técnicas Yamaha F20.....	49
Tabla 4. Relación de los diferentes valores calculados para el motor Yamaha F20.	49
Tabla 5. Especificaciones técnicas Motor Suzuki DT 40 WS.....	52
Tabla 6. Relación de los diferentes valores para suministro de aire para el motor Suzuki DT40 WS de 29,4 kW.....	53
Tabla 7. Valores máximos y mínimos para los diferentes motores.....	55
Tabla 8. Flujo aproximado para tamaños de orificio de 10 a 150 mm.....	68
Tabla 9. Resultados de prueba para la placa de orificio de la norma ISO 5167-2.	69
Tabla 10. Análisis de las alternativas para la medición de flujo de aire.	75
Tabla 11. Gasolina corriente	77
Tabla 12. Gasolina Extra	79
Tabla 13. Consumo máximo y Mínimo de combustible.....	86
Tabla 14. Especificaciones técnicas del medidor de coriolis.	95
Tabla 15. Especificaciones manguera.	99
Tabla 16. Emission standard of CARB (California Air Resource Board) for hand- held engine.	111
Tabla 17. California las emisiones de escape de Normas para motores todo terreno. Típico Rendimiento del motor.....	112
Tabla 18. Niveles de emisiones en motores de 2 tiempos fuera de borda según la EPA.....	112
Tabla 19. Medición de emisiones de motores Husqvarna por la EPA.	113
Tabla 20. Niveles de emisiones según: emission testing of engines to be installed in not road-movile machinery.	113

Tabla 21. Perdida de carga expresada en Longitud equivalente (ft).....	131
Tabla 22. Longitud equivalente en pies para diámetros < 2in.....	132
Tabla 23. Longitud equivalente en pies para diámetros > 2in.....	133
Tabla 24. Coeficiente de resistencia k de accesorios	134
Tabla 25. Relación de volúmenes de tanque para agua.....	137
Tabla 26. Configuración de intercambiadores TEMA.....	144
Tabla 27. Medidas del punto de inflamación de diferentes aceites de motor con diferentes grados de contaminación por combustible.	160
Tabla 28. Clasificación de aceites para motores de dos tiempos.	160
Tabla 29. Clasificación de termocuplas	161
Tabla 30. Distancias para dispositivos de anclaje.....	167
Tabla 31. Presiones para el ensayo de hermeticidad.	169
Tabla 32. Capítulos específicos para la aceptación de sistemas contra incendios.	185
Tabla 33. Costos de suministro de agua.....	198
Tabla 34. Costos de suministro de combustible.....	199
Tabla 35. Costos de suministro de gas natural	199
Tabla 36. Costos de suministro de aire de combustión	199
Tabla 37. Costos de suministro de análisis de gases de escape.....	199
Tabla 38. Costos de sistema contra incendio	200
Tabla 39. Costos sistema de adquisición de datos	200
Tabla 40. Costos diseño y suministro del banco (CMI2T).....	200
Tabla 41. Ecuaciones para la determinación del flujo másico de aire y combustible.	201
Tabla 42. Ecuaciones para la determinación del diseño y distribución de tuberías y accesorios.....	201
Tabla 43. Plano de distribución eléctrica para el banco (CMI2T).....	202

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Laboratorio de motores UIS.....	28
Figura 2. Laboratorio de motores ICP.....	28
Figura 3. Parque tecnológico Guatiguará.	30
Figura 4. Variables de entrada y salida en un motor.....	35
Figura 5. Sótano S02 sede Guatiguará.....	37
Figura 6. Vista en planta del laboratorio.	38
Figura 7. Vista de planta en 3D.....	39
Figura 8. Distribución de planta en 3D.....	39
Figura 9. Esquema general de la celda de pruebas y ensayos.	40
Figura 10. Comportamiento en marcha de un motor OTTO a flujo de combustible constante.	44
Figura 11. Cortador de concreto Dolmar PC-8216.....	45
Figura 12. Gráfica de potencia vs velocidad de rotación del motor Dolmar PC-8216.....	47
Figura 13. Gráfica del consumo específico de combustible vs velocidad de rotación para el motor DOLMAR.....	47
Figura 14. Gráfica flujo másico de aire vs velocidad de rotación para el motor DOLMAR	48
Figura 15. Foto motor Yamaha F20.....	48
Figura 16. Gráfica de potencia vs velocidad de rotación del motor Yamaha F20.	50
Figura 17. Gráfica del consumo específico de combustible vs velocidad de rotación para el motor Yamaha F20.....	51
Figura 18. Gráfica flujo másico de aire vs velocidad de rotación para el motor Yamaha F20	51
Figura 19. Motor Suzuki DT 40 WS.	52
Figura 20. Gráfica de potencia vs velocidad de rotación del motor Suzuki DT40 WS.....	54

Figura 21. Gráfica del consumo específico de combustible vs velocidad de rotación para el motor Suzuki DT40 WS.....	54
Figura 22. Gráfica flujo másico de aire vs velocidad de rotación para el motor Suzuki DT40 WS.....	55
Figura 23. Vista general propuesta del sistema de aire.....	56
Figura 24. Filtro de aire motor Dolmar PC 8316.	58
Figura 25. Recipiente de amortiguación de pulsos “Air Box”.	60
Figura 26. Esquema de la recomendación por la norma ISO 5167-2.	61
Figura 27. Accesorio codo flexible.	61
Figura 28. Principio de funcionamiento del dispositivo de medición por dispersión térmica y la comparación con la medición por diferencia de presión.	63
Figura 29. Dispositivo de medición por dispersión térmica Thermatel ® Modelo TA2 magnetrol.	64
Figura 30. Esquema en el montaje del medidor por dispersión térmica.	65
Figura 31. Montaje final sistema de medición de aire con el dispositivo Thermatel ® Modelo TA2.....	65
Figura 32. Esquema de la Platina de orificio según la norma ISO 5167-2.....	66
Figura 33. Diseño de la platina de orificio y de la brida.....	70
Figura 34. Plano general de la placa de orificio por la norma ISO 5167-2.....	71
Figura 35. Manómetro diferencial con salida eléctrica.....	72
Figura 36. Gráfica de respuesta para diferentes termopares.....	73
Figura 37. Ubicación de la termocupla tipo T.....	74
Figura 38. Vista general del montaje de la brida con la placa en el sistema de medición de aire de acuerdo a la norma ISO 5167-2.....	74
Figura 39. Consumo de combustible en un motor de Dolmar PC 83 de 5 kW.	83
Figura 40. Consumo de combustible en un motor de Yamaha F20 de 15 kW.	85
Figura 41. Consumo de combustible en un motor Suzuki DT 20WS de 29,4 kW. .	86
Figura 42. Esquema del sistema de medición del flujo de combustible:	87
Figura 43. Proporciones para cada una de las partes dependiendo la configuración del tanque.....	88

Figura 44. Se muestra un tanque de almacenamiento y su estructura.	90
Figura 45. Ilustración de tanque enterrado	91
Figura 46. Tanque de 7 galones para gasto diario.....	91
Figura 47. Válvula reguladora	94
Figura 48. Selección de sistemas e instrumentos de medición.	96
Figura 49. Especificaciones de instalación de los equipos.	96
Figura 50. Filtro de gasolina.....	97
Figura 51. Esquema básico del control PID	99
Figura 52. Diagrama de bloques de la formación del error de regulación.....	100
Figura 53. Montaje sistema de combustible en 3D.	102
Figura 54. Vista lateral del sistema de suministro de combustible.....	103
Figura 55. Vista posterior del sistema de combustible.....	103
Figura 56. Vista superior del sistema de combustible.....	104
Figura 57. Distribución del laboratorio de pruebas (CMI2T).	104
Figura 58. Partes del motor de 2 tiempos y componentes producto de la combustión.....	105
Figura 59. Relación de aire λ	109
Figura 60. Sensores y analizadores según el tipo de gases.....	114
Figura 61. Esquema de Analizador hartridge.....	117
Figura 62. Requisitos de exactitud, ruido y repetibilidad del analizador de gases de escape.	119
Figura 63. Analizador de gases portable NOVA 376 con especificaciones técnicas.	120
Figura 64. Termocupla tipo k para la medición de la temperatura de los gases. .	121
Figura 65. Fotos del laboratorio de energía Bremen Hochschule university Applied Sciences: instalación sensores gases de escape (a).....	122
Figura 66. Fotos del laboratorio de energía Bremen Hochschule university Applied Sciences gases de escape (b).	123
Figura 67. Esquema del sistema de análisis de gases AVL CVS i60™.....	124
Figura 68. Analizador de emisiones Horiba OBS-BONE.	125

Figura 69. Esquema de los componentes del sistema de suministro de agua	127
Figura 70. Dinamómetro	128
Figura 71. Tanque de almacenamiento	137
Figura 72. Instalación de las Bombas de ¼ HP	139
Figura 73. Torre de enfriamiento.....	142
Figura 74. Torre de enfriamiento.....	145
Figura 75. Radiador.	146
Figura 76. Montaje tanque de almacenamiento de agua con el radiador.	147
Figura 77. Sensor de temperatura.	149
Figura 78. Vista isométrica del suministro de agua.....	150
Figura 79. Vista superior del sistema de suministro de agua.....	151
Figura 80. Vista frontal del sistema de suministro de agua.....	151
Figura 81. Vista lateral del sistema de suministro de agua.	152
Figura 82. Vista superior del sistema de agua y combustible.	152
Figura 83. Sistema de engrase a presión de motor de dos tiempos utilizando una bomba de aceite y un surtidor en la lumbrera de admisión.....	154
Figura 84. Sistema completo de lubricación a presión de un motor de dos tiempos.	155
Figura 85. Sistema de lubricación motor de dos tiempos.	157
Figura 86. Esquema elementos de lubricación.	158
Figura 87. Dimensiones de la bomba de aceite.....	158
Figura 88. Bomba de aceite y filtro.	159
Figura 89. Esquema de ubicación de válvulas en las líneas de servicio para suministro de gas.....	168
Figura 90. Vista superior del sistema de Gas Natural desde el salón de pruebas hasta la salida del parqueadero del sótano.	171
Figura 91. Vista frontal suministro de Gas Natural.....	172
Figura 92. Vista superior de toda la planta del edificio UIS PTG, suministro de Gas Natural desde el salón de pruebas hasta punto más cercano de Gas Natural (cafetería central).....	173

Figura 93. Sistema del montaje contra incendios.	180
Figura 94. Sala de almacenamiento de líquidos inflamables	181
Figura 95. Etiquetas de peligro	183
Figura 96. Ilustración del tanque de almacenamiento según la norma NTC 1868.	184
Figura 97. Bombas verticales contra incendio.	191
Figura 98. Vista isométrica del sistema contra incendios.	191
Figura 99. Acercamiento del sistema antincendios.....	192
Figura 100. Ruta de adquisición de datos.....	194

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. A1. Plano General De La Celda De Ensayos	216
Anexo B. Plano Del Sistema De Medición Del Flujo De Aire Por Dispersión.....	217
Anexo C. Plano Del Sistema De Suministro De Combustible	223
Anexo D. Plano Del Sistema De Suministro De Agua	229
Anexo E. Sistema Contra Incendio CIM2T	235

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE, COMBUSTIBLE, AGUA, LUBRICACIÓN Y ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE PARA LA CELDA DE ENSAYOS Y PRUEBAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MOTORES DE 2 TIEMPOS (CIM2T) DEL PARQUE TECNOLÓGICO GUATIGUARÁ-UIS*

AUTORES: ANGELA ESTHEFANY ZEA RINCÓN
CRISTIAN MAURICIO ESTUPIÑAN MANRIQUE**

PALABRAS CLAVES: AIRE/COMBUSTIBLE, MEDICIÓN DE FLUJO DE AIRE, CONSUMO DE COMBUSTIBLE, ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE.

DESCRIPCIÓN:

En el presente trabajo se describe: la importancia de la medición y selección de la instrumentación para determinar los parámetros de consumo de aire, combustible, agua, análisis de gases contaminantes, gas natural; en el análisis y ensayo de MCI en el rango de potencia de 5-30 KW según las normas ISO 1585 y SAE J 1349, además de sistemas de seguridad para la manipulación de estos equipos y la protección de los usuarios; realizando estudios de los elementos de adquisición de datos para el análisis y el buen funcionamiento en las pruebas, aportando los diseños de las instalaciones con los accesorios requeridos, selección de equipos, costos y documentación necesaria para la ejecución e implementación de la celda de ensayo de motores basados en los formatos de planeación de la Universidad Industrial de Santander como aportante para el centro de investigación de motores de 2 tiempos "CIM2T" buscando en un futuro la aprobación y acreditación de las instituciones encargadas de a nivel nacional e internacional. El centro podrá ser usado para la investigación y el desarrollo de dispositivos en la consecución de mejoras en la eficiencia, el estudio de nuevos combustibles basados en las normas ambientales del control de emisiones contaminantes; el aprendizaje en la escuela de ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander para las asignaturas relacionadas. Este busca un desarrollo regional en cuanto a la búsqueda de alternativas de crecimiento industrial y la implementación de laboratorios de investigación para la innovación en un mercado nacional.

Con este proyecto buscamos lograr una experiencia práctica de índole didáctica, encaminadas a la ampliación y afianzamiento de los conocimientos teóricos en área de máquinas térmicas alternativas (motores de combustión interna) realizando una completa investigación de los distintos sistemas de medición e instrumentación de bancos y laboratorios de pruebas y ensayos de motores donde se sugiere la consecución de nueva tecnología para la adquisición de datos para los diferentes sistemas los cuales son de vital importancia para el adecuado funcionamiento del centro.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas, escuela de ingeniería mecánica, director PhD Jorge Luis Chacón Velasco

ABSTRAC

TITLE: DESIGN OF AIR PURVEYANCE SYSTEMS, FUEL, WATER, LUBRICATION AND ESCAPE GASES ANALYSIS FOR CELLS TRIALS AND TESTINGS OF ENGINE INVESTIGATION CENTER BY 2 STROKE (CIM2T) FROM GUATIGUARÁ TECHNOLOGICAL PARK AT UIS*

AUTHORS: ANGELA ESTHEFANY ZEA RINCÓN
CRISTIAN MAURICIO ESTUPIÑAN MANRIQUE**

KEYWORDS: AIR/FUEL, AIR FLOW MEASUREMENT, FUEL CONSUME, ESCAPE GASES ANALYSIS.

DESCRIPTION:

In this present work it describe: how important is the measurement and selection of instruments for determine all consume parameters of air, fuel, water, pollutant gases analysis. Natural gas; In the analysis and trial from MCI, in the power range 5-30 Kw, according to standard ISO 1585 and SAE J 1349, also security systems for manipulation of this apparatus and protection of users; to do studies of data adquisition elements for analysis and good operation in the tests, giving designs of instalations with requirement accessories, selection of apparatus, costs and documentation that is necessary for execution and implementation of the trial cells of engine base on planning formats from INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER (UIS) as a contribution for engine investigation center by 2 stroke "CIM2T", looking for aproval and accreditation of institutions that in the future they're in charge nationally and internationally. In this center could be used for investigation and development of devices in the attainment of better efficiencies, study of news fuels base on environmental standards of contaminating emission control; learning in the mechanic school from UIS for related subjects. This is looking for a regional development about searching of alternatives for industrial growing and lab implementation for investigation and innovation in national market.

With this Project, it's looking for achive a great didactic practical experience, aimed at expanding and strengthening of the theoretical knowledge in alternative thermal machines (engines of internal combustion), making a whole investigation of different measurement systems and bench instrumentation and labs of trials and tests for engine where it suggests the attainment in new technologies for adquisition of datas which are really important for appropriate operation of the center.

* Graduation Project

** Faculty of Physics-Mechanic Engineerings, School of Mechanic Engineering, PhD JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

INTRODUCCIÓN

Es importante que la UIS, la región y el país dispongan de un Centro de Investigaciones en Motores de 2 Tiempos (CIM2T) en el cual se pueda interactuar y construir conocimientos en sus diferentes campos. El motor de dos tiempos, también denominado motor de dos ciclos, es un Motor de Combustión Interna Alternativo (MCIA) que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, explosión y escape) en dos movimientos lineales del émbolo (un giro del cigüeñal). Se diferencia del más conocido y frecuente motor de cuatro tiempos o ciclo de Otto, en el que este último realiza el ciclo termodinámico, sus cuatro etapas en dos revoluciones de giro del cigüeñal.

Una parte esencial del análisis del funcionamiento del motor es la medición precisa y significativa del consumo de aire, combustible, emisiones entre otros. La relación aire-combustible es un elemento esencial en el proceso de combustión. La experiencia nos dice que para arrancar un motor que está frío se necesita una mezcla rica y esto cambia a medida que el motor va cambiando sus condiciones de funcionamiento; la medición de estos parámetros es uno de los más importantes dado que sirve de base para el cálculo de otros, tales como el consumo específico de combustible, eficiencia térmica, coeficiente de barrido a diferentes condiciones de carga y velocidad, este proyecto es un primer paso para el cálculo de los anteriores parámetros y posteriormente otros parámetros de operación como la potencia y el par producido por el motor, bajo diferentes condiciones de operación y carga.

Este proyecto nació de la importancia para la región y el país del desarrollo científico y tecnológico en el sector agropecuario e industrial, la falta de infraestructura apropiada para medir y calibrar los diferentes motores de baja

potencia que son los que se utilizan diariamente en nuestra región; es una necesidad que permitirá la medición del consumo de aire de admisión y el consumo de combustible, de acuerdo a la normatividad nacional e internacional en el centro CIM2T del Parque Tecnológico de Guatiguará (PTG). Además, es necesario el diseño de sistema de suministro de gas natural, lubricación y de enfriamiento por agua del dinamómetro, y el diseño de los diferentes circuitos y elementos utilizados en el acondicionamiento y adquisición de los datos suministrados por los sensores.

1 .FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

¿Actualmente existe en la región y el país un laboratorio de pruebas, ensayos e investigación de motores de combustión interna de 2 tiempos de baja potencia?

En el medio local existen gran cantidad de equipos y máquinas de baja capacidad, MCI, los cuales poseen tecnología foránea, fabricados en otros países, que son desarrollados a través de centros de investigación y laboratorios certificados por normas internacionales que conllevan a la construcción de estos equipos con mayor desempeño y funcionalidad. En la actualidad, se comercia gran cantidad de equipos con estas especificaciones como son: sierras, pica-pasto, motocicletas, etc. Existen industrias propias en la región y el país que no reflejan un alto grado de desarrollo, e innovación del sector agroindustrial. Se hace necesario, el estudio y la investigación mediante pruebas certificadas que puedan reflejar un desarrollo local de investigación y desarrollo de motores de 2 tiempos de baja potencia el cual pueda ser construido a mediano plazo con tecnología local y óptimo funcionamiento en el ambiente de trópico el cual predomina en el país. El estudio del consumo de las variables de medición del motor implica el análisis de aire, combustible, análisis de gases de escape, el suministro de agua y lubricante. Así mismo se requiere para la celda de ensayos los equipos de medición y adquisición de datos el montaje de obras civiles de lo cual se desprenden análisis de consumo; equipos de medición, calibración, obras civiles, etc. El diseño de la celda de ensayos del CIM2T debe contar con este tipo de infraestructura y equipos para un óptimo funcionamiento para que esté disponible a la comunidad académica y empresarial de la región y del país.

El desarrollo del país, exige al sector educativo la implementación de nuevas aplicaciones de desarrollo que se acoplen a las necesidades de los sectores productivos de la región y el país mediante la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. El “CIM2T” constituye una gran opción para el avance de la región y del país.

En la Figura 1. Se observa el estado del Laboratorio de Motores de Combustión Interna de la escuela de ingeniería Mecánica UIS.

Figura 1. Laboratorio de motores UIS.



En la Figura 2. Se muestra las instalaciones del laboratorio de pruebas de motores y combustibles del Instituto colombiano del petróleo ICP ubicados en la ciudad de Piedecuesta.

Figura 2. Laboratorio de motores ICP.



Los laboratorios mencionados anteriormente no cumplen con las exigencias, requisitos y normatividad vigentes para realizar con calidad, investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector productivo del país.

1.2. JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.

Con el desarrollo de este proyecto se desea diseñar y seleccionar, los sistemas de suministro y medición para una celda de pruebas y ensayos de motores para el centro (CIM2T), con el propósito de suplir la necesidad de avanzar e innovar para la búsqueda de nuevas soluciones de optimización en este tipo de motores, debido a que un sector muy importante para el desarrollo del país es el agroindustrial y gran cantidad de maquinaria funciona con este tipo de motores. Así mismo, la celda quedara para uso de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en el Parque Tecnológico Guatiguará como parte de una infraestructura moderna para los estudiantes y servirá de ayuda a múltiples investigaciones, visiones y caminos a nuevos proyectos importantes para el desarrollo de la región, sabiendo que en el país no se cuenta con laboratorios de este tipo y otros tienen solamente una orientación didáctica. Los laboratorios del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) y la Universidad de Antioquia, aunque existen, y en teoría están disponibles son de difícil disponibilidad.

En la Figura 3. Se muestra el sitio asignado para el centro CIM2T en el parque tecnológico Guatiguará.

Figura 3. Parque tecnológico Guatiguará.



1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.

✓ **Objetivo general.**

- Colaborar con la Universidad Industrial de Santander en el cumplimiento de su misión consistente en formar personas de alta calidad profesional, en la generación y adecuación de conocimientos, en el diseño del sistema de medición aire/combustible, emisiones, suministro de agua y lubricante para el laboratorio de pruebas y ensayos de motores de combustión interna de 2 tiempos (CIM2T) en el parque tecnológico Guatiguará.

✓ **Objetivos específicos.**

- Diseño y selección de las facilidades de servicio de los diferentes sistemas utilizados para la medición de: flujo de aire, consumo de combustible, niveles de emisiones, suministro de agua y lubricante, consumo de gas GNV; para el laboratorio de pruebas y ensayos de motores combustión interna (CIM2T) en el parque tecnológico Guatiguará en el rango de potencia de 5 KW, 15 KW y 30 KW para lo cual se realizara:
 - Sistema para la medición del aire de admisión para lo que se tendrá en cuenta:
 - Determinación de flujo másico de aire.

- Diseño y distribución de ductos, tuberías, accesorios (uniones, codos, válvulas, etc.)
- Selección de los equipos de medición del consumo de aire (medidor flujo de Aire de combustión MAF, sensores de temperatura, filtros, tanque de amortiguamiento de pulsos).
- Sistema de suministro de combustible según las especificaciones de las normas SAE J312 (ISO 7647) y SAE J1489 para lo cual se tendrá en cuenta:
 - Determinación del gasto másico de combustible.
 - Diseño del tanque de almacenamiento.
 - Selección del tanque de almacenamientos para combustibles líquidos.
 - Selección de la válvula reguladora.
 - Selección de los equipos de medición de flujo másico de combustible (medidor de consumo másico, filtros, válvula reguladora).
 - Selección del medidor de combustible horario.
 - Selección de sistemas e instrumentos de medición.
 - Selección del sistema de control de temperatura.
- Sistemas de medición para las emisiones para lo que se tendrá en cuenta:
 - Determinación de los Niveles de Emisiones CO, CO₂, NO_x, O₂, en los motores según la EPA (Environmental Protection Ambiental).
 - Selección de los equipos de medición para los diferentes niveles de emisiones (Sensores de temperatura, analizador de gases).
- Sistema de suministro de agua, se tendrá en cuenta:
 - Determinación de gasto másico para el funcionamiento del dinamómetro Magtrol WB/PB 115 series Eddy-Current de 5-30 KW.
 - Selección del sistema de enfriamiento de agua.
 - Diseño del tanque de almacenamiento.

- Selección de la bomba de suministro.
- Diseño y distribución de tuberías, accesorios (uniones, codos, válvulas, etc.)
- Selección de la válvula reguladora.
- Diseño del sistema de control de temperatura.

- Sistema de suministro de lubricante, según la norma técnica colombiana NTC 2218 para lo que se realizara:
 - Determinación de flujo másico de lubricante.
 - Selección del recipiente de almacenamiento.
 - Diseño del sistema de control de temperatura.
 - Diseño y distribución de tuberías y demás accesorios (uniones, codos, válvulas, etc.)

- Sistema de suministro de gas natural para acceder a la red de acuerdo a las normas NTC 2505, NTC 1746 y NTC 3838, se realizara:
 - Diseño de la línea de suministro de gas
 - Determinación de la regulación de la presión según la norma.
 - Selección del Medidor de gas.
 - Diseño de tuberías y accesorios.

- Sistema de seguridad bajo la norma NTC 1868.
 - Sistema contra incendios.
 - Sistema de almacenamiento y manipulación de combustibles.

- Sistema de medición y adquisición de datos:
 - Selección del hardware (acondicionador de señal, tarjetas de adquisición, etc.)
 - Selección de software (labView, national instruments).

- Desarrollo de una aplicación informática en software EXCEL Microsoft para poder determinar:
 - Análisis técnico – económico, para la instalación montaje del laboratorio de pruebas (CIM2T) de Guatiguará.
 - Costos de medidores.
 - Fórmulas de cálculo para los requerimientos de los diferentes motores.

- Elaboración de toda la documentación necesaria para la instalación y montaje en el laboratorio de pruebas (CIM2T) de Guatiguará:
 - Libro de memorias.
 - Planos de: distribución, hidráulico y eléctrico.
 - Diligenciar el formato de presentación de proyectos de la oficina de planeación de la Universidad Industrial de Santander.

- Elaboración de la documentación necesaria para la solicitud de acreditación según lo estipulado en la (ONAC).

2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

2.1. FUNDAMENTOS

Los MCI (Motores de Combustión Interna Alternativos) son aquellos motores térmicos en los que las variaciones del estado térmico se producen en el propio fluido del motor generando un trabajo global positivo. Este trabajo se transmite mediante el desplazamiento lineal de un émbolo, transformándolo en un movimiento rotativo, que arrastra a su vez a un cigüeñal, mediante el mecanismo manivela-biela. De esta manera, se consigue transformar mediante un proceso de combustión la energía química almacenada en un combustible en energía mecánica, base de todo motor térmico.

El desempeño de este tipo de motores se define con mayor precisión mediante:

- La máxima potencia o el máximo par disponible a cada velocidad dentro del rango de operación del motor.
- El rango de velocidad y de potencia en el cual la operación del motor es satisfactoria.
- La determinación del consumo específico de combustible (sfc) necesario para evaluar el rendimiento térmico y económico del motor.

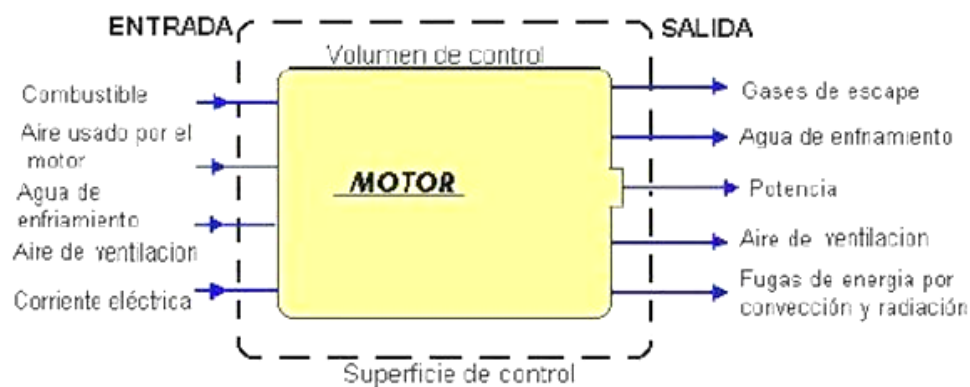
2.1.1. Parámetros De Funcionamiento. Normalmente cuando se habla de MCI se definen la velocidad de rotación del cigüeñal, el par y la potencia que es capaz de alcanzar; estos tres parámetros proporcionan una idea razonable sobre las características de operación del motor; no obstante la información es mucho más precisa, si son medidas las cantidades de aire y el consumo de combustible

mediante la relación A/F que es necesario para las diferentes condiciones de operación del motor.

Conocidos estos dos últimos valores se puede determinar otros parámetros de funcionamiento del motor como la eficiencia de soplado, el consumo específico de combustible, la presión media efectiva al freno (PMEF), la eficiencia térmica y las emisiones de gases contaminantes. A partir de estos factores se obtiene la información completa sobre las características totales de operación de un motor.

2.1.2. Celdas de ensayo de motores MCIA. Las celdas de ensayos de MCIA son lugares donde se prueban y analizan los diferentes parámetros de funcionamiento de los motores a través de un equipo especializado. Ellas son, principalmente, una superficie de control abierta; en la que una serie de fluidos entran, siendo transformados en otros que salen, siendo la suma de energías térmicas de todo el conjunto igual a cero, es decir, no es más que un balance energético entre los fluidos que intervienen, como se observan en la Figura 4:

Figura 4. Variables de entrada y salida en un motor.



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-engrase/engrase-motor-turbo.jpg>

Por otro lado, una vez que se define el tipo de motor y los ensayos a realizar, se puede seleccionar el dinamómetro adecuado para la instalación. Con ello se podrá diseñar la bancada, el espacio requerido por la sala, y conocer los sistemas de instrumentación, control, y regulación necesarios para un buen funcionamiento de la celda de ensayos.

2.1.3. Características de las salas o celdas de ensayos de MCIA. Las salas de ensayos de MCIA son un ambiente de trabajo peligroso debido a su diseño y al tipo de operación que se debe realizar, son calientes, ruidosas, con pisos resbaladizos y con un espacio de trabajo lleno de elementos mecánicos y eléctricos que pueden producir accidentes a las personas; la atenuación de ruido entre el área de control y la sala debe ser suficiente para tener una buena audición de los posibles fallos de instalación.

En un banco de ensayos de MCIA se realizan esencialmente cuatro tipos de pruebas, las cuales por lo general buscan conocer el comportamiento de las variables más importantes del motor, como son el par y la potencia a diferentes velocidades de rotación, estas pruebas se realizan de acuerdo a la norma SAE J1349 (ISO 1585) la cual especifica una base para la medición de potencia de MCIA de cuatro tiempos, dos tiempos, diésel naturalmente aspirados o sobrealimentados, con y sin enfriamiento de aire. También, existen pruebas para medir el gasto de combustible y de aire del motor.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA CELDA DE PRUEBAS Y MEDICIONES.

La celda de pruebas y ensayos de motores de dos tiempos perteneciente al CIM2T está en el sótano S02 del Parque Tecnológico de Guatiguará (PTG), allí se instalará en su totalidad el banco de acuerdo a las recomendaciones de las

normas nacionales e internacionales que rigen cada uno de los suministros para el acondicionamiento de los diferentes motores a evaluar.

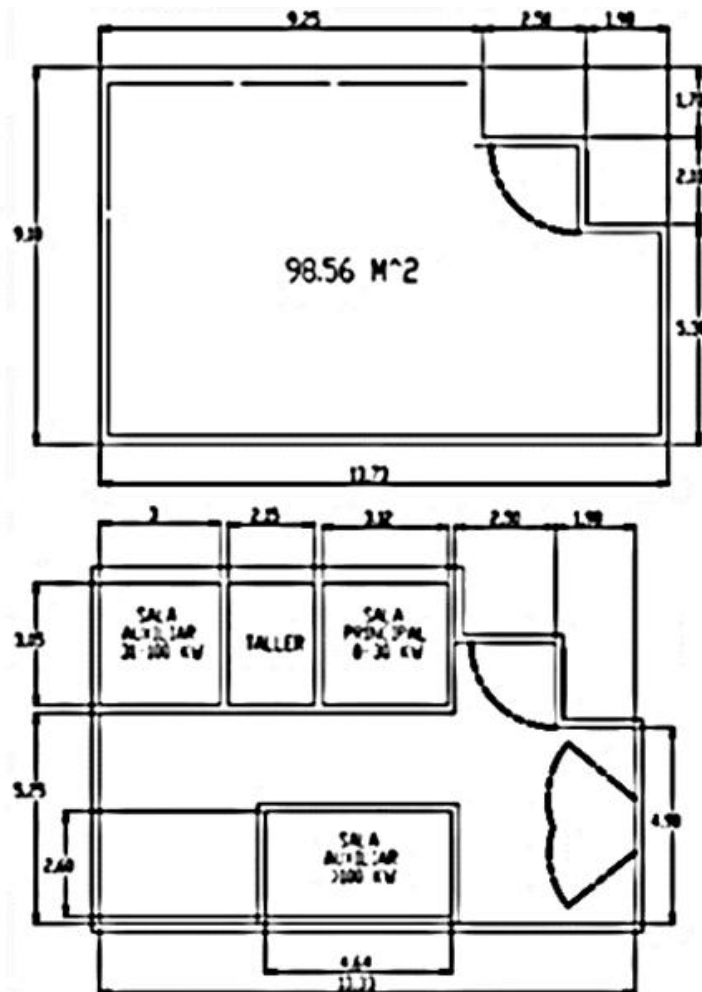
En la Figura 5. Se observa el estado y condiciones en las que se encuentra el salón suministrado por la universidad para el desarrollo del proyecto.

Figura 5. Sótano S02 sede Guatiguará.



En la Figura 6. Se da a conocer el plano de planta con sus diferentes medidas y distribución de cada una de las celdas dentro del salón, en la que se puede observar la celda de ensayos (1).

Figura 6. Vista en planta del laboratorio.



En las Figuras 7 y 8. Se encuentra las vistas del salón de pruebas y ensayos para MCI distribuidos de la siguiente manera: 1). Celda principal para motores de 0 a 30 KW, 2). Taller, 3). Sala auxiliar para motores de 31 a 100 KW, 4). Sala de estudio, 5). Sala auxiliar para motores mayores de 100 KW, 6). Sala de Juntas.

Figura 7. Vista de planta en 3D.

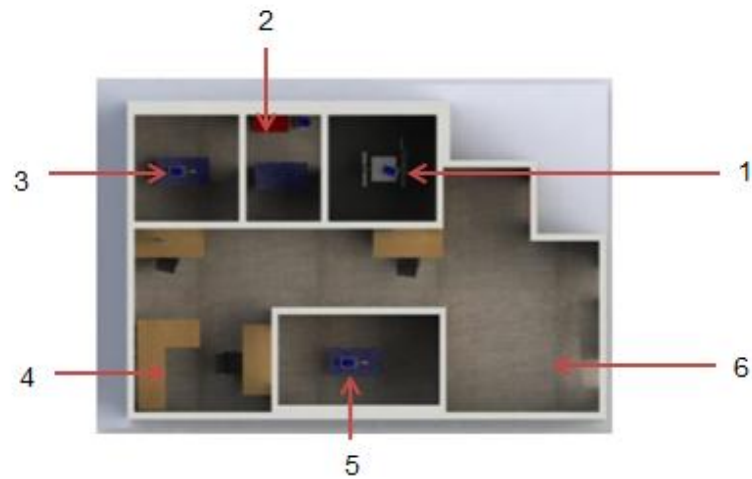
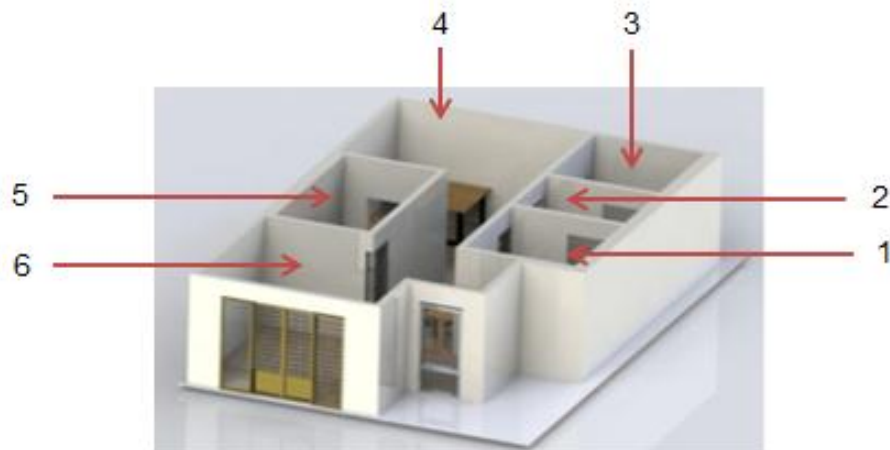
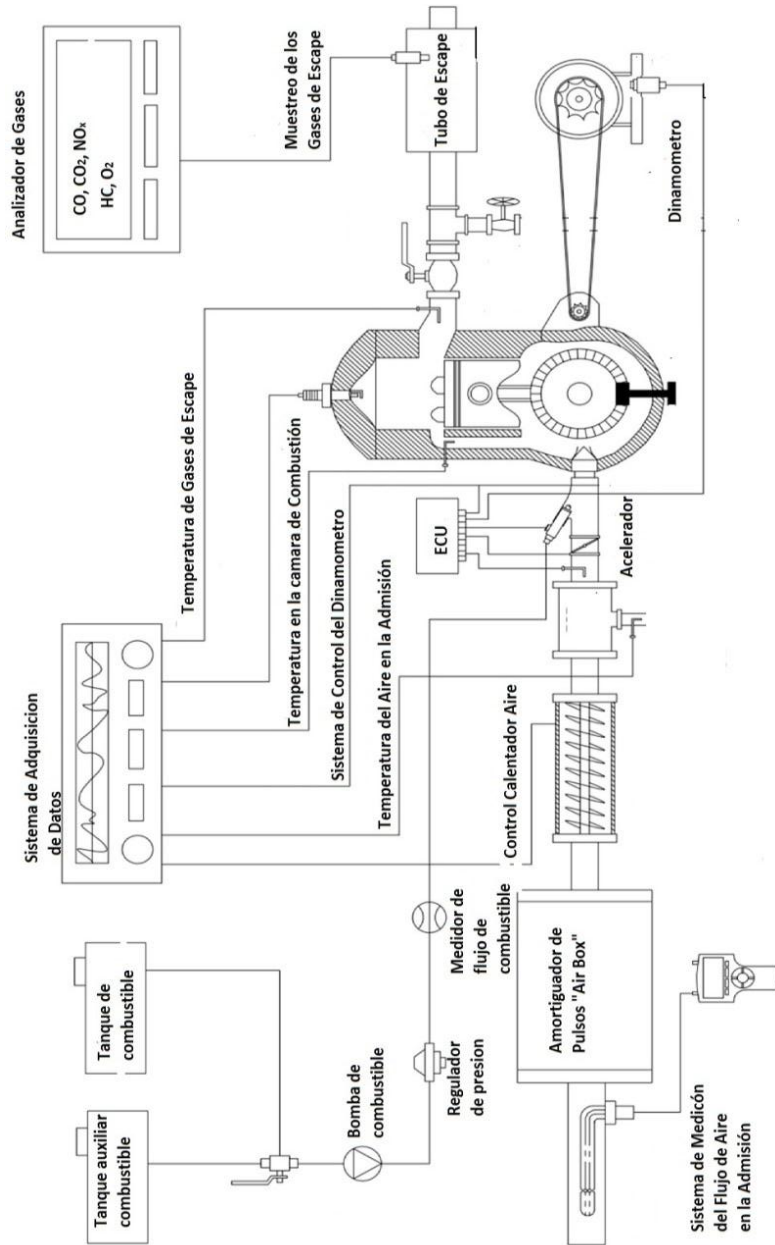


Figura 8. Distribución de planta en 3D.



En la Figura 9 se encuentra el esquema general propuesto para el CIM2T para el PTG en él se encuentra especificado cada uno de los sistemas de suministro y medición para la celda de ensayos.

Figura 9. Esquema general de la celda de pruebas y ensayos.



Fuente: ELSEVIER, Azhar Abdul Aziz, Mohd Farid Muhamad Said, Zulkarnain Abdul Latiff [12].

3. SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DEL FLUJO MÁSIICO DE AIRE DE ADMISIÓN
 La influencia de las condiciones del aire para la admisión del motor (presión, temperatura, humedad y composición) en el funcionamiento de los motores, es tal

que pequeñas variaciones en estos parámetros pueden tener un sustancial efecto en su rendimiento. En un motor bajo prueba el aire deberá ser suministrado a condiciones estándar (presión atmosférica = 1 bar; temperatura = 25 ° C; humedad relativa = 30%, según las según la norma ISO 1585). En la práctica, se debe alcanzar un equilibrio entre las ventajas de tal estandarización y el costo de alcanzarla. Para rutinas de evaluación de producción, las variaciones en la condición del suministro de aire no son particularmente importantes, pero el rendimiento registrado en el documento de prueba deberá ser corregido a las condiciones estándar. Sin embargo, para pruebas de investigación y desarrollo, es necesario que el aire para la admisión sea suministrado a condiciones constantes y controlables.

Los sistemas de medición del consumo de aire en los cuales se controla la temperatura y la humedad, son en general costosos, su valor se incrementa con el rango de condiciones a cubrir y con el grado de precisión requerida. Además, también requieren de una considerable cantidad de energía para funcionar, particularmente cuando es necesario reducir la humedad del aire atmosférico por enfriamiento y condensación.

Debido a la naturaleza de topografía variable de nuestro país y a la zona situada en el trópico, se hace necesario el estudio de las variables de estos parámetros por medio de la investigación del funcionamiento de los motores a distintas condiciones de altitud sobre el nivel del mar y las distintas condiciones climáticas presentadas.

2.3. DETERMINACIÓN DE FLUJO MÁSSICO DE AIRE.

Para la determinación de las características de funcionamiento de los motores de dos tiempos de baja potencia es necesario determinar los siguientes parámetros

de funcionamiento. A continuación se describen las ecuaciones a utilizar para determinar el gasto másico de aire y los parámetros de desempeño de los motores a medir, que están en el rango de 5-30 kW.

Para determinar las curvas de potencia al freno y consumo específico de combustible, versus velocidad de rotación se emplean las relaciones propuestas por B.E Zhelesko [2]:

- Potencia al freno P_e :

$$P_e = P_{max} * \frac{N}{N_p} * \left[1 + \frac{N}{N_p} - \left(\frac{N}{N_p} \right)^2 \right] \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

P_e – potencia efectiva en (kW)

P_{max} – potencia máxima del motor en (kW)

N – velocidad de rotación a las cuales se determina P_e en (rpm)

N_p – número de velocidad de rotación a la máxima potencia P_{max} en (rpm)

- Flujo específico de combustible b_e :

$$b_e = b_{e\ max} \left[1,2 - \left(\frac{N}{N_p} \right) + 0,8 \left(\frac{N}{N_p} \right)^2 \right] \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

b_e – consumo específico de combustible en (g/kW-h)

$b_{e\ max}$ – consumo específico de combustible a la potencia máxima en (g/kW-h)

Además de las relaciones conocidas para determinar el flujo másico de combustible, el flujo másico de aire y el factor de relación aire-combustible tomadas de Heywood [8].

- Flujo másico de combustible \dot{m}_f :

$$\dot{m}_f = \frac{b_e * P_e}{1000} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

\dot{m}_f – flujo másico de combustible en (kg/h)

- Factor de la relacion aire-combustible A/F:

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad \text{Ecuacion 4.}$$

Donde:

A/F – factor de la relación aire-combustible adimensional.

\dot{m}_a – flujo de aire en la admisión del motor en (kg/h)

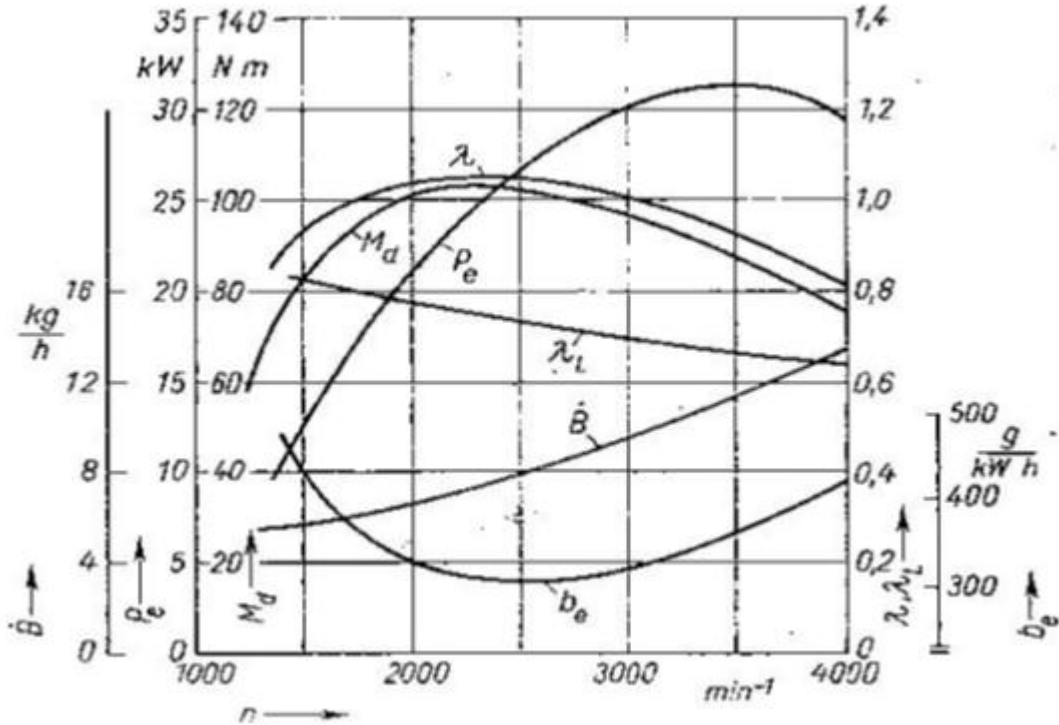
La referencia del rango de valores para la relación aire-combustible son tomados de The Basic Design of Two-Stroke Engines, Gordon P. Blair [13] en donde:

- ❖ A/F = 9 Cuando el flujo de combustible es elevado y el flujo de aire es bajo.
- ❖ A/F = 14 Cuando el consumo específico de combustible es mínimo, la mezcla tiende a ser ideal.
- ❖ A/F = 13 Cuando la potencia es máxima.
- ❖ A/F = 18 Para mezcla pobre o límite de fallo por encendido.

En el capítulo 6 se analiza la relación aire-combustible en el análisis de los gases de combustión, cuando es ideal o estequiometrica y el valor es de 14,7 propuesto por Heywood [8].

Para la determinación y comparación de los parametros de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 se toma como referencia la gráfica 10, ésta trata del comportamiento de un motor de gasolina a flujo de combustible constante; donde se observa la potencia efectiva P_e , el consumo específico de combustible b_e , el flujo másico de combustible $\dot{B} = \dot{m}_f$, y otros parametros todos ellos tabulados a partir de la velocidad de rotación n en min^{-1} o rpm.

Figura 10. Comportamiento en marcha de un motor OTTO a flujo de combustible constante.



Fuente: Motores de combustión interna, Jens Jensen, Pag. 29 [4].

En la obtención de los valores de flujo másico de aire para la celda CIM2T se utilizan las ecuaciones antes descritas y se proceden a calcular, para la determinación de los parámetros necesarios del flujo de aire, se tomaron referencias de motores usados comúnmente en la industria, de los cuales se escogen tres, en el rango de potencia a utilizar de 5-30 kW en la celda.

1. Cortador de concreto Dolmar.

En la Figura 11 se observa una cortadora de concreto de la marca Dolmar el cual posee un motor de 2 tiempos.

Figura 11. Cortador de concreto Dolmar PC-8216



Fuente: www.dolmarpowerproducts.com/productcatalog/power_cutters/pc-8216/index.html

En la Tabla 1 se observan las principales especificaciones:

Tabla 1. Especificaciones técnicas Dolmar PC 8216.

Desplazamiento	83 cm³
Diámetro x carrera	38 mm
Máxima potencia/Rev. Nominal	5 / 9150 kW/rpm
Consumo específico de combustible	450 g/kW-h

Datos para los cálculos del motor Dolmar, también se hará el mismo procedimiento con los motores de 15 y 29,4 kW:

$$b_{e\ max} = 450(\text{g/kW} - \text{h})$$

$$P_{max} = 5 \text{ (kW)}$$

$$N_p = 9150 \text{ (rpm)}$$

A partir de los datos y las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 obtenemos los resultados de la Tabla 2 tomando la recomendación del rango de aire-combustible A/F de Blair [13] y la variación de velocidad de rotación desde 500 a 9150 rpm.

Tabla 2. Relación de los diferentes parámetros para Dolmar PC-8216.

be (kg/kW-h)	N (rpm)	\dot{m}_f (kg/h)	Pe (kW)	A/F	\dot{m}_a (kg/h)
516,5	500	0,1484	0,2873	9	1,336
503,5	798,3	0,2371	0,471	9,41	2,231
491,2	1097	0,3254	0,6624	9,82	3,195
479,8	1395	0,4129	0,8607	10,23	4,224
469,1	1693	0,4994	1,065	10,64	5,314
459,1	1991	0,5847	1,273	11,05	6,461
449,9	2290	0,6686	1,486	11,46	7,662
441,5	2588	0,751	1,701	11,87	8,915
433,9	2886	0,8321	1,918	12,28	10,22
427	3184	0,9116	2,135	12,69	11,57
420,9	3483	0,9898	2,352	13,1	12,97
415,5	3781	1,067	2,567	13,51	14,41
410,9	4079	1,142	2,78	14	15,99
407,1	4378	1,217	2,989	14	17,04
404,1	4676	1,29	3,194	13,97	18,03
401,8	4974	1,363	3,392	13,94	19
400,2	5272	1,435	3,585	13,91	19,96
399,5	5571	1,506	3,769	13,88	20,9
399,5	5869	1,576	3,945	13,85	21,82
400,2	6167	1,645	4,111	13,82	22,74
401,8	6466	1,714	4,266	13,79	23,63
404,1	6764	1,781	4,409	13,75	24,49
407,1	7062	1,848	4,539	13,7	25,32
411	7360	1,913	4,655	13,65	26,11
415,6	7659	1,976	4,756	13,6	26,88
420,9	7957	2,038	4,841	13,5	27,51
427	8255	2,096	4,909	13,4	28,09
433,9	8553	2,152	4,959	13,3	28,62
441,6	8852	2,203	4,99	13,15	28,97
450	9150	2,25	5	13	29,25

Con los resultados tabulados en la Tabla 2 se obtienen las Figuras 12, 13 y 14; de las curvas características del motor Dolmar comparándolas con la Figura 10 de referencia.

Figura 12. Gráfica de potencia vs velocidad de rotación del motor Dolmar PC-8216

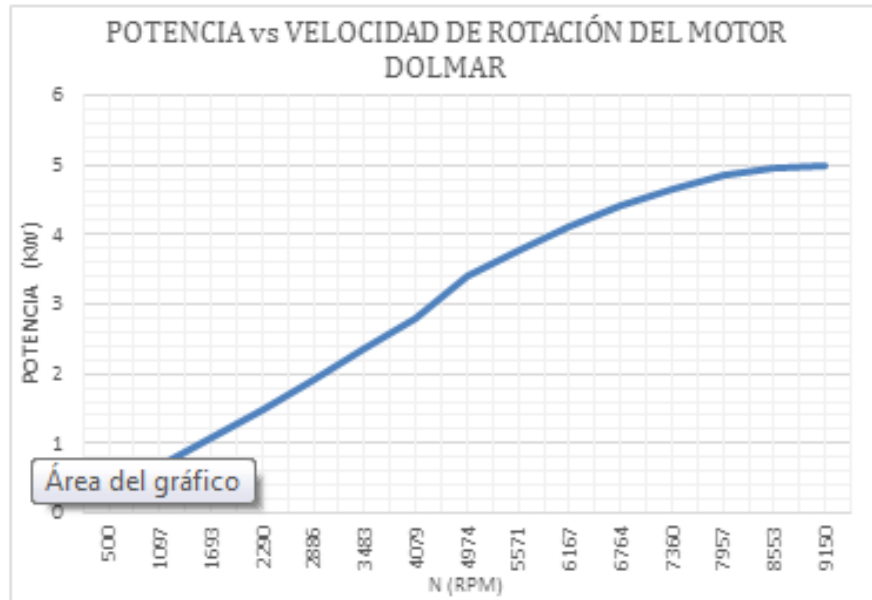


Figura 13. Gráfica del consumo específico de combustible vs velocidad de rotación para el motor DOLMAR

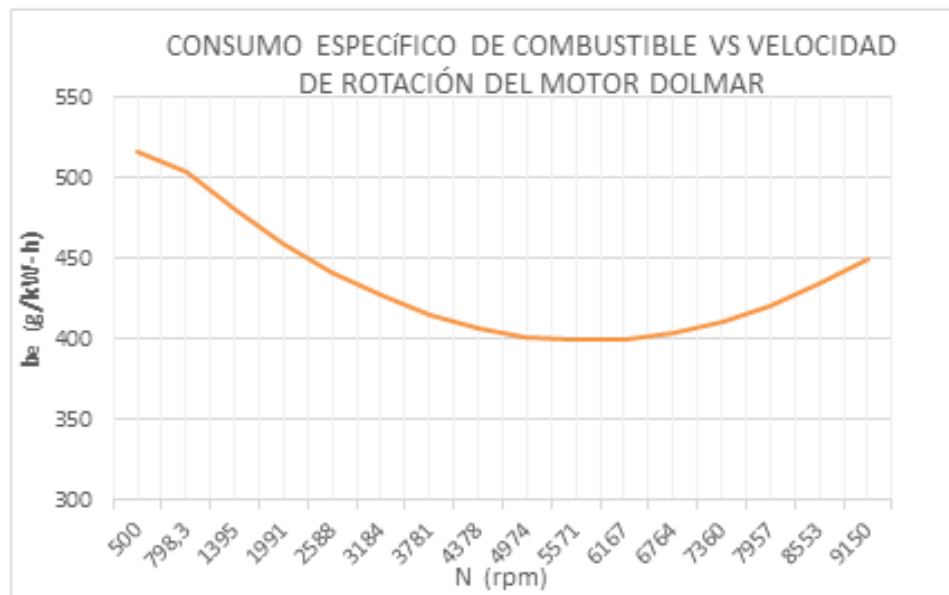
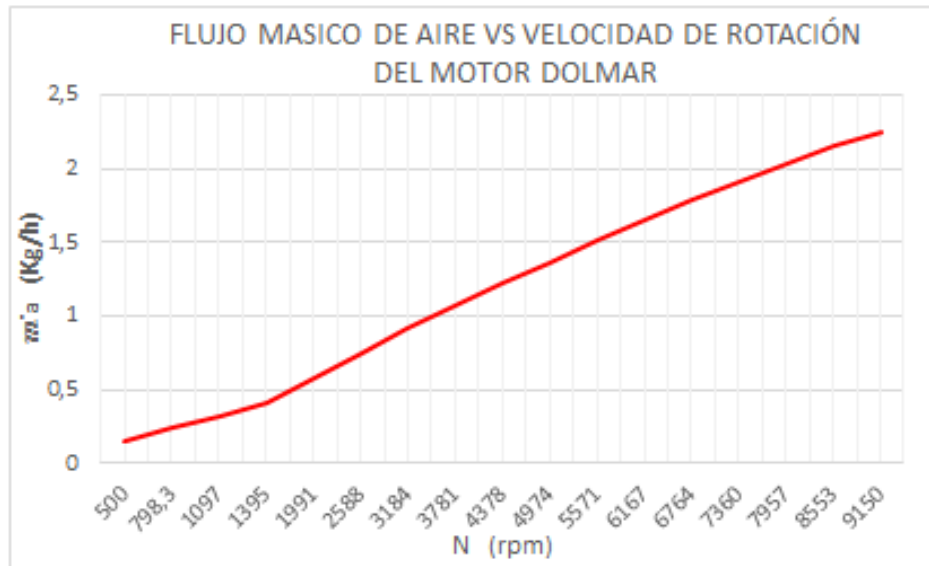


Figura 14. Gráfica flujo másico de aire vs velocidad de rotación para el motor DOLMAR



1. Motor fuera de borda Yamaha F20.

En la Figura 15 se observa el motor de bote Yamaha F20 de 15 kW de 2 tiempos.

Figura 15. Foto motor Yamaha F20.



Fuente: Especificaciones portátiles Yamaha fuera de borda F20.

En la Tabla 3 se observan las principales especificaciones del motor Yamaha F20:

Tabla 3. Especificaciones técnicas Yamaha F20.

Desplazamiento	362 cm³
Diámetro x carrera	63 x 58.1 mm
Potencia máxima	15 kW @ 5500 rpm
Consumo específico de combustible	350 g/kW-h

Realizando los cálculos de acuerdo a las ecuaciones 1, 2, 3 y 4; para determinar los parámetros del motor Yamaha F20 igual como se determinaron con el motor Dolmar, se obtiene la Tabla 4 donde se tabulan los resultados, tomando la variación de N de 500 a 5500 rpm.

Tabla 4. Relación de los diferentes valores calculados para el motor Yamaha F20.

be (kg/kW-h)	N (rpm)	\dot{m}_f (kg/h)	Pe (kW)	A/F	\dot{m}_a (kg/h)
390,5	500	0,5765	1,476	9	5,189
381,4	672,4	0,7745	2,031	9,41	7,288
372,8	844,8	0,9707	2,604	9,82	9,533
364,8	1017	1,165	3,193	10,23	11,92
357,4	1190	1,356	3,795	10,64	14,43
350,5	1362	1,545	4,407	11,05	17,07
344,1	1534	1,73	5,027	11,46	19,83
338,3	1707	1,912	5,652	11,87	22,7
333,1	1879	2,091	6,278	12,28	25,68
328,4	2052	2,267	6,904	12,69	28,77
324,3	2224	2,441	7,527	13,1	31,97
320,7	2397	2,611	8,143	13,51	35,28
317,6	2569	2,779	8,75	14	38,91
315,1	2741	2,945	9,346	14	41,23
313,2	2914	3,109	9,926	13,97	43,43
311,8	3086	3,27	10,49	13,94	45,59
310,9	3259	3,43	11,03	13,91	47,72
310,6	3431	3,589	11,55	13,88	49,81
310,9	3603	3,745	12,05	13,85	51,87
311,7	3776	3,9	12,51	13,82	53,9

be (kg/kW-h)	N (rpm)	\dot{m}_f (kg/h)	Pe (kW)	A/F	\dot{m}_a (kg/h)
313	3948	4,054	12,95	13,79	55,9
314,9	4121	4,204	13,35	13,75	57,81
317,4	4293	4,353	13,71	13,7	59,63
320,4	4466	4,498	14,04	13,65	61,4
324	4638	4,639	14,32	13,6	63,1
328,1	4810	4,776	14,56	13,5	64,48
332,7	4983	4,907	14,75	13,4	65,75
337,9	5155	5,03	14,89	13,3	66,9
343,7	5328	5,145	14,97	13,15	67,66
350	5500	5,25	15	13	68,25

Con los resultados tabulados en la Tabla 4 se obtienen las Figuras 16, 17 y 18 con las curvas características del motor Yamaha F20; comparándolas con la Figura 10 de referencia.

Figura 16. Gráfica de potencia vs velocidad de rotación del motor Yamaha F20.

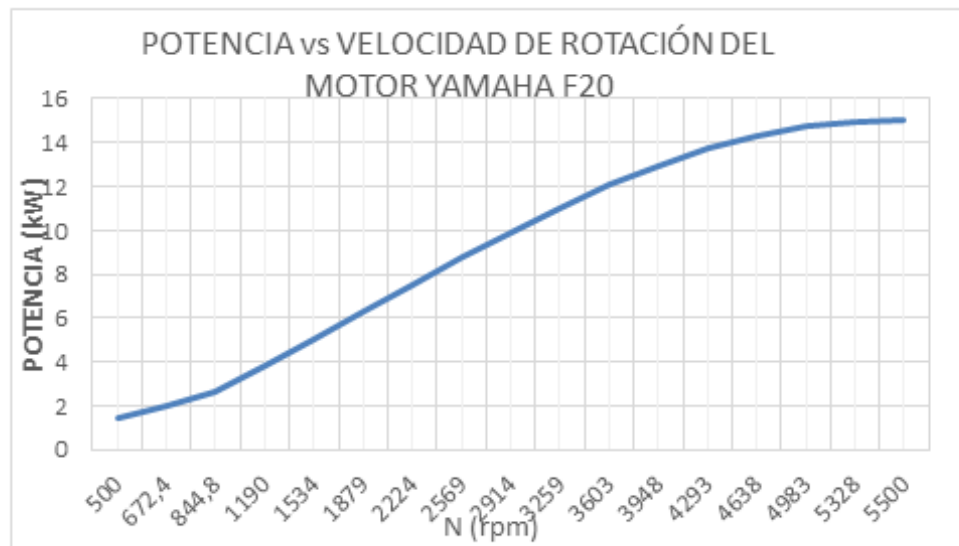


Figura 17. Gráfica del consumo específico de combustible vs velocidad de rotación para el motor Yamaha F20.

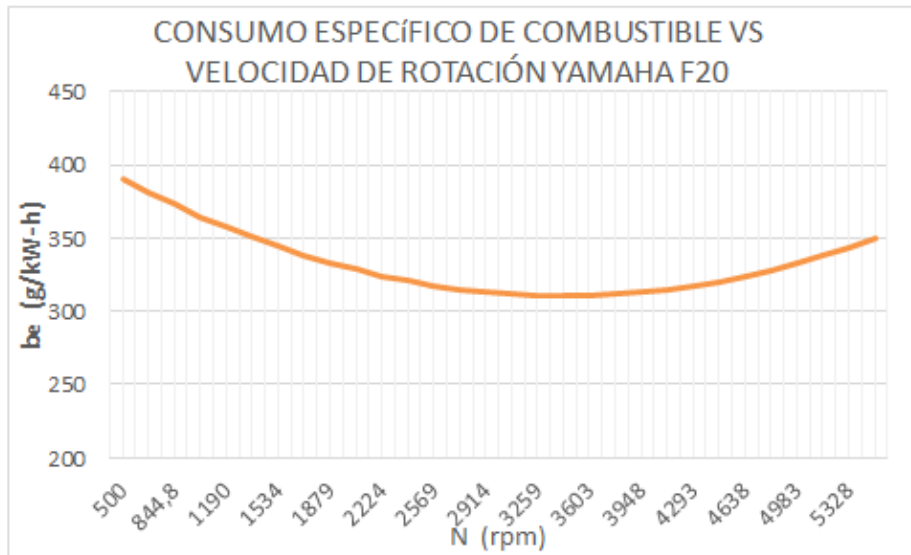
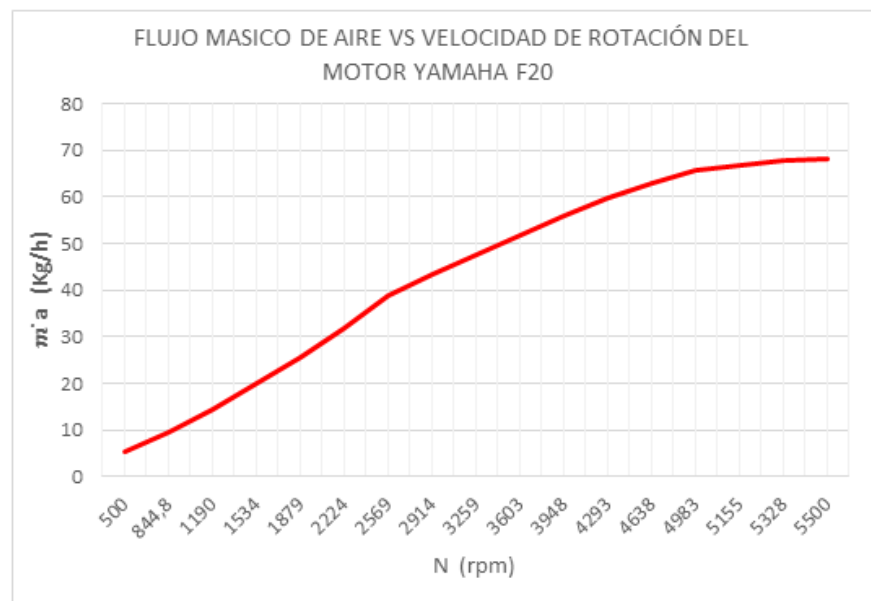


Figura 18. Gráfica flujo másico de aire vs velocidad de rotación para el motor Yamaha F20



1. Motor Suzuki DT 40 WS.

En la Figura 19 se observa un motor de bote Suzuki DT40 WS de 29,4 kW de 2 tiempos.

Figura 19. Motor Suzuki DT 40 WS.



Fuente: Motores embarcaciones Suzuki DT40 WS.

Tabla 5. Especificaciones técnicas Motor Suzuki DT 40 WS.

Desplazamiento	696 cm³
Diámetro x carrera	79 x 71 mm
Potencia máxima	29,4 kW @ 5500 rpm
Consumo específico de combustible	320 g/kW-h

Realizando los cálculos de acuerdo a las ecuaciones 1, 2, 3 y 4; para determinar los parámetros del motor Suzuki DT 40 WS al igual como se determinaron con el motor Dolmar, se obtiene la Tabla 6 donde se tabulan los resultados, tomando la variación de N de 500 a 5500 rpm.

Con los resultados tabulados en la Tabla 6 se obtienen las Figuras 20, 21 y 22 con las curvas características del motor Suzuki DT40 WS; comparándolas con la Figura 10 de referencia.

Tabla 6. Relación de los diferentes valores para suministro de aire para el motor Suzuki DT40 WS de 29,4 kW.

be (kg/kW-h)	N (rpm)	\dot{m}_f (kg/h)	Pe (kW)	A/F	\dot{m}_a (kg/h)
357	500	1,033	2,894	9	9,298
348,7	672,4	1,388	3,98	9,41	13,06
340,9	844,8	1,74	5,103	9,82	17,08
333,6	1017	2,087	6,257	10,23	21,35
326,8	1190	2,43	7,437	10,64	25,86
320,5	1362	2,768	8,637	11,05	30,59
314,6	1534	3,1	9,853	11,46	35,53
309,3	1707	3,427	11,08	11,87	40,67
304,5	1879	3,748	12,31	12,28	46,02
300,3	2052	4,063	13,53	12,69	51,56
296,5	2224	4,374	14,75	13,1	57,29
293,2	2397	4,679	15,96	13,51	63,21
290,4	2569	4,98	17,15	14	69,72
288,1	2741	5,277	18,32	14	73,88
286,3	2914	5,571	19,46	13,97	77,82
285	3086	5,86	20,56	13,94	81,69
284,3	3259	6,147	21,62	13,91	85,51
284	3431	6,431	22,64	13,88	89,26
284,2	3603	6,712	23,61	13,85	92,96
285	3776	6,99	24,53	13,82	96,6
286,2	3948	7,264	25,38	13,79	100,2
288	4121	7,534	26,17	13,75	103,6
290,2	4293	7,8	26,88	13,7	106,9
292,9	4466	8,06	27,52	13,65	110
296,2	4638	8,314	28,07	13,6	113,1
299,9	4810	8,559	28,53	13,5	115,5
304,2	4983	8,793	28,9	13,4	117,8
309	5155	9,015	29,18	13,3	119,9
314,2	5328	9,221	29,34	13,15	121,3
320	5500	9,408	29,4	13	122,3

Figura 20. Gráfica de potencia vs velocidad de rotación del motor Suzuki DT40 WS.

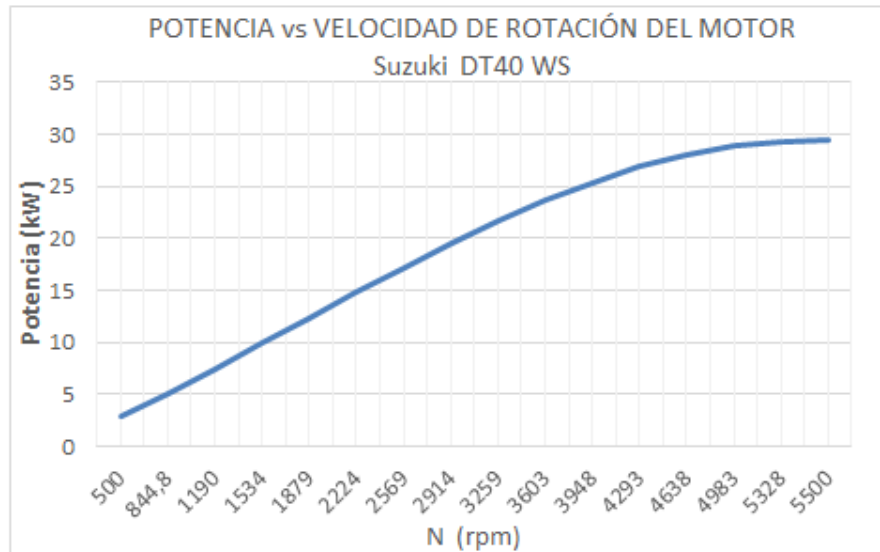


Figura 21. Gráfica del consumo específico de combustible vs velocidad de rotación para el motor Suzuki DT40 WS.

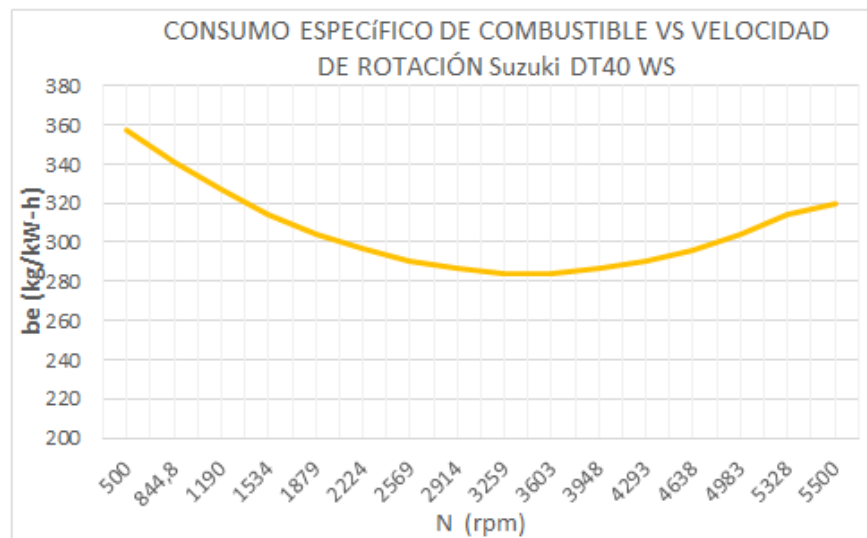
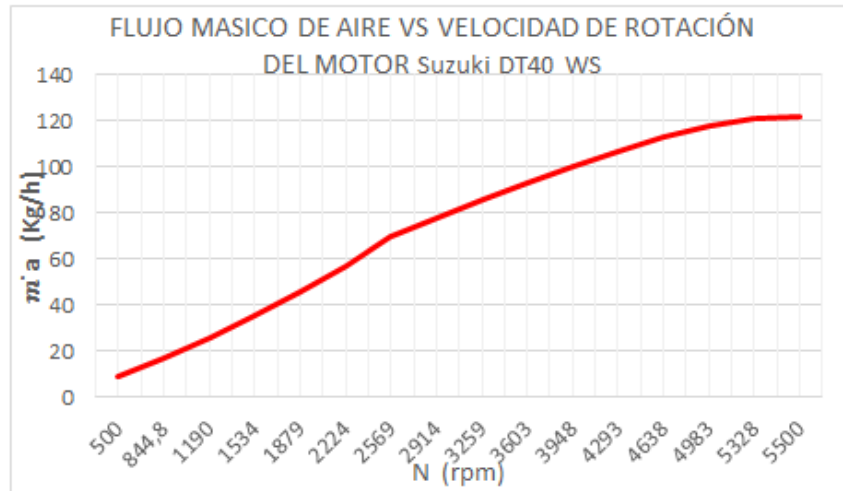


Figura 22. Gráfica flujo másico de aire vs velocidad de rotación para el motor Suzuki DT40 WS.



Según los datos de las gráficas y Tablas anteriores que se calcularon para diferentes potencias, los rangos mínimos y máximos del consumo de aire de se pueden resumir en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores máximos y mínimos para los diferentes motores.

Consumo Kg/h		
Motor	Mínimo	Máximo
Dolmar PC-8216	1,336	29,25
Yamaha F20	5,189	68,25
Suzuki DTS= WS	9,298	122,3

La determinación del flujo de aire en la construcción de las Tablas y gráficas anteriores, es la referencia para los motores en marcha plena; por lo cual es necesario seleccionar o diseñar un dispositivo, el cual posea la capacidad de medir flujo en el rango de consumo de aire, con una rápida respuesta y exactitud

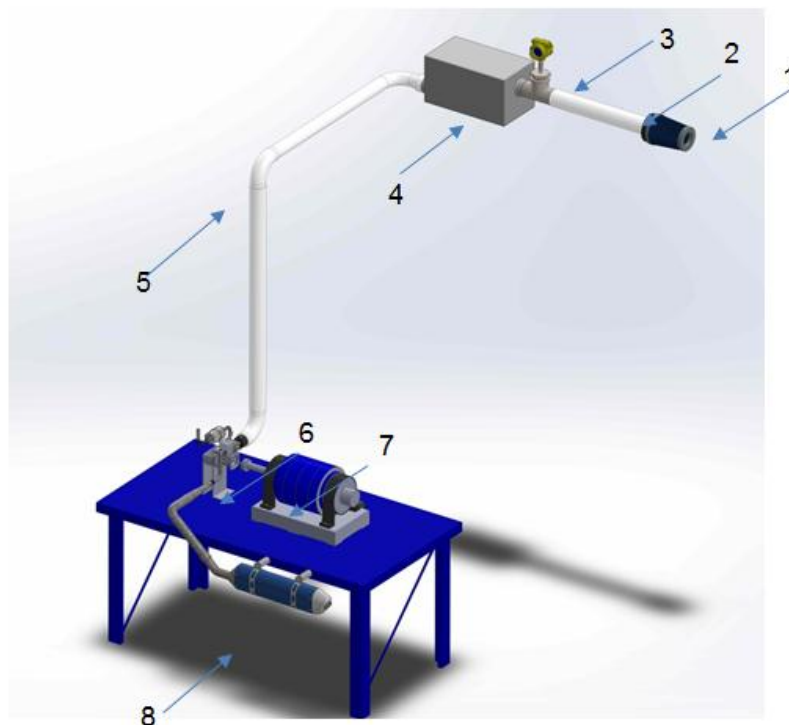
para la celda, en las pruebas de marcha en vacío por lo cual se varia la velocidad de rotación, se tienen en cuenta los valores de la Tabla 7.

Es de resaltar que las condiciones del aire a la entrada como lo son: temperatura, presión, humedad relativa, etc. son evaluados y tratados en otro proyecto asociado a este para el montaje de la celda en el CIM2T, el cual contempla el diseño del acondicionamiento del aire para la celda.

2.4. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE AIRE PARA LA CELDA.

Para la medición del consumo másico del aire al motor, es necesario realizar el diseño y la distribución de los ductos e instrumentos en la celda de ensayos.

Figura 23. Vista general propuesta del sistema de aire.



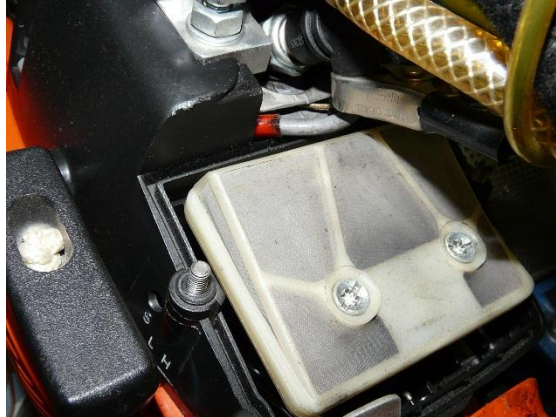
En la Figura 23 se muestra una vista general del sistema de suministro y medición del flujo de aire para el motor, propuesto para la celda de pruebas: 1) Filtro de aire. 2) Ducto de flujo de aire. 3) Medidor de flujo másico de aire. 4) Recipiente de amortiguación de pulsos. 5) Accesorio flexible. 6) Motor de potencia de 2 tiempos. 7) Dinamómetro. 8) Exosto.

El esquema del diseño propuesto, dado en la Figura 23 consta principalmente de: un filtro de aire que permite esté libre de partículas, las cuales pueden ocasionar algún daño en el motor, el medidor que es el encargado de registrar indirectamente la cantidad de flujo de aire que circula hacia el motor, un recipiente amortiguador de pulsos los cuales se producen debido a la naturaleza reciprocante de los motores, este permite el desarrollo del flujo de aire para que sea estable, otros los cuales no se enumeran el termopar que mide la temperatura a la cual se encuentra el aire en la admisión, un manómetro diferencial que mide la diferencia de presión y calcula el caudal. Se recomienda que debe existir una longitud mínima de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor que garantice la linealidad del flujo. A continuación se describen con mayor detalle cada uno de los elementos del sistema de medición del flujo del aire propuesto para la celda.

2.4.1. Filtro de aire. Inicialmente los motores a ensayar son motores de baja potencia como lo es el motor Dolmar PC 83 de 5 kW, estos contienen dentro de la estructura el filtro de aire incorporado, por ser motores de aspiración natural como lo muestra la Figura 24.

En la Figura 24 se muestra el filtro de aire típico utilizado en motores de baja potencia usados como lo son sierras, pica pasto, cortadoras de concreto, etc.

Figura 24. Filtro de aire motor Dolmar PC 8316.



Fuente: www.dolmar.com

El aire de suministro para la admisión debe ser limpio y seco, libre de impurezas las cuales suelen ser partículas diminutas imperceptibles al ojo humano en caso de la ausencia del filtro puede ocasionar daños en el buen funcionamiento del motor, elevando el consumo de combustible y elevando el nivel de contaminación de los gases producto de la combustión, para lo cual se hace necesario la selección de un filtro de aire acorde a los requerimientos del motor.

Para los ensayos de motores de más capacidad se hace necesario seleccionar el filtro, como se ve en la Figura 24 donde si es necesario, el cual estará dentro de la celda por las condiciones del aire, las cuales serán evaluadas y tratadas con el proyecto asociado mencionado anteriormente; para lo cual se anexa el catálogo que contiene las especificaciones básicas. Ver anexo C (catálogo de selección de filtro de aire).

2.4.2. Recipiente de amortiguación de pulsos del flujo de aire. El sistema de amortiguación de pulsos denominado “Air Box”, es usado para obtener un flujo continuo de aire de suministro al motor debido a la naturaleza recíproca de este tipo de máquinas y debido a que se pueden presentar variaciones en las mediciones de flujo de aire. El flujo se desarrolla y se acumula para obtener

mejores resultados. Para esto se calcula el volumen del amortiguador de pulsos de acuerdo a la norma SAE J244 JUN83 y la ecuación 5.

$$vol = \frac{KT*SW}{n*\sqrt{\frac{stroke}{Rev}}} \quad \text{Ecuación 5.}$$

En donde:

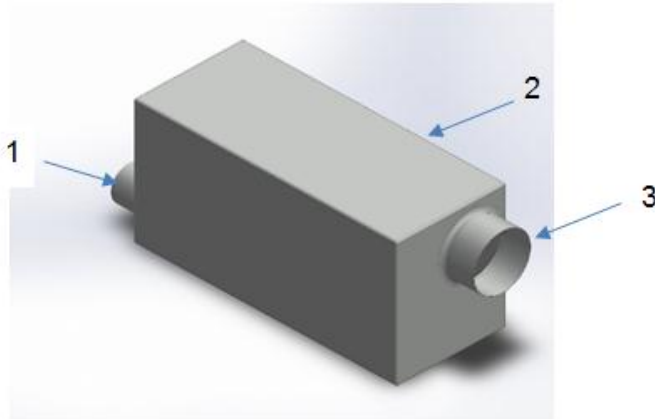
- SW- volumen de barrido en litros.
- N - velocidad más baja del motor alas cual se va a hacer las mediciones en rpm.
- Vol - volumen mínimo del amortiguador de pulsos en (m³).
- KT= 90 constante adimensional.
- Stroke - número de tiempos del ciclo 2 o 4.

Posteriormente de realizado los cálculos se requiere usar el recipiente de amortiguación de pulsos para los motores de 5 kW y 15 kW en uno solo, con un volumen de 0,02 m³ y para el motor de 29,4 kW será de mayor volumen. El material seleccionado es de acero inoxidable 304.

Otra alternativa de diseño es tomar el volumen de barrido del motor a ensayar y el Air Box sea 100 veces el volumen, según la recomendación de Jensen [4].

En la Figura 25 se muestra el recipiente de amortiguacion de pulsos “Air box” diseñado para el CIM2T según la norma SAE J244 JUN83. En donde se puede observar: 1) Salida hacia el motor de diametro 80 mm. 2) recipiente de amortiguacion de pulsos de forma rectangular. 3) Entrada de aire de 150 mm de diametro.

Figura 25. Recipiente de amortiguación de pulsos “Air Box”.



En el anexo se puede ver con más detalle los dimensiones y detalles del recipiente de amortiguación de pulsos. Ver anexo A (plano airbox).

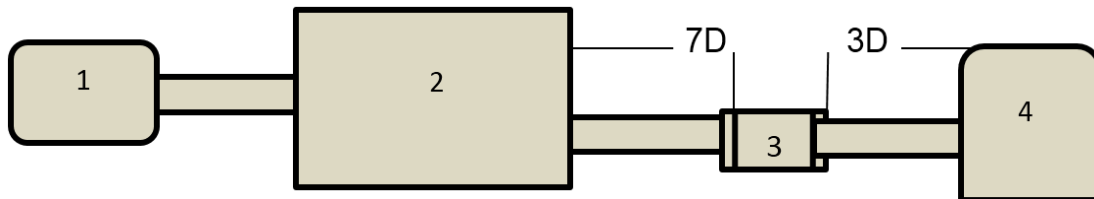
2.4.3. Distribución de ductos y accesorios. La distribución de los ductos del aire a la entrada del motor y el filtro de aire, se elaborarán de materiales livianos. Se enfatiza en usar accesorios y tubos de PVC que ofrecen la ventaja de limpieza y fácil montaje, además del bajo costo. La otra opción es la de utilizar tubos de acero inoxidable el cual provee limpieza, durabilidad y confiabilidad, pero a un alto costo.

Las longitudes de los ductos aguas arriba y aguas abajo de la toma de las mediciones, son teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma ISO 5167-2: Para un diámetro de 80 mm del ducto principal, la cual da aproximadamente 240 mm aguas arriba y 560 mm aguas abajo. Se debe garantizar que los accesorios próximos estén a una distancia de 7D aguas arriba y 3D aguas abajo del elemento de medición.

En la Figura 26 se observa un esquema general de las distancias recomendadas en la norma ISO 5167-2 para el desarrollo del flujo de aire en el sistema de medición y la correcta toma de datos sin perturbaciones. Obteniendo el resultado de aguas

arribas 540mm y aguas abajo 240mm. Para mayor detalle vease los planos en los anexos de la platina de orificio.

Figura 26. Esquema de la recomendación por la norma ISO 5167-2.



La adaptación a los diferentes tipos de motores se hace con tubo y acoples flexibles. Para garantizar mayor estabilidad durante en pruebas.

En la Figura 27 se observa el accesorio tipo codo flexible, el cual sirve de acople de los tubos al motor y permite que la distribución del sistema no sea rígida y pueda afectar las pruebas.

Figura 27. Accesorio codo flexible.



Fuente: unionacero.com.

2.4.4. Selección del Medidor de flujo másico de aire. A continuación se realizara la selección del medidor de flujo de aire, para la celda de ensayos del CIM2T, para motores de baja potencia de 5-30 kW teniendo en cuenta las recomendaciones de:

- PLINT Michael and MÁRTYR Anthony [1]. Engine Testeing. Werrendale, de la editorial de la SAE (Society of Automotive Engineers), la cual rige los estándares de construcción de automóviles y sus partes en la unidad 12 hace un recuento de los dispositivos que se recomiendan en la industria actual, de los cuales se toman como referencia el de: “hilo caliente” y el “método de Air Box” que serán analizados a continuación.
- La Norma ISO 5167-2 [11]: Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular-cross section conduits running full —Part 2: Orifice plates.

Para la celda de ensayo del CIM2T se determinó usar dos alternativas de medición de flujo de aire asociadas a las recomendaciones anteriores, se describen a continuación:

- Alternativa 1: Medidor de flujo másico con funcccioonamineto del principio de transmision de flujo por dispersion térmica.
- Alternativa 2: Medidor de platina de orificio según la norma ISO 5167-2 analiza la diferencia de presiones para determinar el flujo másico del aire.

Estas altenativas se analizaran a continuación:

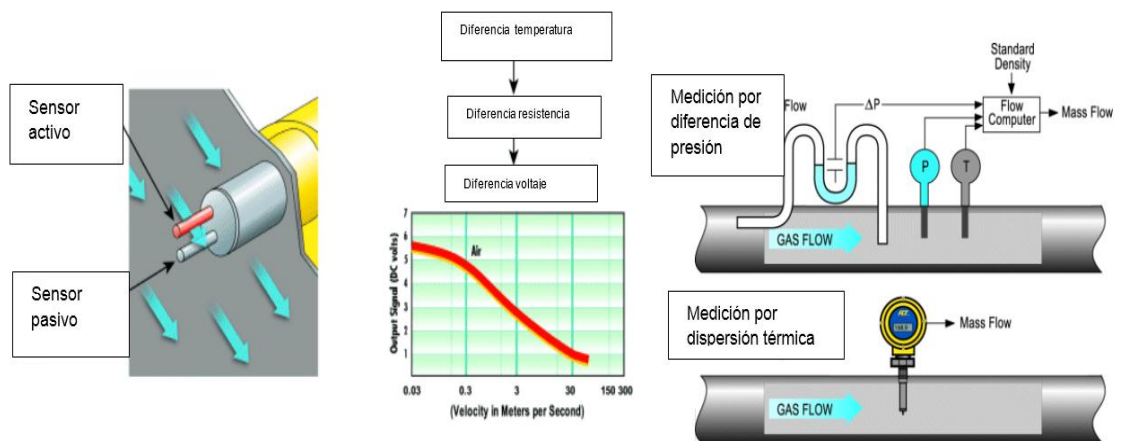
2.4.5. Alternativa 1: Medidor de flujo másico con funcionamiento del principio de transmision de flujo por dispersion térmica. Plint [1], recomienda un medidor de hilo caliente para la medición del flujo másico de aire en los motores, pero debido a la no consecución en el mercado por el rango de medida en la celda, se opta por estudiar la alternativa 1 que ofrece un rango aproximado de medición, a continuación se describe:

La dispersión térmica constituye una solución de medición de flujo de gas muy fácil de instalar y que prácticamente no requiere mantenimiento, lo cual le ahorrará

tiempo y dinero. No tiene piezas móviles y es inherentemente multivariable, pues mide tanto el flujo como la temperatura. Los estilos de inserción son ideales para aplicaciones con líneas de mayor tamaño, pues la longitud de la sonda y el número de sensores se incorporan de manera fácil y económica. La tecnología de dispersión térmica coloca dos sensores de temperatura RTD de platino protegidos con termopozo en la línea del proceso. Un RTD se activa mientras el otro detecta la temperatura real del proceso. Se mide la diferencia de temperatura entre ambos, la cual es directamente proporcional a la velocidad del flujo másico del fluido.

En la Figura 28 se observa el principio de dispersión térmica y el funcionamiento de el medidor de flujo másico de aire obteniendo la gráfica de velocidad del aire versus voltaje y también la comparación entre las mediciones por diferencia de presiones y la dispersión térmica.

Figura 28. Principio de funcionamiento del dispositivo de medición por dispersión térmica y la comparación con la medición por diferencia de presión.

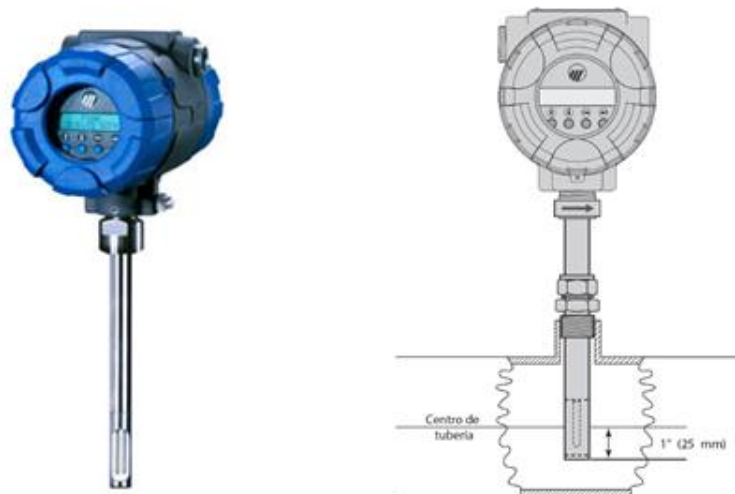


Fuente: <http://www.processonline.com.au/articles/38653-Flowmeter>

2.4.5.1. Selección del medidor de flujo másico de aire del principio de dispersión térmica para la celda CIM2T. Para la selección se recomendó el medidor de tipo inserción Thermatel ® Modelo TA2 Magnetrol, el cual se ajusta al rango de medidas del flujo de aire en la admisión para los diferentes ensayos en el rango de 5-30 kW en la celda, con un nivel de incertidumbre bajo, y gran exactitud.

En la Figura 29 se observa el dispositivo de medición por dispersión térmica Thermatel ® Modelo TA2 magnetrol, y la forma de instalación por inserción.

Figura 29. Dispositivo de medición por dispersión térmica Thermatel ® Modelo TA2 magnetrol.

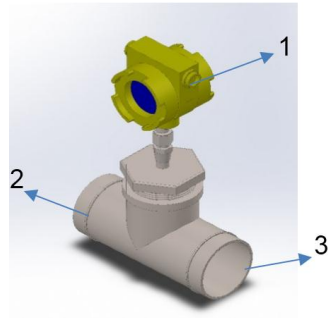


Fuente: www.magnetrol.com

Para el proceso de instalación se anexa catálogo, ver anexo C catálogos.

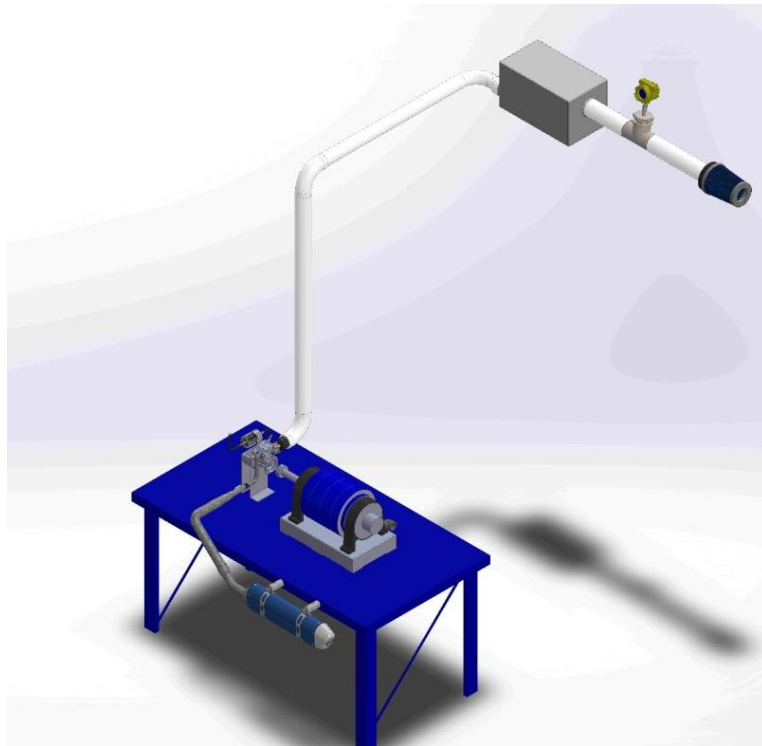
En la Figura 30 se observa el dispositivo de inserción Thermatel ® Modelo TA2 magnetrol. Dónde: 1) dispositivo de dispersión térmica. 2) salida hacia el motor. 3) entrada al dispositivo.

Figura 30. Esquema en el montaje del medidor por dispersión térmica.



En la Figura 31 se observa el montaje final con el dispositivo de medición de flujo de aire por dispersión térmica Thermatel ® Modelo TA2, para el sistema de medición de flujo másico de aire de la celda, en el anexo A se encuentra el plano en detalle.

Figura 31. Montaje final sistema de medición de aire con el dispositivo Thermatel ® Modelo TA2.

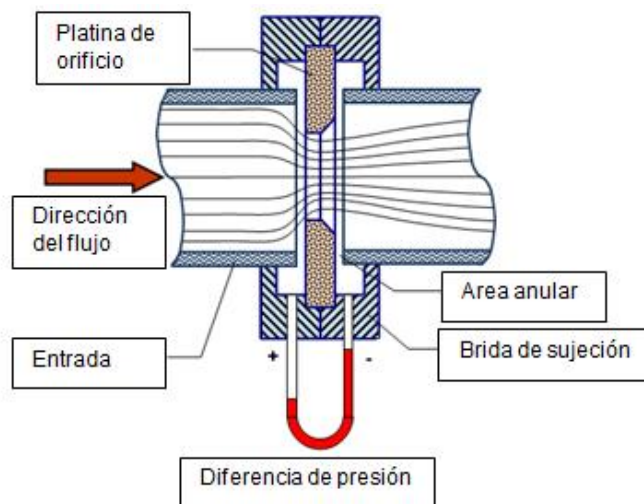


2.4.6. Alternativa 2: Medidor de platina de orificio según la norma ISO 5167-2 que analiza mediante la diferencia de presiones para determinar el flujo másico del aire. Para esta alternativa se hace una breve descripción del principio, a seguir:

Una placa de orificio es una placa delgada con un agujero en el centro. Por lo general, se coloca en un tubo en el que fluye el fluido. Cuando el fluido llega a la placa de orificio, es forzado a converger para ir a través del pequeño agujero; el punto de máxima convergencia en realidad se produce poco después del orificio, en el llamado punto de vena contracta. Al hacerlo, el fluido se expande produciendo el cambio de la velocidad y el cambio de presión, una vez más. Mediante la medición de la diferencia en la presión de fluido a través de la toma en la brida aguas arriba y aguas abajo de la placa, a partir de la ecuación 6 pueden obtenerse el volumen y los rangos de flujo de másico.

En la Figura 32 se observa el método de medición mediante platina de orificio y los elementos principales.

Figura 32. Esquema de la Platina de orificio según la norma ISO 5167-2.



Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Blende_eng.png

2.4.6.1. Medición del flujo de aire por el método de la platina de orificio según ISO 5167-2. En la medición del manómetro diferencial se tienen en cuenta la recomendación de los grifos de medición en la brida a una distancia de 25.4 mm colocado (1 pulgada) de aguas arriba y aguas abajo de la placa, normalmente dentro de la brida de la tubería. Para el diseño y la determinación de la placa se toman las recomendaciones de la norma ISO 5167-2:

En la determinación del flujo másico en la platina de orificio se emplea la ecuación 6.

$$\dot{m} = \varphi C_d * \frac{A}{\sqrt{1-\beta^4}} * \sqrt{2 * \Delta p * \rho} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Dónde:

\dot{m} – Flujo másico en (Kg/h).

φ – Factor de expansión de los gases asociados a la temperatura recomendados tomado de la norma ISO 5167-2 Anexo 12.

C_d – Coeficiente de descarga determinado por las Tablas en la norma ISO 5167-2.

A – Area de sección transversal del orificio en m^2 .

$\beta = \frac{D}{d}$ Relación del diámetro del orificio y la tubería.

$\Delta p = p_1 - p_2$ Diferencia de presiones a la entrada y salida tomada en la brida en kPa.

ρ – Densidad de fluido en Kg/m^3 .

EL método del Kastner explicado en Engine testing theory and practice [1] sugiere el siguiente cálculo basado en la norma ISO 5167-2, dando sugerencias de orificios para las platinas y ajustándose al flujo que se requiere, véase Tabla 8.

Tabla 8. Flujo aproximado para tamaños de orificio de 10 a 150 mm.

Table 12.3 *Approximate air flow rates for orifice sizes 10 to 150 mm*

Orifice dia. (mm)	Q (m ³ /s)	\dot{m} (kg/s)
10	0.002	0.002
20	0.008	0.009
50	0.048	0.057
100	0.19	0.23
150	0.43	0.51

Fuente: Engine testing theory and practice, Michael Plint-Anthony Martyr. Pag 193.

En la Tabla 8 se muestra que para un flujo de 0,002 kg/s el diámetro de orificio es de máximo 10 mm, que es el diámetro antes seleccionado.

El proceso de tabulación de los datos en la Tabla 9, se realiza mediante la variación de la velocidad de rotación N del motor y el flujo en la tubería con el desplazamiento o volumen de la cilindrada V_h del motor de más baja potencia en este caso el Dolmar PC 8216 ver Tabla 1.

$$Q = V_h * \frac{N}{60} \quad \text{Ecuación 7.}$$

De la ecuación 7 se obtiene el resultado de 0,002383 kg/s que comparado con la Tabla 8 resulta próximo al valor del diámetro de orificio de platina de 10 mm.

Se calculan los resultados de las ecuaciones 6 y 7 variando la velocidad de rotación N de 500 a 9150 rpm, determinando el valor Δp para los siguientes datos y registrados en la Tabla 9:

Datos:

$$C_d = 0,61$$

$$\varphi = 0,9303$$

$$\beta = 0,125$$

$$D = 0,08 \text{ m}$$

$$\rho = 1,293 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ densidad del aire.}$$

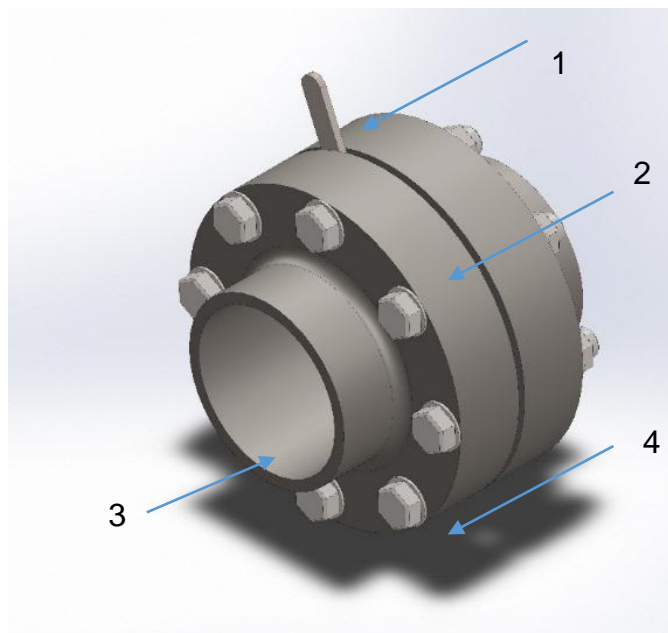
En la Tabla 9 se observan los valores para la platina de orificio de 10 mm de diámetro de agujero y 80 mm de diámetro externo.

Tabla 9. Resultados de prueba para la placa de orificio de la norma ISO 5167-2.

Δp (kPa)	N (rpm)	m (kg/h)
0,1553	500	3,212
0,3958	798,3	5,128
0,7469	1097	7,044
1,209	1395	8,961
1,781	1693	10,88
2,463	1991	12,79
3,257	2290	14,71
4,16	2588	16,63
5,175	2886	18,54
6,299	3184	20,46
7,535	3483	22,37
8,881	3781	24,29
10,34	4079	26,21
11,9	4378	28,12
13,58	4676	30,04
15,37	4974	31,95
17,27	5272	33,87
19,28	5571	35,79
21,4	5869	37,7
23,63	6167	39,62
25,97	6466	41,54
28,42	6764	43,45
30,98	7062	45,37
33,65	7360	47,28
36,44	7659	49,2
39,33	7957	51,12
42,33	8255	53,03
45,45	8553	54,95
48,67	8852	56,87
52,01	9150	58,78

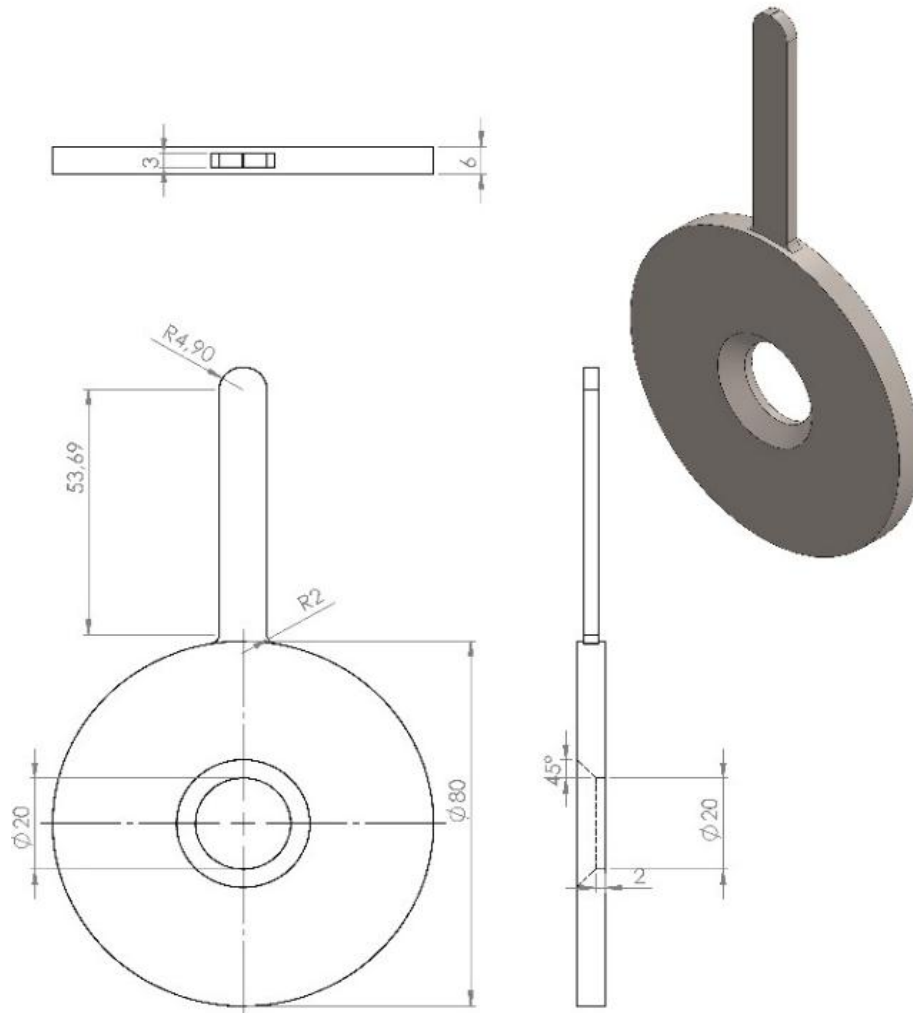
2.4.6.2. Diseño de la platina de orificio y brida según los datos de la Tabla 8 y asumiendo un diámetro de tubería de 80 mm. En la Figura 33 se muestra la vista del montaje de la platina de orificio y la brida donde se puede observar. 1) platina de orificio. 2) brida de sujeción. 3) entrada de la tubería. 4) pernos de sujeción. Fabricada de acero inoxidable 304. Ver anexo A para más detalle.

Figura 33. Diseño de la platina de orificio y de la brida



En la Figura 34 se muestra la vista del plano general del sistema de medición del flujo másico de aire de la celda con algunas medidas de la platina de orificio.

Figura 34. Plano general de la placa de orificio por la norma ISO 5167-2.



Las platinas de orificio para la medición de los motores de la celda varían en el diámetro del agujero solamente, para el motor de 15 kW Yamaha F20 es igual a 20 mm y el motor de 30 kw Suzuki DT 40WS es de 30 mm. Para los requerimientos de cálculo es la variación de β y el diámetro exterior de 80 mm.

2.4.6.3. Elementos de medición utilizados en la platina de orificio: A continuación se indican los elementos de medición utilizados en la platina de orificio:

- **Manómetro diferencial con salida eléctrica.**

En la Figura 35 se muestra un manómetro diferencial con salida eléctrica para ser instalado en la brida, en las tomas de presión y posteriormente calcular el flujo másico de aire para la calibración se anexa la recomendación dado por el fabricante. Ver anexo C.

El manómetro diferencial mide la diferencia de presiones entre un medio y otro a mayor presión usando el principio de la dipicelda que se explica a continuación:

La dipicelda es un transductor de presión diferencial, el cual transforma una diferencia de presión en una señal eléctrica que puede ser analizada por visualizador programado a una tarjeta de adquisición de datos.

Figura 35. Manómetro diferencial con salida eléctrica



Fuente: http://www.wika.com.mx/712_15_es_es.WIKA

- **Sensor de Temperatura del aire de admisión.**

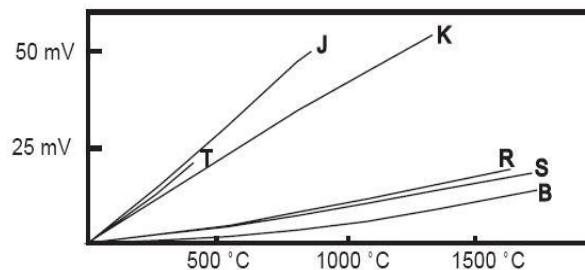
Para el desarrollo del presente proyecto se determina usar una termocupla tipo T con el fin de determinar la temperatura del aire de admisión. Trabaja en un pequeño intervalo de temperaturas en un rango de la temperatura ambiente.

Termocupla:

En las pruebas de ensayo de motores es necesario saber las condiciones del aire, para poder determinar el flujo másico de aire y esto se hará con una termocupla de tipo T; como ya es sabido, una termocupla no es más que un par de conductores metálicos de diferente material, unidos entre si formando un circuito completo, tal que los dos conductores hacen contacto en dos puntos diferentes conocidos como unión caliente y unión fría. Al someterse la unión caliente a una alta temperatura y la unión fría a una baja temperatura, se crea un voltaje neto en el circuito, proporcional a la diferencia de temperatura en las uniones.

En la Figura 36 se observa el rango de valores para diferente termocuplas.

Figura 36. Gráfica de respuesta para diferentes termopares.



Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros>

En la Figura 37 se observa el esquema de la ubicación para la termocupla en el sistema de medición por la platina en donde 1) platina de orificio. 2) termocupla. 3) recipiente de amortiguación de pulsos. Para la selección de la termocupla se anexa catálogo, ver anexo C.

Figura 37. Ubicación de la termocupla tipo T.

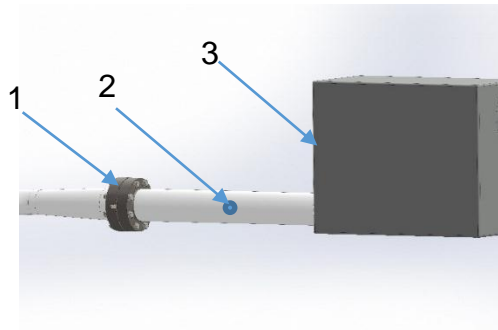
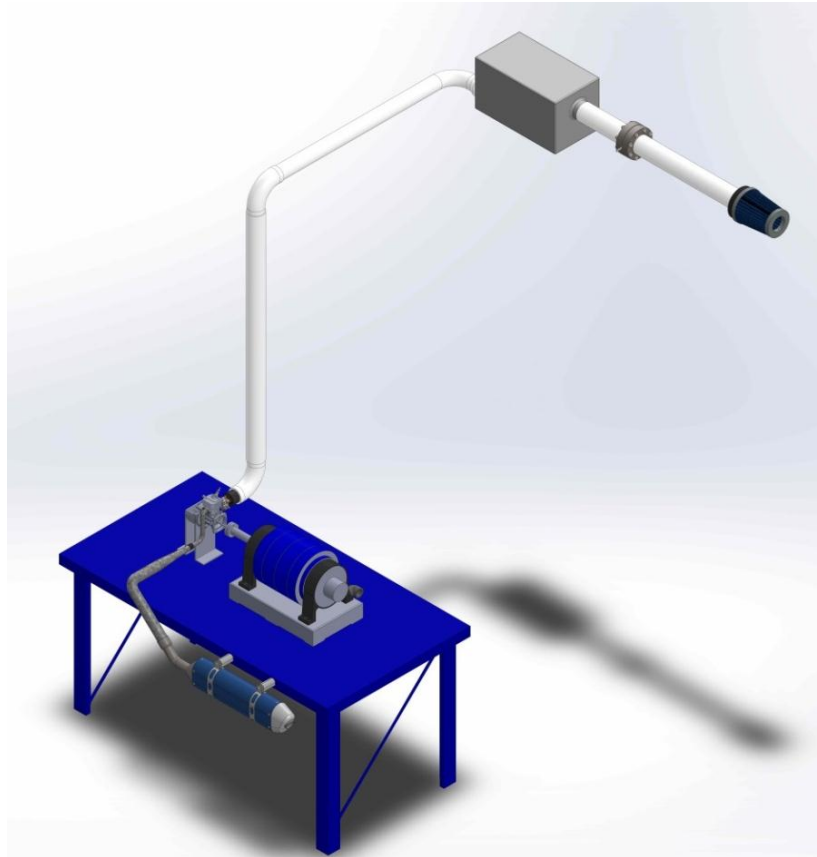


Figura 38. Vista general del montaje de la brida con la placa en el sistema de medición de aire de acuerdo a la norma ISO 5167-2.



En la Figura 38 se observa el montaje de la brida y la platina de orificio para medir el flujo másico de aire de admisión al motor en la celda, vista como plano general para más detalle ver anexo A planos.

2.4.7. Comparación y conclusión de las alternativas, de los dispositivos de medición del flujo de aire. El análisis de las dos alternativas, para la medición de flujo de aire de admisión para la celda del CIM2T; para lo cual se realiza la comparación en la Tabla 10. Para las especificaciones escritas se anexa catálogos, ver anexo C catálogos.

Tabla 10. Análisis de las alternativas para la medición de flujo de aire.

Alternativa	Rango de medición (kg/s)	fiabilidad	Costo (mcte)
1	0,002 – 1	±1% de lectura de flujo	7'200.000
2	0,0018 – 1,2	Según calibración del manómetro	1'580.000

Se recomienda finalmente la selección del medidor de platina de orificio acuerdo a la Tabla 10, teniendo en cuenta la buena calibración del instrumento de medición en este caso el manómetro diferencial por la variación de la temperatura.

3. SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA EL CIM2T DEL PTG

Para poder dar una visión de la economía del combustible y la eficiencia térmica es necesario determinar el flujo másico de combustible.

3.1. MEDICIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN MOTORES.

El consumo de combustible es una variable importante del estado de funcionamiento del motor, por lo que es conveniente medir el flujo másico del combustible (Kg/h) y comprobar su valor. Conocida la cantidad de combustible consumida durante el tiempo empleado durante la prueba y dividiéndola sobre la potencia del motor, se determina su consumo específico de combustible, este último es un parámetro comparativo que muestra con que eficiencia convierte un motor el combustible en trabajo útil.

3.1.1. Propiedades de la gasolina.

3.1.1.1. Gasolina corriente: La gasolina corriente es una mezcla compleja en donde puede haber de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones en combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico y polimerización, entre otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo. Luego se mezclan de tal forma que el producto final tenga un índice antidetonante IAD de 81 octanos como mínimo. El índice es una

medida de la capacidad antidetonante de la gasolina y la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro del motor. Mayor octanaje indica mejor capacidad antidetonante.

Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, los mayoristas de la gasolina le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión). También, se adiciona una sustancia química, que permite obtener información sobre la procedencia del combustible sin que modifique la calidad del producto. En Colombia se le denomina comercialmente como "Gasolina Corriente".

En la Tabla 11 se muestran las propiedades de la gasolina corriente.

Tabla 11. Gasolina corriente¹

Producto : Gasolina Corriente				
Grado	Regular - Índice Octano 81, Sin Plomo			
Referencia	Resolución 1180 de 21 de Junio de 2006 / NTC 1380 (Norma Técnica Colombiana) / ASTM D 4814			
Actualización	Abril 12 de 2011			
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Azufre	Ppm	ASTM D-4294 o ASTM D-2622		300
Corrosión al Cobre, 3 h a 50 °C	Clasificación	ASTM D-130		1 (1)
Destilación :	°C	ASTM D-86		
10% volumen evaporado				70
50% volumen evaporado			77	121
90% volumen evaporado				190
Punto Final de Ebullición				225
Estabilidad a la oxidación	Minutos	ASTM D-525	240	

¹ www.ecopetrol.com

Contenido de Gomas	mg/100 mL	ASTM D-381		5
Índice de Cierre de Vapor, ICV	kPa	(2)		98
Gravedad API @ 15.6 °C	°API	ASTM D-4052	Reportar	
Índice antidetonante (3)	Octanos	ASTM D-2699 y ASTM D-2700 o IR (4)	81	
RVP (5)	kPa (psia)	ASTM D-4953 o ASTM D-5191 o ASTM D-323		55 (8.0)
Plomo	g/L	ASTM D-3237 o ASTM D-5059		0,013
Benceno	ml/100 mL	ASTM D-5580 o ASTM D-3606 o ASTM D-6729		1,0
Aromáticos	mL/100 mL	ASTM D-5580 o ASTM D-1319 o Método PIANO (ASTM D-6729)		28
Aditivos dispersantes y detergentes (6)	mg/l			
(1) El valor 1 se refiere a valores 1a o 1B				
(2) Calculado : ICV = P + 1,13A; A : % Evap a 70 °C, P: RVP (kilopascales, kPa)				
(3) Índice Antidetonante: IAD = (RON+MON)/2				
(4) Método Alterno: Infrarrojo				
(5) RVP: Presión de Vapor Reid a 37.8 °C				
(6) Resolución 1180 de 2006: El paquete de aditivos deberá cumplir como mínimo las funciones de detergente dispersante-controlador de formación de depósitos en el sistema de admisión de combustibles de los motores, incluyendo acción de limpieza como mínimo hasta los asientos de las válvulas de admisión, estabilizador del combustible e inhibidor de oxidación. El Ministerio de Minas y Energía determinará la dosis y calidad de los aditivos, al igual que el método de prueba, de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 81055 de septiembre 20 de 1999 o la que lo modifique o sustituya.				

3.1.1.2. Gasolina Extra: La gasolina extra antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, los mayoristas de la gasolina le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión). También se adiciona una sustancia química, llamada "marcador", que permite obtener información sobre la procedencia del combustible sin que modifique la calidad del producto.

En Colombia se le denomina comercialmente como "Gasolina extra". Otros nombres que se le da a este producto son gasolina premium o gasolina unleaded 87.

En la Tabla 12 se muestran las propiedades de la gasolina Extra.

Tabla 12. Gasolina Extra²

Producto: Gasolina Extra				
Grado	Regular - Índice Octano 87, sin plomo (Unleaded)			
Referencia	Resolución 1180 de 21 de Junio de 2006 / NTC 1380 (Norma Técnica Colombiana) / ASTM D 4814			
Actualización	Abril 12 de 2011			
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Azufre	Ppm	ASTM D-4294 o ASTM D-2622		300
Corrosión al Cobre, 3 h a 50 °C		ASTM D 130		1 (1)
Destilación :	°C	ASTM D 86		
10% volumen evaporado				70
50% volumen evaporado			77	121
90% volumen evaporado				190
Punto final de Ebullición				225
Estabilidad a la oxidación	Minutos	ASTM D 525	240	
Contenido de Gomas	mg/100 ml	ASTM D 381		5
Índice de Cierre de Vapor, ICV	kPa	(2)		98
Índice antidetonante (3)	Adimensional	ASTM D-2699 y ASTM D-2700 o IR (4)	87	
Presión vapor	kPa (psia)	ASTM D-4953 o ASTM D-5191 o ASTM D-323		55 (8.0)
Plomo	g/L	ASTM D-3237 o ASTM D-5059		0,013
Benceno	mL/100 mL	ASTM D-5580 o ASTM D-3606 o ASTM D-6729		2

² www.ecopetrol.com

Aromáticos	mL/100 mL	ASTM D-5580 o ASTM D-1319 o Método PIANO (ASTM D-6729)		35
Aditivos dispersantes y detergentes (6)				
(1) El valor 1 se refiere a valores 1a o 1b				
(2) Calculado : ICV = P + 1,13A; A : % Evap a 70 °C, P: RVP (Kilo pascuales Kpa)				
(3) Índice Antidetonante: IAD = (RON+MON)/2				
(4) Método Alterno: Infrarrojo				
(5) RVP: Presión de Vapor Reid a 37.8 °C				
(6) Resolución 1180 de 2006:El paquete de aditivos deberá cumplir como mínimo las funciones de detergente dispersante-controlador de formación de depósitos en el sistema de admisión de combustibles de los motores, incluyendo acción de limpieza como mínimo hasta los asientos de las válvulas de admisión, estabilizador del combustible e inhibidor de oxidación. El Ministerio de Minas y energía determinará la dosis y calidad de los aditivos, al igual que el método de prueba, de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 81055 de septiembre 20 de 1999 o la que lo modifique o sustituya.				

3.1.2. Precauciones para el manejo de los combustibles. En la celda del PTG es necesario tener en cuenta todas las precauciones necesarias para el correcto funcionamiento del CIM2T:

La gasolina se clasifica como un líquido inflamable clase 1A de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association), por lo cual debe tenerse especial cuidado y es indispensable cumplir con los estándares establecidos para el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías, llenadores y equipo de las estaciones de servicio al público. Este producto es volátil, genera vapores desde una temperatura de -43°C, los cuales al mezclarse con aire en proporciones de 1.1 a 7.6% en volumen producen mezclas inflamables y explosivas.

Cuando se diseñen plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, o cualquier otra instalación para el manejo de esta gasolina, deben aplicarse las normas NFPA en lo relacionado con la protección contra incendios, las Normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades gubernamentales de control tanto nacional como regional y local.

No es recomendable dar a este producto usos diferentes del mencionado anteriormente debido a que los vapores que genera son más pesados que el aire, por lo tanto, tienden a depositarse en lugares bajos donde están localizadas normalmente las fuentes de ignición tales como pilotos de estufas, interruptores de corriente eléctrica, tomas de corriente y puntos calientes, tales como lámparas incandescentes, los cuales pueden producir incendios y explosiones.

Debe evitarse el contacto con la piel y la inhalación de vapores debido a que estos son tóxicos y en concentraciones altas pueden causar mareos, pérdida del conocimiento y, en casos extremos, hasta la muerte. Si llegara a ocurrir un accidente de esta naturaleza consiga lo antes posible la asistencia médica.

Por ningún motivo almacene gasolina en una casa, apartamento o en cualquier recinto cerrado. El combustible se evapora continuamente y, además de generar una atmósfera de vapores tóxicos, puede causar un incendio o una explosión. Para su manejo seguro utilice ropa impermeable adecuada, gafas y guantes de seguridad, por esta razón lo más recomendable es dejar el tanque de almacenamiento de combustible afuera del sótano debida mente enterrado para evitar este tipo de accidentes.

3.1.3. Determinación de las generalidades para la medición de combustible.

La determinación del consumo de combustible no es fácil de realizar para una medición exacta, pero es de gran importancia dados los requerimientos propios del motor y los altos costos de los combustibles. Para obtener óptimos resultados se deben tener en cuenta condiciones ambientales estables dentro de la celda y complementarlas con un medidor de gasto másico dependiendo de las necesidades de exactitud requeridas.

Uno de los problemas para la medición de consumo de combustible para motores es el flujo de combustible de retorno, el cual si no es tenido en cuenta puede afectar de gran manera la exactitud de la medida tomada.

Existen diferentes principios de funcionamiento para los medidores de flujo de combustible, dentro de los más comerciales tenemos:

- ✓ Medidor de flujo volumétrico
- ✓ Medidor de flujo másico

3.1.3.1. Medidor de flujo volumétrico: Los medidores de flujo volumétricos determinan el caudal en volumen del fluido, bien sea directamente (desplazamiento), bien indirectamente por deducción (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida). Hay que señalar que la medida de caudal volumétrico en los laboratorios se efectúa principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Entre estos elementos se encuentran la placa de orificio, la tobera y el tubo Venturi.

3.1.3.2. Medidor de flujo másico: La determinación del caudal másico puede efectuarse a partir de una medida volumétrica compensándola para las variaciones de densidad del fluido, o bien determinando directamente el caudal másico aprovechando características medibles de la masa del fluido.

Si bien en la industria automotriz se utilizan medidores volumétricos de caudal, con el caudal determinando en las condiciones de servicio, o bien compensado según la presión, la temperatura o densidad, tal como se ha comentado anteriormente, en ocasiones interesa aprovechar características medibles de la masa. En este caso existen tres sistemas básicos, los instrumentos térmicos, los de momento angular y los de aceleración de tipo coriolis.

3.2. DETERMINACIÓN DE FLUJO MÁSIKO DE COMBUSTIBLE.

Determinadas la potencia y el consumo de aire de combustión realizamos el cálculo del consumo de combustible.

$$\dot{m}_f = \frac{P_e}{\eta_e * Hu} * 3600 \quad \text{Ecuación 8.}$$

Dónde:

\dot{m}_f = Gasto másico de combustible en la potencia al freno en kg/h

η_e = la eficiencia térmica

Hu = el poder calorifico en kJ/Kg*k.

$$b_e = \frac{\dot{m}_f}{P_e} * 1000 \quad \text{Ecuación 3.}$$

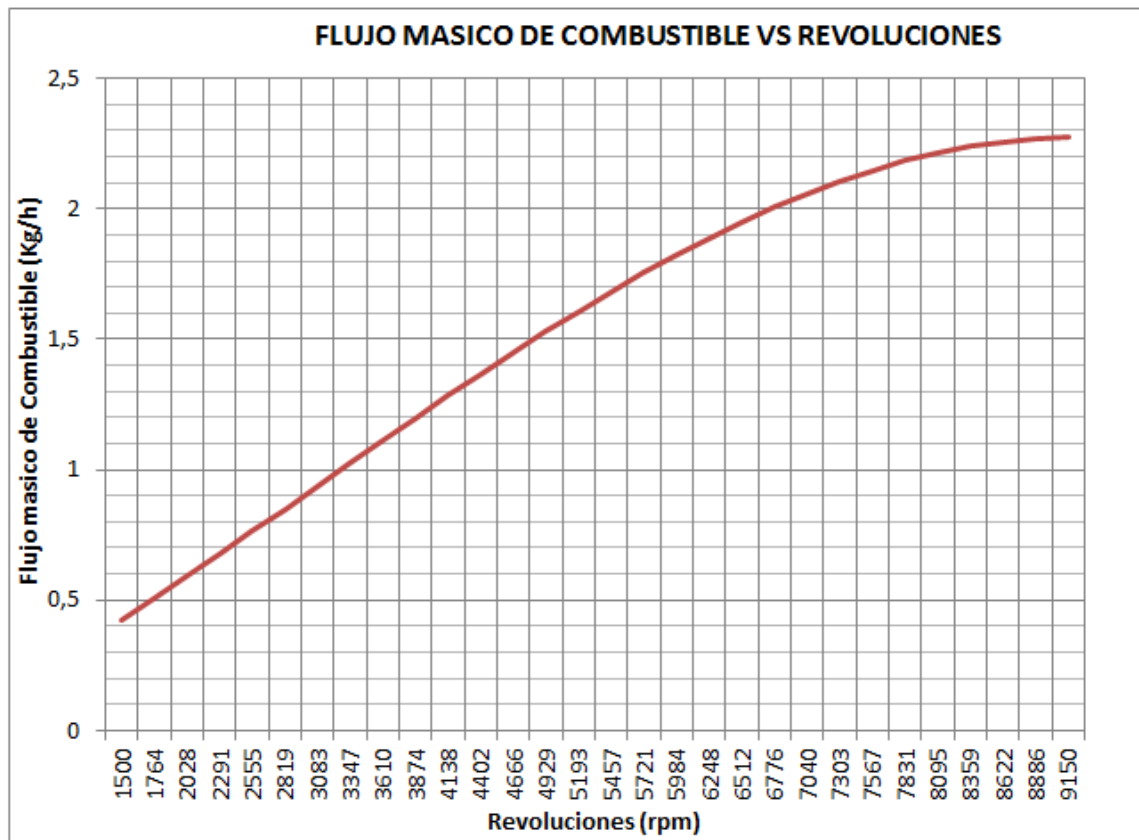
Dónde:

b_e = Consumo específico de combustible por kilovatio de potencia ($\frac{g}{Kw-h}$)

De los cálculos obtenidos según las ecuaciones (1), (2), (3), (7) y (8) se muestran las curvas del flujo másico de combustible para cada uno de los 3 motores.

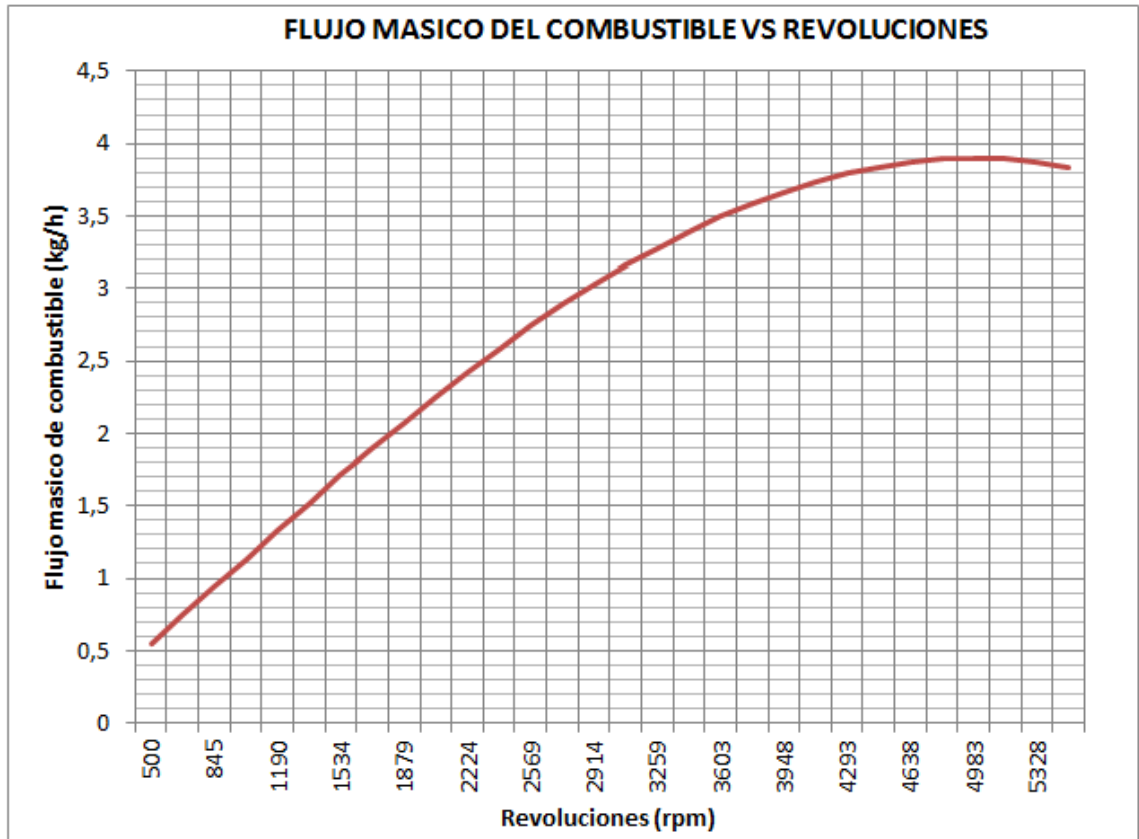
En la Tabla 2, Se muestran los datos del motor Dolmar de 5kW de potencia dada en el capítulo anterior. En la Figura 39, Se muestra la curva de potencia según los datos suministrados en las Tablas 1 y 2.

Figura 39. Consumo de combustible en un motor de Dolmar PC 83 de 5 kW.



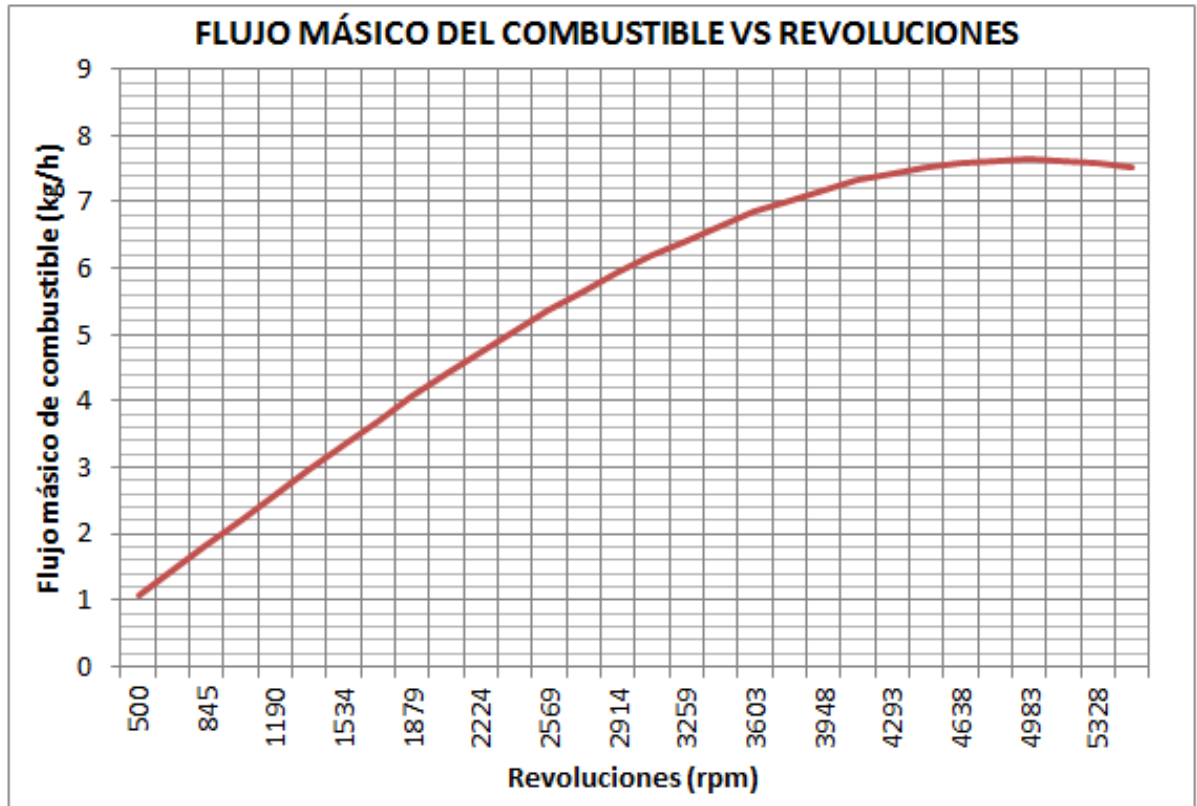
En la Tabla 4. Se muestran los datos de un motor de referencia Yamaha F20 dadas en el capítulo anterior. El la Figura 40. Se muestra la curva de potencia según los datos suministrados en las Tablas 3 y 4.

Figura 40. Consumo de combustible en un motor de Yamaha F20 de 15 kW.



En la Tabla 6. Se encuentran los datos de un motor Suzuki DT 20WS de 29,4 kW dados en el capítulo anterior. En la Figura 41 Se encuentra la respectiva gráfica de potencia según los datos que se encuentran en las Tablas 3 y 4.

Figura 41. Consumo de combustible en un motor Suzuki DT 20WS de 29,4 kW.



Según los datos de las gráficas (39), (40), (41) y Tablas (2), (4), (6) calculados para diferentes potencias los rangos mínimos y máximos del consumo de combustible son los especificados en la Tabla 13:

Tabla 13. Consumo máximo y Mínimo de combustible.

Consumo Kg/h		
Motor	Mínimo	Máximo
5 kW	0,1812	2,4
15 kW	0,549	3,835
29,4 kW	1,076	7,517

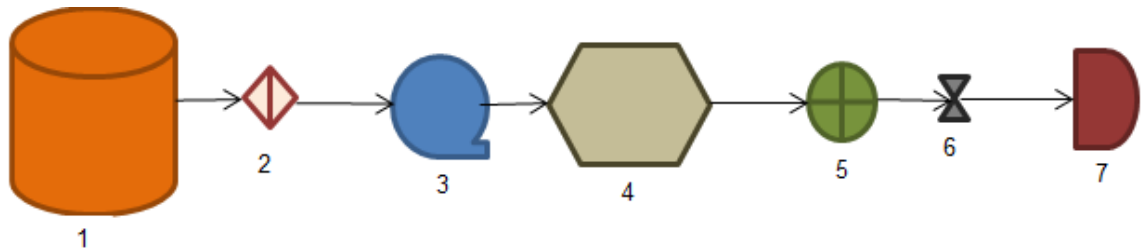
El flujo mínimo de combustible es de 0,1812 (kg/h) y el máximo es de 7,517 (kg/h).

3.3. SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA LA CELDA DE ENSAYOS CIM2T.

En la Figura 42 se muestra el digrama como se propone la instalación de cada uno de los componentes del suministro de combustible, en la celda de ensayos del CIM2T para el PTG.

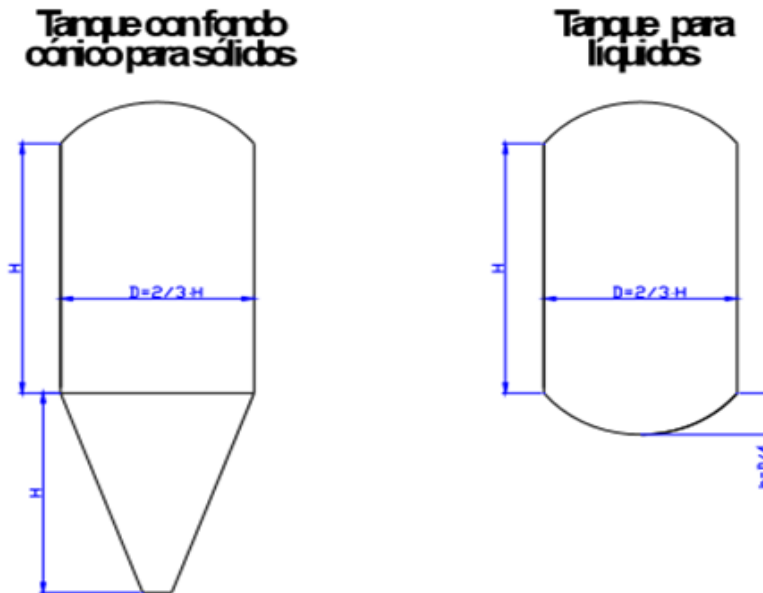
El sistema de suministro de combustible consta de un tanque de almacenamiento (1) del cual sale el combustible pasando por un filtro (2) y por la bomba (3) encargada de llevar el combustible a un tanque mas pequeño de medición volumétrica (4) el cual se usará en el caso que el medidor de flujo másico de combustible tenga alguna falla, de este sale al respectivo medidor de caudal (5), pasando por la válvula (6) para asegurarnos que al motor (7) solamente llegue la cantidad necesaria y permitida segun las exigencias del motor y dadas las normas SAE J312 (ISO 7647) y SAE 1489.

Figura 42. Esquema del sistema de medición del flujo de combustible:



3.3.1. Diseño del tanque de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento de combustibles se diseñan según el código API-ASME, las dimensiones para cada una de las partes vendrán determinadas en función de la altura de la carcasa cilíndrica H; las proporciones son las que se encuentran en la Figura 43.

Figura 43. Proporciones para cada una de las partes dependiendo la configuración del tanque.



Fuente: http://www.ugr.es/~aulavirtualpfciq/descargas/documentos/Disenio_Tanques_Almacenamiento.pdf

Volumen de los recipientes:

$$V_{cilindro} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

Ecuación 9.

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_{cono}$$

Ecuación 10.

$$V_{cabeza} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{cab})/6$$

Ecuación 11.

$$V_{Tanque\ Sólidos} = V_{cilindro} + V_{cono} + V_{cabeza}$$

Ecuación 12.

$$V_{Tanque\ Líquidos} = V_{cono} + 2 \cdot V_{cabeza}$$

Ecuación 13.

Se ha de tener en cuenta que los recipientes por seguridad estarán llenos como máximo al 80 %, por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de establecer sus dimensiones. En función del volumen en m³, es necesario de almacenamiento se establece el valor de H en m, y en función de éste el resto de dimensiones del tanque; la altura del tanque será la suma de las longitudes de las 3 partes que lo forman: carcasa, cabeza y fondo.

Tanque con fondo cónico para sólidos

Recipientes para líquidos:

$$Ht = H + 2 \cdot h_{cab}$$

Ecuación 14.

La presión del tanque de almacenamiento según el diseño de los recipientes debe ser mayor que la máxima de:

- ✓ $P > 1.1 \cdot \text{Presión máxima de operación}$
- ✓ $P > \text{Presión máxima de operación} + 1 \text{ kg/cm}^2$

Espesor de los recipientes

El espesor (t) de cada una de las partes de los recipientes viene dado por las siguientes expresiones:

$$t_{cilindro} = (\gamma \cdot d \cdot r) / \sigma_t \cdot E_s$$

Ecuación 15.

$$t_{cono} = (\gamma \cdot d^2 \cdot \text{tg} \alpha) / 4 \cdot \sigma_t \cdot E_s \cdot \cos \alpha$$

Ecuación 16.

$$t_{cabeza} = (P \cdot D_e) / 2 \cdot \sigma_t \cdot E_s + 1,8 \cdot P$$

Ecuación 17.

Dónde:

γ = peso específico del producto almacenado en kg/cm^3 .

d = nivel máximo de producto almacenado en cm.

r - radio del cilindro, cono y cabeza elipsoidal en cm.

σ_t - tensión máxima admisible del material en kg/cm^2 .

E_s - eficiencia de soldadura según tipo de soldadura.

Para junta soldada a tope en doble V y no examinada, toma valor de 0.6.

P - presión externa en kg/cm^2 .

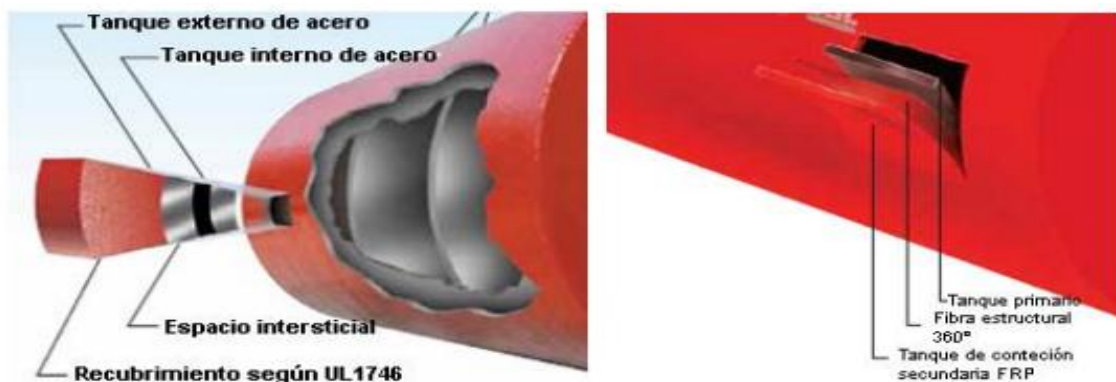
D_e - Diámetro externo en cm.

α - semiángulo de la abertura del cono en grados.

Habrá que tener en cuenta la corrosión debido al producto almacenado y a los agentes externos; el tanque tiene la función de alimentar de combustible por medio del manejo de válvulas, tiene una capacidad de 30 galones (seleccionado de acuerdo a las ecuaciones de la 9 a la 17), que son los que el laboratorio requiere est  hecho de lámina de acero galvanizado de calibre 10, tiene 5 niples soldados que tienen las siguientes funciones: niple 1 alimentación de combustible al banco de pruebas, niple 2 admisión del combustible de retorno proveniente de la bomba, niple 3 llenado del tanque principal, niple 4 venteo del tanque para prevenir que se presurice, y el niple 5 va acompañado de una válvula de bola de 3/8 de pulgada para drenar en caso que se tenga una posible contaminación de combustible.

Se deben tener muy en cuenta cada uno de los recubrimientos (Figura 44) que el tanque de almacenamiento de combustible lleva, debido a que este tanque va enterrado en la parte trasera del sótano S02 por motivos de seguridad para las celdas futuras que se van a diseñar dentro de este sótano.

Figura 44. Se muestra un tanque de almacenamiento y su estructura.

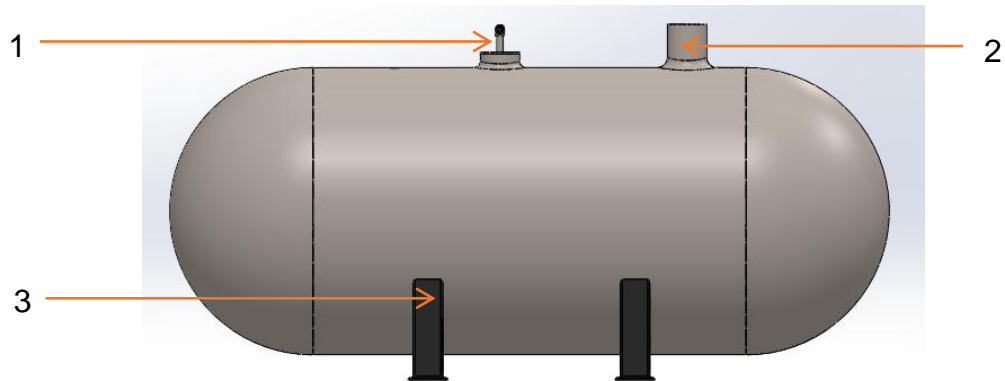


Fuente: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5804/1/33146_1.pdf

3.3.2. Selección del tanque de almacenamientos para combustibles líquidos.

En la Figura 45. Se ilustra el tanque salida de combustible al laboratorio (1), llenado del tanque de almacenamiento (2), soporte (3) seleccionado para el laboratorio de pruebas y ensayos del CIM2T.

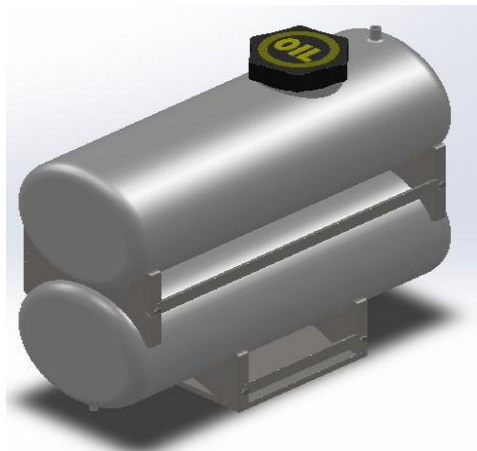
Figura 45. Ilustración de tanque enterrado



3.3.3. Selección del tanque auxiliar para uso diario dentro de la CIM2T. Para

la celda de ensayos del CIM2T se seleccionó un tanque volumétrico de 7 galones para tener dentro del laboratorio para uso diario que se utilizará para las diferentes pruebas durante el día como lo muestra la Figura 46.

Figura 46. Tanque de 7 galones para gasto diario.



3.3.4. Selección de tubería. En cualquier movimiento real de un fluido o en cualquier cambio de un sistema mecánico existen numerosos efectos que impiden que dicho proceso sea reversible, es decir, que vuelva a su estado original sin ningún cambio, ni en el sistema, ni en el medio ambiente. La diferencia entre la cantidad de trabajo que puede efectuar una sustancia, al pasar de un estado a otro de un proceso, de una manera reversible (ideal) y el trabajo real que se produce en el mismo proceso, es la irreversibilidad o trabajo perdido o pérdidas del proceso.

Las pérdidas que se tienen por rozamiento en tuberías con flujo permanente, se determinan mediante la fórmula de DARCY- WEISBACH:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{Ecuación 18.}$$

Dónde:

H_f - Pérdida de energía en la tubería de longitud en (m)

L - longitud de la tubería en (m)

D - Diámetro interior de la tubería en (m)

V - Velocidad media del fluido en (m/s)

f - Coeficiente de rozamiento que depende de la naturaleza del tubo.

g - aceleración de la gravedad en (m/s^2)

Las pérdidas que se presentan en las tuberías debidas a codos, bifurcaciones, juntas de unión, válvulas, etc. Se llaman perdidas menores, estas se pueden determinar mediante la expresión:

$$h_m = k \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 19.}$$

Dónde:

h_m - Pérdida debido a la transición (codo, válvula, etc.) (m)

V - Velocidad media del fluido (m/s)

k - Coeficiente de pérdida que depende del tipo de transición de la tubería.

Las pérdidas totales que se tienen en una tubería se obtienen mediante la suma de las pérdidas por fricción más las pérdidas menores totales es decir:

$$h_t = h_f + \sum h_m \quad \text{Ecuación 20.}$$

Dónde:

h_t - Pérdidas totales (m)

h_f - Pérdidas por rozamiento (m)

$\sum h_m$ - Sumatoria de las pérdidas menores (m).

El único término que se desconoce para utilizar las ecuaciones de pérdidas es el de la velocidad media la cual se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 21.}$$

Dónde:

V - Velocidad media (m/s)

Q - Gasto de agua que se puede obtener en el medidor de gasto (Kg/s)

A - Sección del tubo, que se puede calcular fácilmente (m^2).

La tubería seleccionada es tubería en PVC recubierta para prevenir fugas de combustible de un diámetro de $\frac{3}{4}$ pulgadas las especificaciones se encuentran en el anexo C (TUBOS Y ACCESORIOS pvc).

3.3.5. Selección de la válvula reguladora. Estas válvulas tienen la función de ajustar y limitar la presión en un circuito hidráulico.

Son válvulas normalmente cerradas. Por un lado, la presión presente en la entrada de la misma, genera una fuerza que trata de abrirla. Por otra parte, se puede regular la tensión de un resorte (mediante una perilla), el cual genera una fuerza que procura el cierre de la misma.

Cuando la fuerza generada por la presión en la entrada de la válvula comienza a superar a la fuerza antagónica del resorte (a esta presión se la denomina presión de respuesta), la válvula empieza a abrir. En esta situación la válvula empieza a derivar parte del caudal de la bomba, a través de ella, al depósito.

Si la presión en la entrada de la válvula continúa subiendo y se alcanza la denominada presión de ajuste, la válvula abre totalmente. En esta situación, el caudal de la bomba fluye a través de ella totalmente al depósito. Véase Figura 47.

Figura 47. Válvula reguladora



Fuente: pneuvalve.

3.3.6. Selección del medidor de flujo másico de combustible. Para el consumo másico de combustible se seleccionó el medidor de coriolis que a continuación se hace una descripción:

Medidor de coriolis modelo M12 es uno de los más pequeños del mundo en medir caudal de la gama Mini Cori-Flow puede medir y controlar hasta un rango tan bajo de caudal únicamente de 0 a 65 Kg/h, las aplicaciones típicas incluyen el sector de la investigación y micro-reactores de laboratorio, así como sistemas de dosificación.

Tabla 14. Especificaciones técnicas del medidor de coriolis.



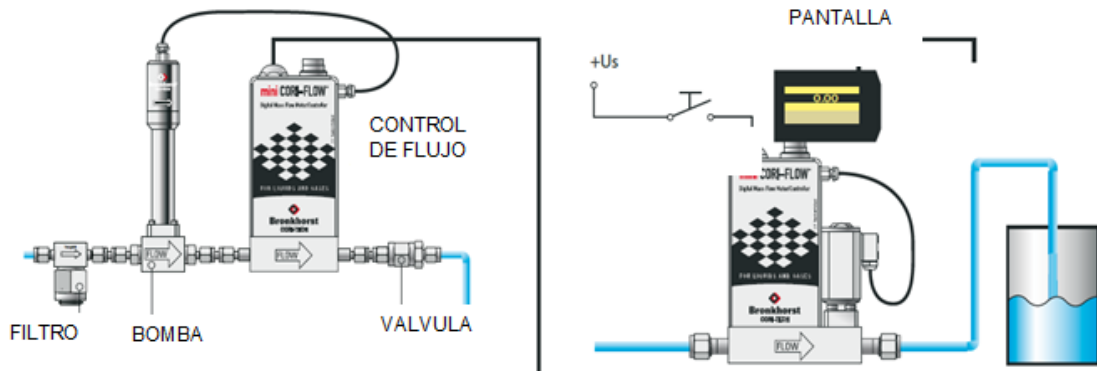
MASS 2100 Sizes	DI 1.5	DI 3	DI 6	DI 15	DI 25	DI 40
Measuring range	0-65 kg/h	0-250 kg/h	0-1000 kg/h	0-5600 kg/h	0-25000 kg/h	0-52000 kg/h
Version	I-pipe system					
Connections	G 1/4" ISO 228-1 1/4" NPT ANSI B1.20.1			Flange DIN 2635, Flange ANSI B. 16.5 DIN 1185 I, ISO 2852 clamp, ISO 2853		
Materials (in contact with fluid)	1.4435/1.4404 (316 L) Stainless Steel 2.4602 Hastelloy C-22					
Liquid Pressure:						
Stainless steel	296 bar	295 bar	327 bar	158 bar	135 bar	125 bar
Hastelloy C-22	460 bar	390 bar	430 bar	208 bar	191 bar	173 bar
Enclosure material	Stainless Steel 1.4404 (316 L)					
Temperature of liquid	-50 °C to +180 °C					
Ex-version	EEx ia IIC T3-T6					
Converter versions	MASS 6000 and MASS 3000					

Fuente: Serious design, surprisinnngly flexible, massflo 2100.

Gracias a su diseño único proporciona un rápido tiempo de respuesta y alta precisión, independientemente de posibles cambios de la presión, temperatura, densidad, conductividad y viscosidad. El instrumento dispone de control PID integrado al que se puede incorporar una válvula de control proporcional o una bomba creando un sistema de medida de caudal realmente compacto.

En la Figura 48 se ilustra el sistema de medición seleccionado para el flujo másico de combustible.

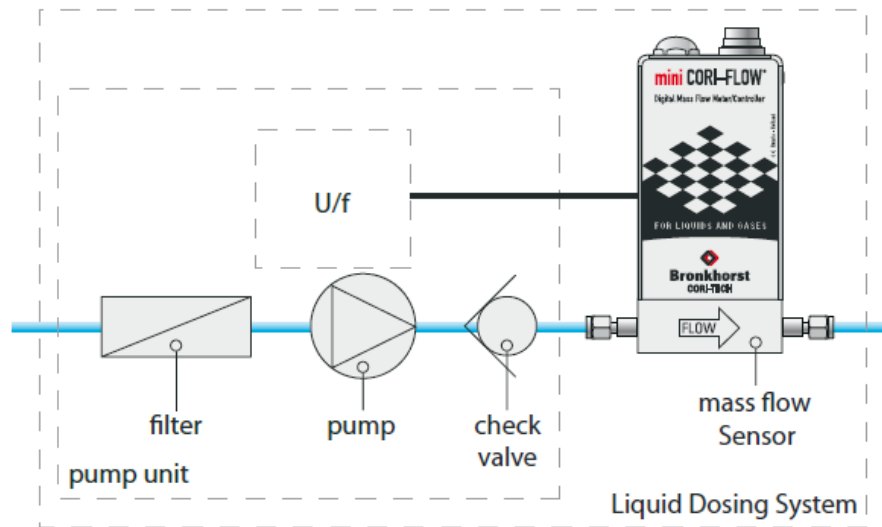
Figura 48. Selección de sistemas e instrumentos de medición.



Fuente: <https://www.google.com.co/search>

En la Figura 49. Se ilustra el seguimiento que se debe tener en cuenta para la instalación adecuada de los equipos de medición.

Figura 49. Especificaciones de instalación de los equipos.

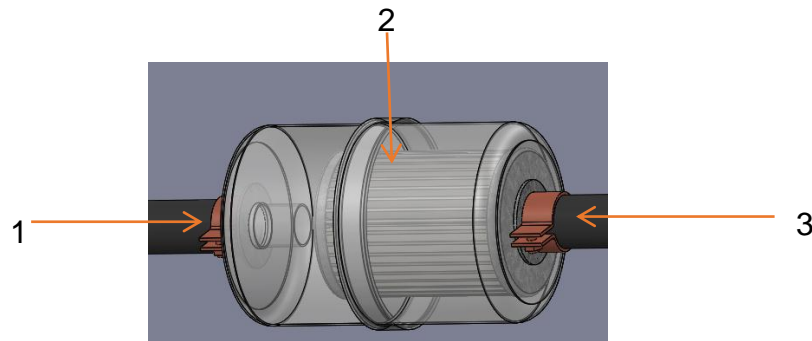


Fuente: <https://www.google.com.co/search>

3.3.7. Selección del filtro de combustible. Un filtro de gasolina es un componente con apariencia de colador que está en un vehículo y que filtra los contaminantes, tales como pequeñas partículas de tierra u otros restos de combustible, antes de que entre al motor. El filtro de la gasolina es una parte esencial para mantener el motor funcionando; con el tiempo, el filtro de la gasolina puede fallar o atascarse con desechos, lo cual puede tener efectos severos en el funcionamiento del automóvil.

En la Figura 50 se muestra el filtro de combustible con sus partes: entrada del combustible (1), sección de tamizado (2) y salida del combustible (3).

Figura 50. Filtro de gasolina.



- Alta resistencia a temperaturas y filtraciones agresivas de presión.
- Filtración libre de impurezas de los componentes agresivos de la gasolina.
- Protección del sistema de inyección de los motores modernos.
- Excelente flujo de gasolina al sistema de inyección

3.3.8. Mangueras de suministro de combustible. En la celda de ensayos es necesario tener una manguera flexible para llenado de tanque de combustible con las siguientes especificaciones:

- Tubo interno: Nitrilo, material especial que resiste el contacto con derivados del petróleo.

- Refuerzo: Espiral de alambre interconstruido.
- Cubierta: Neopreno, material especial que resiste el contacto con derivados del petróleo y las agresiones a que está sometida por su uso.

Mayor duración:

- Hule resistente al ataque directo de combustibles y aceites.
- Reforzadas con una espiral de alambre inter-construido para soportar la flexión.
- Altamente segura: Excelente resistencia a la flama y sellado perfecto en la unión.
- Superan las especificaciones que marca la Sociedad de Ingeniería Automotriz SAE 30 R5.

Mejor desempeño:

- Soporta temperaturas de -40°C a 100°C (-40°F a 212°F) sin sufrir alteraciones.
- Cubierta de hule resistente a la fricción y agresiones del medio ambiente.
- Permite la flexión sin colapsarse.

Razones Comerciales (por qué tenerla en inventario):

- Sus medidas son estándares en el mercado.
- La manguera de llenado de tanque es una manguera que tiene un mercado considerable y esta es la primera manguera que se ofrece para esta aplicación.

Recomendación de Reemplazo:

- Cuando menos cada 4 años.
- Cuando exista fuga o sospecha de fuga cercana al tanque de combustible.

Todas las especificaciones sugeridas por la norma SAE J30 R5.

En la Tabla 15. Se encuentran las especificaciones de la manguera seleccionada de ¼ pulgadas con las especificaciones anteriormente nombradas.

Tabla 15. Especificaciones manguera.

NO. PARTE (3 mts)	NO. PARTE (7.62 mts)	DIAMETRO INTERIOR(plg)	PRESION DE TRABAJO (psi)
27082	27094	1 / 4	180
27085	27095	5 / 16	180
27088	27096	3 / 8	180



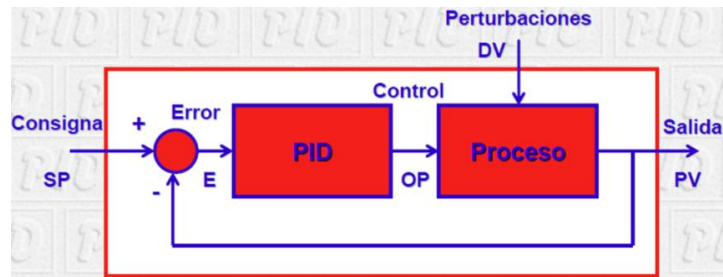
Recomendada para usarse especialmente en los sistemas de inyección de combustible automotriz-Fuel Injection.

Descripción: Manguera termoplástica SAE J517 100R7 con ánima de nilón, 1/4 pulgadas. Tamaño nominal.

3.3.9. Sistema de control de temperatura para el sistema de combustible. Es muy importante censar la temperatura de la entrada del combustible al motor según las sugerencias de la norma SAE J 1349 y dar a conocer la importancia de modular el tiempo de activación del contactor durante un lapso de tiempo fijo, llamado “tiempo de ciclo”, menor al tiempo característico de respuesta de modo que el motor reciba finalmente un sistema de abastecimiento de combustible a la temperatura deseada por medio del regulador de temperatura continuo FB 58 "TCONT_CP"

En la Figura 51 se muestra un esquema básico del control PID para censar el sistema de control de temperatura para el combustible.

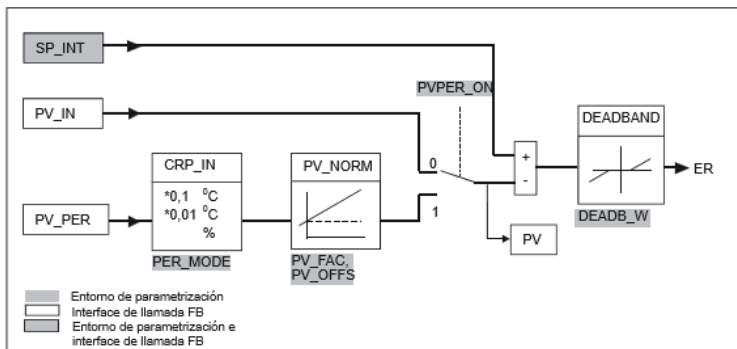
Figura 51. Esquema básico del control PID



Fuente: SIEMENS PID Temperature Control.

Para poder controlar la temperatura con menos fluctuaciones, se debe poder entregar al sistema una potencia gradual, en la medida requerida para mantenerlo a la temperatura deseada. Es posible modular de 0% a 100% el motor recibe la temperatura adecuada mediante el mismo contactor que se usaría para un control on/off.

Figura 52. Diagrama de bloques de la formación del error de regulación



Fuente: SIEMENS PID Temperature Control.

La normalización de la temperatura se hace en porcentajes como se indica en la Figura 52 dando el valor en porcentajes y luego se debe convertir el valor de temperatura medido en un valor porcentual, los valores normalizados a la temperatura deseada, indicando el valor de la magnitud física para mayor información ver el anexo C21.

En la Figura 53 se muestra el montaje final del sistema de combustible con cada una de las partes seleccionadas 1) Motor 2) Manguera. 3) válvula de seguridad 4)

medidor de coriolis. 5) tanque de almacenamiento diario para uso del laboratorio este es de 7 galones. 6) manómetro 7) bomba de suministro de combustible. 8) tanque de almacenamiento de 35 galones para el suministro del combustible de cada uno de los laboratorios futuros, que se encuentra fuera del salón enterrado según las normas de almacenamiento de combustible.

Figura 53. Montaje sistema de combustible en 3D.

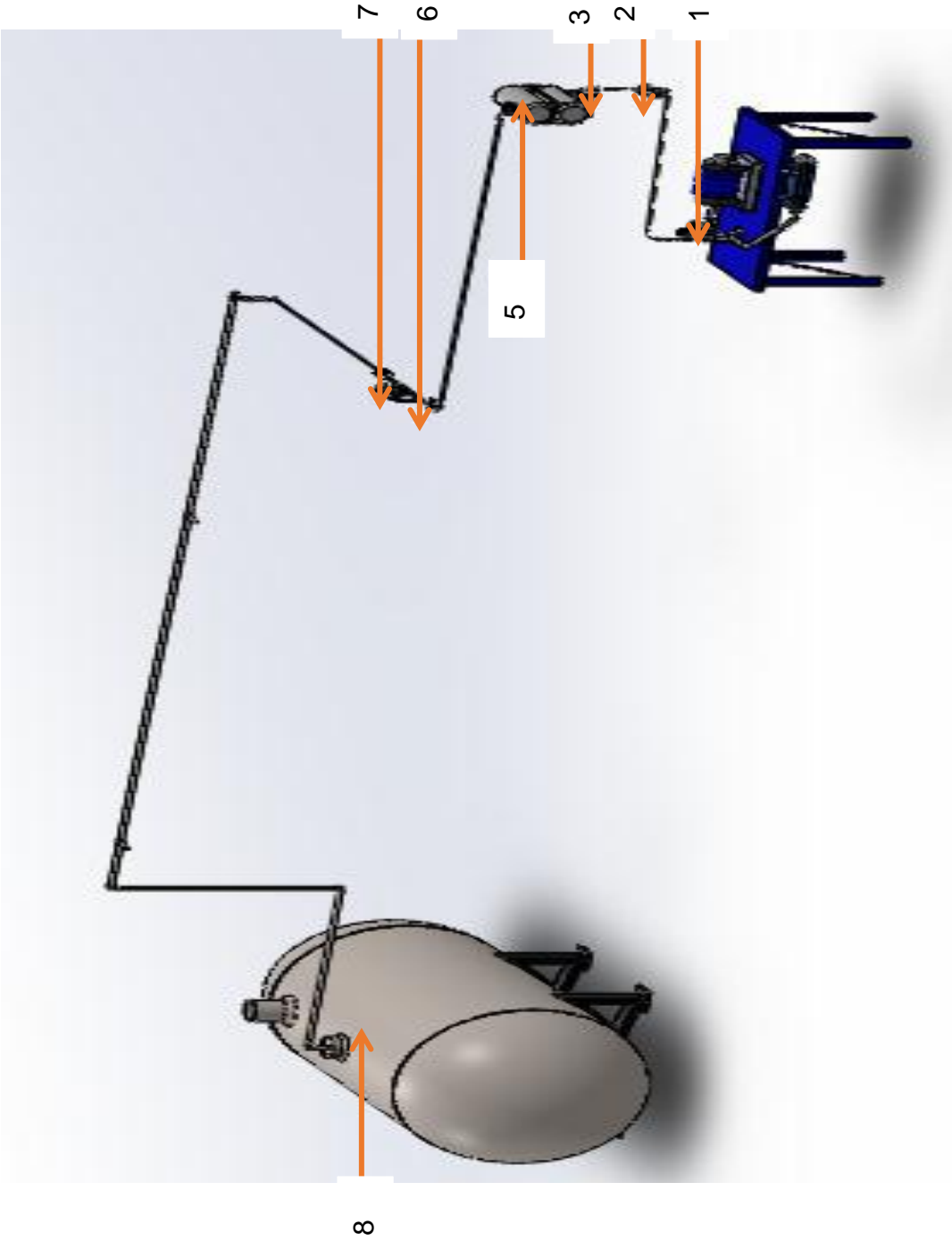


Figura 54. Vista lateral del sistema de suministro de combustible.

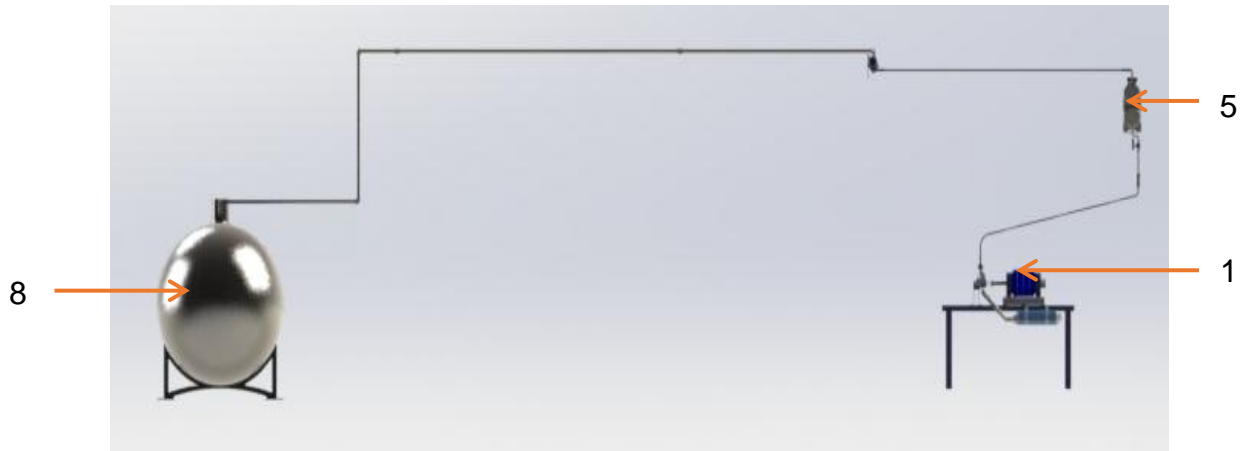


Figura 55. Vista posterior del sistema de combustible.

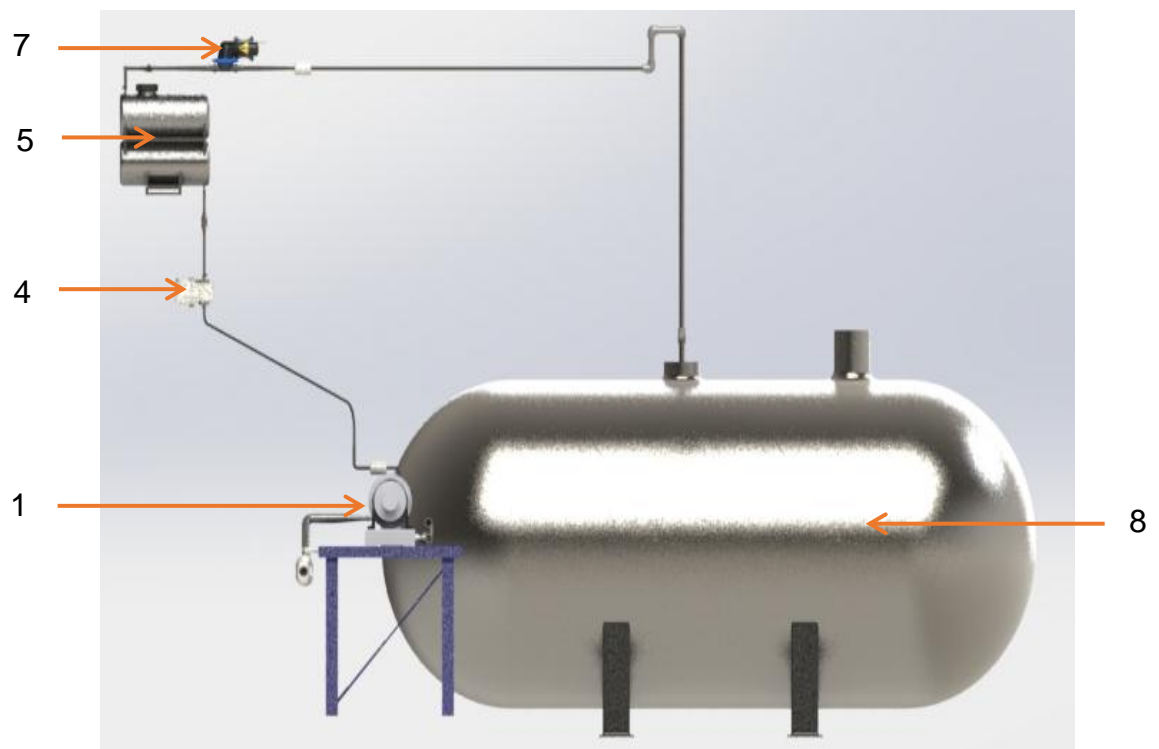


Figura 56. Vista superior del sistema de combustible.

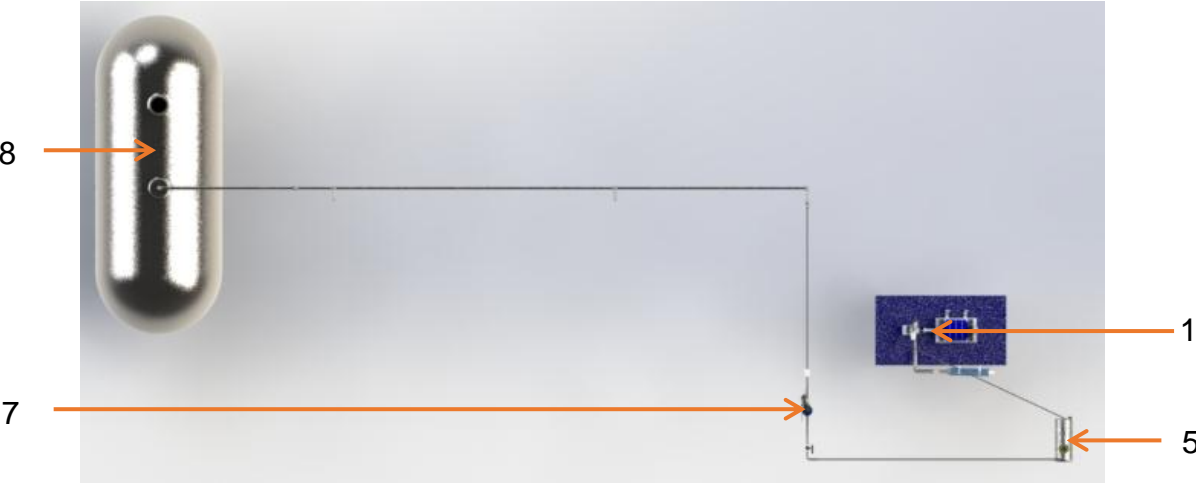
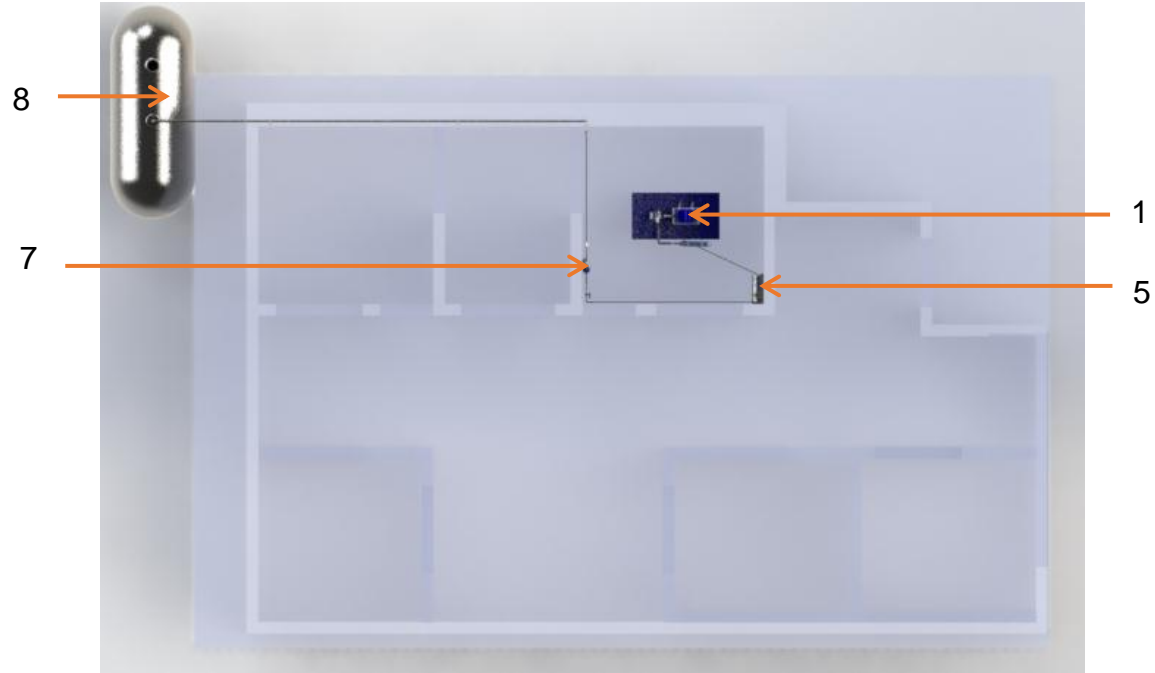


Figura 57. Distribución del laboratorio de pruebas (CMI2T).

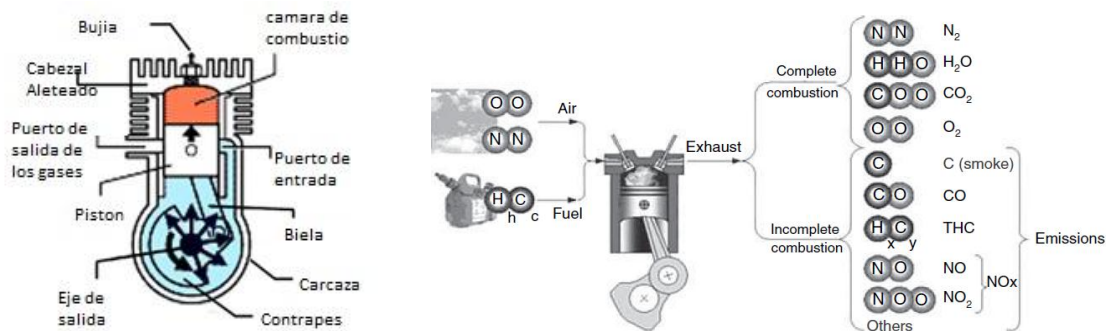


4. SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA LAS EMISIONES

Este sistema consiste en el grupo de equipos que nos permiten analizar los componentes de los gases de escape de las MCIAs, es un sistema de suma importancia en la celda de prueba, ya que nos permite conocer los principales agentes contaminantes que se expulsan al medio ambiente, aspecto que sin duda tiene gran importancia en el diseño y la operación de los motores. Además sirve para evaluar el estado de la combustión de la máquina y de esa manera emitir un diagnóstico de la misma durante su operación; para esto se hace una breve introducción de la combustión y sus componentes.

4.1. INTRODUCCIÓN A LA COMBUSTIÓN EN MOTORES DE 2 TIEMPOS.

Figura 58. Partes del motor de 2 tiempos y componentes producto de la combustión.



Fuente: Engine testing theory and practice, Michael Plint-Anthony Maetyr. Pag 325

En la Figura 58 se muestra las principales partes del motor de 2 tiempos y los gases producto de la combustión observándolos en un proceso de combustión

completa e incompleta y los diferentes gases que se producen: (O_2 , CO_2 , HC, NO_x , CO, etc.).

A continuación se describe los componentes principales que intervienen en el proceso:

- **Combustible:** es la sustancia que reacciona con otra sustancia produciendo calor, aporta toda la energía en la combustión, gasolina o diésel, formada por cadenas de hidrocarburos de tipo C_nH_n .
- **Comburente:** Es la sustancia necesaria para que reaccione el combustible, aire, O_2 los cuales contienen la energía de activación para que se produzca el fenómeno de ignición con el combustible.

En una combustión real se pueden encontrar varios compuestos:

Inofensivos: Nitrógeno, Oxígeno, CO_2 , Hidrógeno y vapor de agua.

Nocivas: Monóxido de carbono CO, Hidrocarburos HC, Óxidos de Nitrógeno NO_x , Plomo y compuestos de plomo Pb, Dióxidos de azufre SO_2 , hollín, etc. Estos se describen a continuación.

CO (monóxido de carbono):

El Monóxido es el resultado del proceso de combustión y se forma siempre que la combustión es incompleta, es un gas tóxico, inoloro e incolor, valores altos del CO, indican una mezcla rica o una combustión incompleta. Normalmente el valor correcto está comprendido entre 0,5 y 2 %, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.

CO₂ (Dióxido de Carbono):

El dióxido de Carbono es también resultado del proceso de combustión, no es tóxico a bajos niveles. El motor funciona correctamente cuando el CO_2 está a su

nivel más alto, este valor porcentual se ubica entre el 12 al 15 % en volumen. Es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión.

Como regla general, lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo, que representa una mala mezcla o un encendido defectuoso.

NO_x (Óxidos de Nitrógeno):

Los óxidos de Nitrógeno se simbolizan genéricamente como NO_x, siendo la "x" el coeficiente correspondiente a la cantidad de átomos de Nitrógeno, puede ser 1, 2,3 etc. Estos óxidos son perjudiciales para los seres vivos y su emisión en muchos lugares del mundo se encuentra reglamentada. Los óxidos de Nitrógeno surgen de la combinación entre sí del oxígeno y el nitrógeno del aire, y se forman a altas temperaturas y bajo presión.

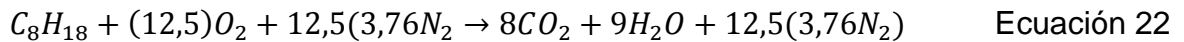
HC (Hidrocarburos no quemados):

Son moléculas de combustible parcialmente oxidados. Estos gases se deben a que por algún factor se impide que la mezcla se quemara correctamente dentro de la cámara de combustión. Las mezclas pobres (con exceso de oxígeno) provocan una velocidad de inflamación muy baja y por lo tanto no se produce una combustión correcta y por eso sale el combustible sin quemar (HC) por el escape. Las mezclas muy ricas (con exceso de combustible), debido a la falta de oxígeno también producen una combustión incorrecta y generan combustible sin quemar, consumen combustible en exceso, ensucian las bujías y pueden aumentar el desgaste del motor. En motores en buen estado, el valor normal de HC debe ser inferior a 350 ppm, mientras en vehículos catalizados baja de 50 a 100 ppm.

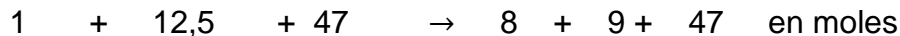
4.1.1. Química de la combustión en M.C.I. A continuación se muestra una reacción del tipo de un combustible con el aire. Para efectos de la determinación de los gases de escape, se supone que el aire se halla constituido por 21% de

oxígeno y 79% de nitrógeno, en volumen y por 23,2% de oxígeno y 76,8% de nitrógeno, en peso.

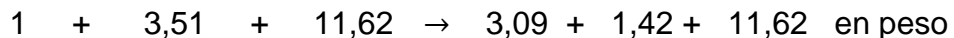
Para la gasolina típica (C_8H_{18}) la reacción de combustión es:



De la ecuación 21 los valores tanto de los reactivos como de los productos en moles son:



Una vez determinado el número en moles se obtiene el valor en peso dividiendo por 114.



De lo anterior se concluye:

Para la combustión de cada kilogramo de aire por cada kilogramo de gasolina, se necesitan $(3,51 + 11,62)/1$ o 14,7 kg de aire estando éste constituido por 3,51 kg de oxígeno y 11,62 kg de nitrógeno. La relación aire/combustible es, por consiguiente, 14,7 a 1, y la relación combustible/aire es de 1 a 14,7, o sea 0,066. Estas expresiones se utilizan mucho para indicar la riqueza o pobreza de una mezcla de combustibles y aire. En este caso es una combustión completa o estequiométrica.

Relación estequiométrica y el factor aire- combustible (λ):

Para la determinación de λ , se utiliza la ecuación 23.

$$\lambda = \frac{Aire_R}{Aire_T} \quad \text{Ecuación 23.}$$

En donde:

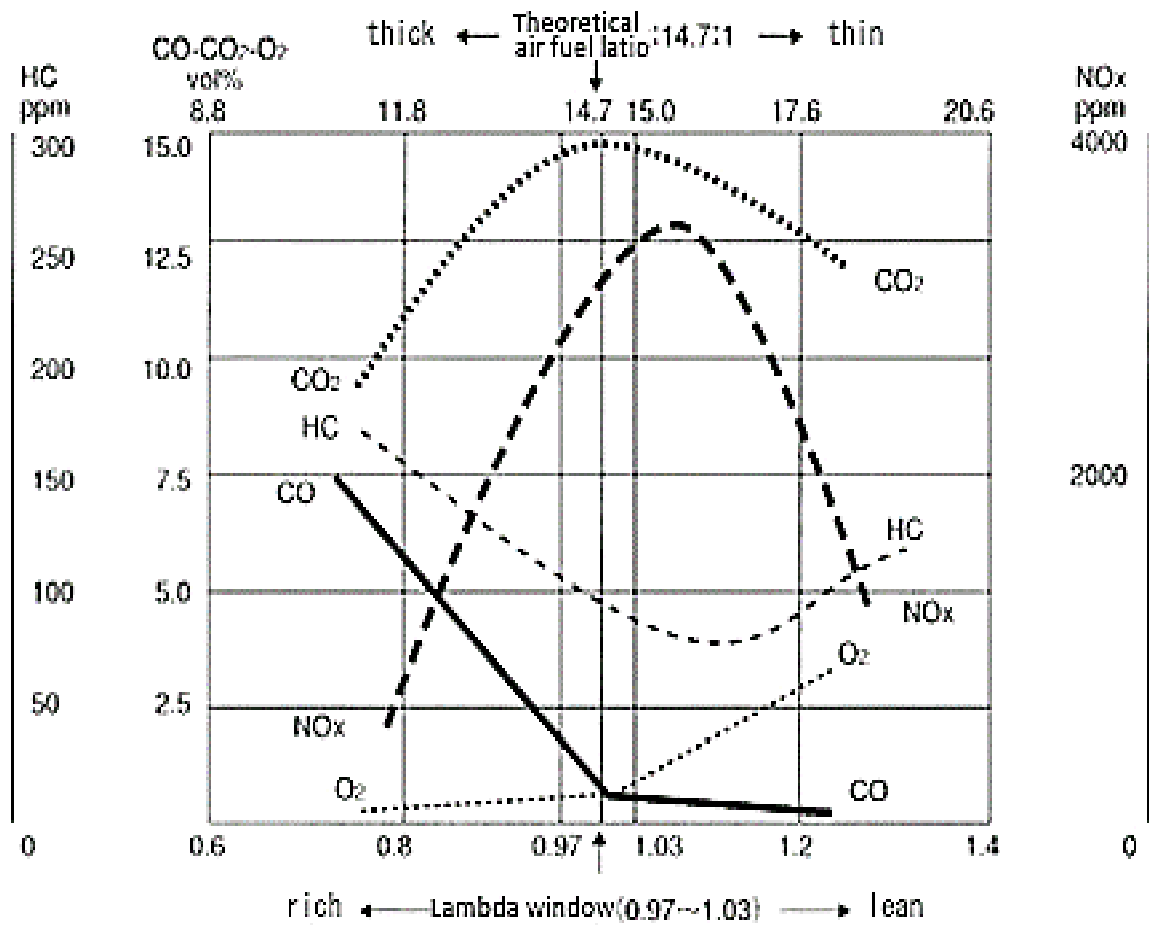
$\lambda=1$ significa que se está usando el aire teóricamente necesario, es decir 14,7 Kg. aire/ 1 Kg. de gasolina.

Si $\lambda > 1$ la mezcla es pobre.

Si $\lambda < 1$ la mezcla es rica.

En la Figura 59 se observa que la menor cantidad de contaminantes se producen en las proximidades del valor $\lambda = 1$ y los valores típicos de los diferentes gases de combustión respecto a la variación de λ .

Figura 59. Relación de aire λ .



Fuente: http://www.dipetane.jp/e/product_introduction.html

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIONES CO, CO₂, NO_x, O₂ Y HC, EN LOS MOTORES DE LA CELDA DEL CIM2T.

Los niveles de emisiones de óxidos de nitrógeno (óxido nítrico, NO, y dióxido de Nitrógeno, NO₂, usualmente agrupados y llamados NO_x), monóxidos de carbono (CO), los hidrocarburos sin quemar (HC) y partículas son importantes características de operación del motor de combustión interna.

Las concentraciones de las emisiones de gases en el escape del motor se miden usualmente en partículas por millón (ppm) o en porcentaje en volumen (lo cual corresponde a la fracción molar multiplicada por 106 o por 102 respectivamente); sin embargo los niveles de emisiones normalizados son más útiles. Dos de ellos son de uso común; las emisiones específicas son las relaciones entre la rata de flujo másico de contaminante por unidad de potencia de salida:

$$sNO_x = \frac{\dot{m}_{NO_x}}{P_e} \quad \frac{g}{(Kw-h)} \quad \text{Ecuación 24.}$$

$$sCO = \frac{\dot{m}_{CO}}{P_e} \quad \frac{g}{(Kw-h)} \quad \text{Ecuación 25.}$$

$$sHC = \frac{\dot{m}_{HC}}{P_e} \quad \frac{g}{(Kw-h)} \quad \text{Ecuación 26.}$$

Estas expresiones son tomadas de HEYWOOD, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals [8].

Las ecuaciones permiten determinar las cantidades de gases de escape en el proceso de combustión del motor según los porcentajes de compuestos del combustible utilizado.

4.2.1. Niveles de emisiones según investigaciones y parámetros de la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos.

En la determinación de los niveles de emisiones se tienen en cuenta los estudios realizados por

laboratorios e investigaciones de apoyo y normas usadas por las asociaciones internacionales como parámetros para poder realizar los estándares.

Según la agencia de protección ambiental (EPA) junto con la regulación (Emission standard of CARB (California Air Resource Board) for hand-held engine), confieren regulaciones para motores de baja potencia y los niveles de gases de combustión, como se muestra en la Tabla 16 tomada de la EPA y el artículo Low Exhaust Emission System for Small Two-Stroke Cycle Engines.

Estos valores se tienen en cuenta para la selección del analizador para la celda del CIM2T.

Tabla 16. Emission standard of CARB (California Air Resource Board) for hand-held engine.

Regulation (implementation)	Engine displacement	Durability periods (h)	HC (g/kW·h)	NO _x (g/kW·h)	CO (g/kW·h)	PM (g/kW·h)
Tier 1 regulation (1995–1999)	< 20 cc	-	295	5.4	804	-
	20 - 50 cc	-	241	5.4	804	-
	> 50 cc	-	161	5.4	603	-
Tier 2 regulation (2000–)	≤ 65 cc	50, 125, 300	72		536	2*

*: Applicable to two-stroke cycle engines

Fuente: EPA

En la Tabla 16 se pueden observar valores para motores de más potencia según el artículo citado anteriormente.

Tabla 17. California las emisiones de escape de Normas para motores todo terreno. Típico Rendimiento del motor

	CO (gr) / kW-hr)	HC + NOx (g / kW-hr)
Reglamento de California (1994)	400	16
Reglamento California (1999)	133	4
Honda GXV120 (4 Hp), OHV de 4 tiempos	640	25
D410 Lawnboy (2Hp), 2 tiempos (sintonizado)	600	250
D410 Lawnboy (2 Hp), 2 tiempos (no ajustado)	1500	800
Serie 200 Homelite Motosierra (1 Hp), 2 tiempos	580	200
Automóvil típica (de poca potencia: 5 yrs/50, 000 millas)	<1	<0.1

Fuente: EPA

En el caso de motores de fuera de borda la EPA proporciona algunos ejemplos de niveles de emisiones en motores de 2 tiempos. Como lo muestra la Tabla 18.

Tabla 18. Niveles de emisiones en motores de 2 tiempos fuera de borda según la EPA.

NONROAD power range	HC (g/kW-hr)	NOx (g/kW-hr)	CO (g/kW-hr)
0 - 3 hp	340.5	4.12	531.5
3 - 11	292.8	3.38	450.0
11 - 25	220.5	1.34	404.0
25 - 50	156.0	1.60	310.0
50 - 100	136.7	2.46	313.0
100 - 175	172.5	6.00	420.0
>175	172.5	6.00	420.0

Fuente: EPA.

En el análisis de la regulación el impacto final de la EPA se hace un estudio del motor de 2 tiempos de la marca Husqvarna obteniendo los valores mostrados en la Tabla 19.

Tabla 19. Medición de emisiones de motores Husqvarna por la EPA.

New Husqvarna Phase 1 Certification Engines
With Catalysts Class IV Trimmer/Edgers (g/kW-hr)

Engine Family	Power	Displacement	HC	CO	NOx
XHVXS.0254EB	0.86kW	24.5cc	181.9	622.3	0.3
XHVXS 0274 EA	0.9kW	25.4cc	183.9	663.1	0.2
XHVXS.0314EA	1.07kW	30.8cc	157.0	551.2	0.2
XHVXS.0364EA	1.31kW	36.3cc	154.5	595.8	0.3

Fuente: EPA

Mediciones basadas en la norma 8178-4 realizadas en laboratorios y compiladas en la Tabla 20 y tomadas del artículo “emission testing of engines to be installed in not road-mobile machinery” realizado por: Dipl.-Ing. Wolfgang Miersch y Dipl.-Ing. Jürgen Sachse. Donde se observa la recopilación de varios tipos de motores y distintas marcas.

Tabla 20. Niveles de emisiones según: emission testing of engines to be installed in not road-mobile machinery.

Table of summary of test results

Serv. Contr.	Test engine							Test results according ISO-8178-4									
	eng.-categ./no.	manufacturer	type	working princip.	valve	capacity cm ³	cyl	remark	test cycle	power kW	speed r.p.m.	CO g/kWh	HC g/kWh	NO _x g/kWh	PT g/kWh	CO ₂ g/kWh	fuel con. g/kWh
f	1	Honda	GX 22	4str.-SI	OHV	22.2	1		G3	0.7	7000	41.9	16.6	6.0	/	1091.9	381.3
	2	Husqvarna	235 R	2str.-SI	/	36.3	1	Cat.	G3	1.1	9000	42.9	82.0	1.7	/	1397.9	543.5
	3	Stihl	026 C	2str.-SI	/	48.7	1	Cat.	G3	2.3	9500	224.5	49.1	1.9	/	1147.1	521.6
	4	Husqvarna	246 Cat	2str.-SI	/	46	1	Cat.	G3	2.0	9300	117.2	66.0	1.7	/	1379.6	558.6
	5	Ryobi	Micro	4str.-SI	OHV	26	1		G3	0.5	7000	222.5	27.5	3.4	/	1216.7	521.0
g	1	Honda	GX 22	4str.-SI	OHV	22.2	1		G3	0.7	7000	24.6	20.9	8.3	/	1128.7	388.6
	2	Husqvarna	235 R	2str.-SI	/	36.3	1	Cat.	G3	1.1	9000	56.1	84.2	2.1	/	1422.3	560.0
	3	Stihl	026 C	2str.-SI	/	48.7	1	Cat.	G3	2.1	9500	412.0	91.0	0.6	/	907.1	580.8
	4	Husqvarna	246 Cat	2str.-SI	/	46	1	Cat.	G3	2.0	9300	312.5	61.3	0.4	/	1019.2	537.2
	5	Ryobi	Micro	4str.-SI	OHV	26	1	defect	G3	/	/	/	/	/	/	/	/

Fuente: Emission testing of engines to be installed in not road-mobile machinery.

Las anteriores Tablas tomadas como referencia para este proyecto, determinan niveles de emisiones estables y rangos similares para el estudio de los motores seleccionados anteriormente.

4.3. RESEÑA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE EMISIONES.

En la Figura 60 muestra los diferentes analizadores usados según el tipo de gas y a continuación una breve descripción de los principales utilizados en celdas de ensayos.

Figura 60. Sensores y analizadores según el tipo de gases.

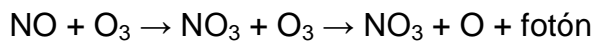
<i>Gases</i>	<i>Used as</i>	<i>Concentration</i>	<i>For analyser type</i>
Synthetic air (2)	Burner air	21% O ₂ /79% N ₂	FID
H ₂ /He mixture	Burner gas	40% H ₂ , 60% He	FID
C ₃ H ₈ in synth. air	Test gas	99.95%	External bottle with CFO system
O ₂	Operating gas	99.98% purity	CLD
CO in N ₂	Span gas	50 ppm	CO _{low}
C ₃ H ₈ in synth air	Span gas	100 ppm	FID
C ₃ H ₈ in synth air	Span gas	10000 ppm	FID
NO in N ₂	Span gas	100 ppm	CLD
NO in N ₂	Span gas	5000 ppm	CLD
CO in N ₂	Span gas	500 ppm	CO _{low}
CO in N ₂	Span gas	10%	CO _{high}
CO ₂ in N ₂	Span gas	5%	CO ₂
CO ₂ in N ₂	Span gas	20%	CO ₂
O ₂ in N ₂	Span gas	20%	CO ₂
Synthetic air (1)	Zero gas	oil free	FID
N ₂	Zero gas	CO free	NO, CO _{low} , CO _{high} , CO ₂ , O ₂

Fuente: Engine testing theory and practice, Michael Plint-Anthony Maetyr. Pag 190.

4.3.1. NDIR: Analizador de infrarrojo no disperso. Llamado “no dispersivo” porque toda la luz poli cromática de la fuente pasa a través de la muestra de gas y a través del filtro antes de ir en frente del sensor, mientras instrumentos 'dispersivos', que se encuentran en los laboratorios de análisis, filtran la fuente de luz a la banda de frecuencia estrecha antes de la muestra. La molécula de CO₂ tiene un absorptancia de banda muy marcada y única de luz infrarroja (IR) que muestra el pico dominante de 4,26 μm de longitud de onda, luego el instrumento sensor es sintonizado para detectar y medir. Mediante selección de filtros sensibles a otras longitudes de onda de IR, es posible detectar otros compuestos tales como CO y otros hidrocarburos en alrededor de 3,4 μm.

Nota la medición de CO₂ utilizando un analizador NDIR es sensible a la presencia de vapor de agua en el gas de muestra.

4.3.2. CLD: Detector de luminosidad química. La quimioluminiscencia es el fenómeno por el cual las reacciones químicas producen luz, la reacción para las emisiones es:



Los compuestos de nitrógeno en los gases de escape son una mezcla de NO y NO₂, y que se describe como NO_x.

En el detector, el NO₂ se convierte primero catalíticamente a NO y la muestra es se hace reaccionar con el ozono que se genera por una descarga eléctrica a través de oxígeno, a baja presión en una cámara de vacío calentada. La luz se mide por el fotomultiplicador el cual indica la concentración de NO_x en la muestra. Una gran parte del trabajo de desarrollo continúa siendo llevados a cabo para mejorar la química los tiempos de reacción son altamente dependientes de la temperatura, y así acortar los tiempos de respuesta en los instrumentos.

4.3.3. FID: El detector de ionización de llama. La FID tiene un amplio rango dinámico y alta sensibilidad a todas las sustancias que contienen carbono. Su funcionamiento depende de la producción de electrones libres e iones positivos que tiene lugar durante la combustión de hidrocarburos. Si la combustión se dispone para llevar a cabo en un campo eléctrico, el flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo es estrechamente proporcional al número de átomos de carbono que toman parte en la reacción. En el detector de la muestra, se mezcla con el hidrógeno y el helio en la cámara de quemado que se calienta para evitar la condensación del vapor de agua formado. Un típico rango para muestra de medición, tiempo de respuesta es de 1-2 s.

4.3.4. FTIR: Analizador infrarrojo de transformada de Fourier. Este equipo opera con el mismo principio con que lo hace el NDIR, pero realiza un análisis de Fourier completo del espectro infrarrojo de la muestra de gas, esto permite la medida del contenido de muchos componentes diferentes. El método es especialmente útil para tratar con emisiones de motores que queman combustibles basados en alcoholes.

4.3.5. HTFR: Medidor de flujo de huella de helio. Desarrollado recientemente por Horiba, requiere para su operación de la inyección de un pequeño flujo, aproximadamente de <500 cc/min. Se debe ubicar a una distancia no menor de 1,2 m corriente abajo del ducto de escape para asegurar la mezcla del helio, en este punto se toma una muestra y la concentración de helio es medida, dando una indicación directa de la rata de flujo másico del gas de escape.

4.3.6. PM: Emisiones de material particulado. Hay esencialmente tres métodos para medir las emisiones de partículas, aparte del aparato de tipo laboratorio para estudiar la distribución del tamaño de las partículas. Estos métodos no se pueden relacionar fácilmente el uno al otro:

- El método "tradicional", con el uso de un medidor de humo que mide la opacidad del escape no diluido por el grado en que se oscurece un rayo dirigido.
- La medida del contenido de partículas de una muestra pura de gas de escape arrastrándolo por un papel de filtro de propiedades específicas y estimando el grado de oscurecimiento consecuente del papel contra una escala concordada
- La medida de la masa verdadera de partículas atrapadas por un papel de filtro durante el paso de un volumen específico de gas diluido de escape.

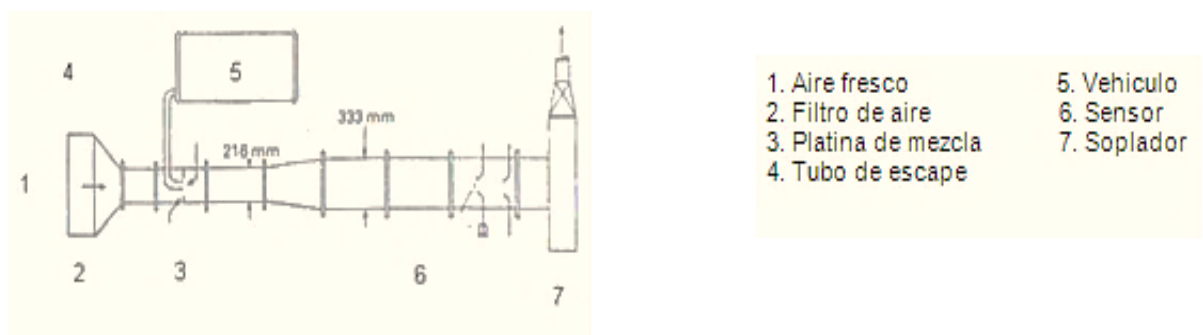
4.3.7. El analizador de gas Hartridge. El instrumento se compone principalmente de una sonda que tiene un diámetro en el rango de 10 – 25 mm, dependiendo del tamaño del motor, la cual lleva una muestra de gas de escape al

centro de un tubo de humo calentado, este fluye hacia cada extremo del tubo donde aire limpio, suministrado por un ventilador, lo dirige dentro de un ducto adyacente al tubo. Una luz de una lámpara halógena es dirigida a través del tubo de humo y la luz no absorbida por el humo es detectada por un fotodiodo de silicio.

La densidad del humo es dada en términos de un coeficiente de absorción k o una unidad Hartridge de humo (HSU) teniéndose un rango de 0 – 100. Estos analizadores de gas son usados en pruebas estáticas y dinámicas (aceleración) en las rutinas de pruebas de vehículos en servicio.

En la Figura 61 se observa el esquema del analizador de gas hartridge.

Figura 61. Esquema de Analizador hartridge.



Fuente: Exhaust gas dilution tunnel (SAE j 1280 Dynamic Dilution SystemB), Engine testing theory and practice; test Michael Plint-Anthony Maetyl. Pag 262.

4.4. CALIBRACIÓN DEL GAS PATRÓN, ALMACENADO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS PARA LOS ANALIZADORES MÁS USADOS.

Para funcionar correctamente los analizadores de gases de escape tienen que ser calibrados periódicamente, utilizando gases de composición conocida. El principio de calibración es similar al de cualquier transductor en el punto cero se fija, en este caso purgando con nitrógeno puro (a veces conocido como "zero-aire"),

entonces el valor del 100 por ciento se establece con esa composición del gas, conocido como el "gas de ajuste". La buena práctica dicta entonces que la composición del gas de un intermedio se utiliza a continuación para comprobar la linealidad del sistema. Toda la rutina puede ser altamente automatizada por la rutina de calibración incorporada en la unidad de control del analizador. Después de la calibración, el sistema de suministro de gas se purga con NO_x para prevenir la degradación de las líneas. Muchos analizadores son capaces en parte de cambiar la medición de la sensibilidad y puede calibrarse utilizando el conocido del gas patrón diluido con "zero-aire" mediante un dispositivo conocido más comúnmente como "separador de gas", con un gas patrón de embotellado de la composición correcta. Si utiliza el método divisor de gases, es importante que el mismo gas (N_2 o aire artificial) utilizado en la dilución de él que se utilizó para poner a cero el gas o set calibrado.

Además, de la calibración o gas calibrado, la instalación requerirá un invernadero para las operacionales tales como la de átomos de oxígeno, además de hidrógeno como fuente de combustible para cualquier ionización de llama (FID) y en algunos casos, las rutinas de prueba tales gases es fundamental para el control de flujo.

4.5. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y COMPONENTES PARA LA MEDICIÓN DE EMISIONES CO , CO_2 , NO_x , O_2 Y HC DE LA CELDA PARA EL CIM2T.

Teniendo en cuenta la importancia de las mediciones de los gases de escape en los MCIAs a continuación se seleccionan los equipos necesarios para la celda del CIM2T.

4.5.1. Equipo de medición de niveles de gases y accesorios auxiliares. Con el objeto de seleccionar el analizador, se realizó el estudio de los factores económicos para la implementación en la celda de ensayos, obteniendo como resultado la selección de analizadores de rango medio con buen ajuste de

exactitud y precisión los cuales en el mercado registran precios ajustados al presupuesto de la celda de ensayos, haciendo la comparación a continuación con los equipos seleccionados.

Se determina la selección de un medidor de rango medio capaz de obtener buena resolución de los parámetros a medir según la norma NTC (Norma Técnica Colombiana) 4983, la cual trata de la calidad del aire, la evaluación de los gases de escape de fuentes móviles a gasolina; donde muestra los requisitos de medición y exactitud del analizador como se ve en la Figura 62.

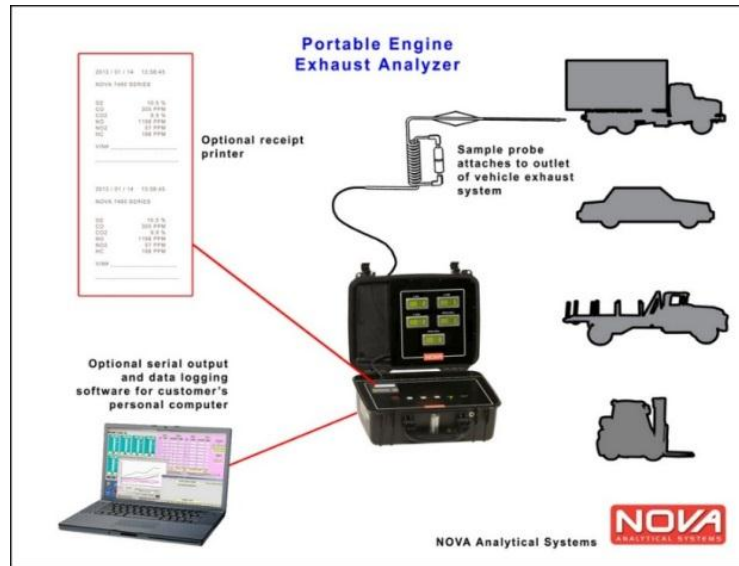
Figura 62. Requisitos de exactitud, ruido y repetibilidad del analizador de gases de escape.

Canal	Rango	Exactitud	Ruido	Repetibilidad
HC (ppm)	0-400	±12	6	8
	401-1 000	±30	10	15
	1 001-2 000	±80	20	30
CO(%)	0-2,00	±0,06	0,02	0,03
	2,01-5,00	±0,15	0,06	0,08
	5,01-10,00	±0,40	0,10	0,15
CO2 (%)	0-4,0	±0,60	0,20	0,3
	4,1-14,0	±0,50	0,20	0,3
	14,1-16,0	±0,60	0,20	0,3
O2 (%)	0-10,0	±0,5	0,3	0,4
	10,1-22,0	±1,3	0,6	1,0

Fuente: Norma NTC 4983.

Alternativa 1: Analizador de gases portable NOVA 376 como se muestra en la Figura 63, se observa el cuadro de exactitud y rango de ruido y repetibilidad de los analizadores utilizados según la norma NTC 4983.

Figura 63. Analizador de gases portable NOVA 376 con especificaciones técnicas.



Especificaciones	
Método de detección	Cilindro reemplazable O electroquímica O_2 , CO y NO sensores Solid detector infrarrojo de estado para el CO_2
Rangos disponibles	0-1800 ° F (0 a 1000 ° C) Temperatura de pila 0 a 20,0% de CO_2 0-200 a 0-2000 PPM NOx (como NO) oscila disponibles 0-2000 PPM y 0-4,00% CO - Interruptor seleccionable 0 - 25.0% de O_2
Precisión y repetibilidad	Dentro de $\pm 0.1\%$ de O_2 y CO_2 ; ± 10 PPM de CO y NO
Deriva	2% de la escala completa por cada 8 horas de funcionamiento continuo
Tiempo de respuesta (T-90)	10-15 segundos para O_2 ; 20-30 segundos para el CO, NO y CO_2
Rango de temperatura ambiente	0 a 40 ° C 32 a 105 ° F
Linealidad	$\pm 1,0\%$ del fondo de escala para cada gas medido
Tamaño y Peso	18 "L x 7" H x 12 "D @ 15 libras (45,7 x 30,5 x 17,8 cm@6.8 kg)
Potencia	Operación AC / DC, 115 VAC, 60 Hz para la recarga
Opciones de salida	0-1 VCC 4-20 mA
Opciones de Área de Riesgo Clasificación	Uso general, no peligrosos

Fuente: <http://www.nova-gas.com/EngineExhaustpage.html>

Este equipo nos permite analizar de manera rápida los diferentes niveles de gases de combustión de manera acertada, y bajo costo. Nova puede proporcionar analizadores portátiles de gas a precios razonables para el análisis del escape del motor. Los siguientes análisis de gas están disponibles:

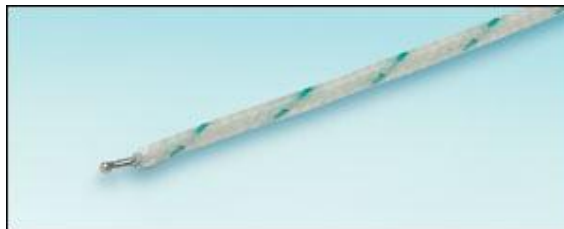
- El oxígeno (O₂)
- Monóxido de carbono (CO) (en porcentaje o ppm)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Óxido de nitrógeno (NO)
- Dióxido de Nitrógeno (NO₂)
- Hidrocarburos (calibrada como hexano o propano)

El analizador Nova se puede utilizar para el control de emisiones de escape de los motores diésel, gasolina, propano o gas natural alimentado; motor de 2 y 4 de tiempos. Esto incluye los pequeños motores, automóviles, camiones, carretillas elevadoras de tenedor, tractores, etc.

NOTA: se hace indispensable la calibración del analizador para lo cual es necesario un equipo de alto desempeño, como lo muestran las otras alternativas.

Para la medición de la temperatura de los gases de escape es necesario la selección del elemento termocupla tipo K para los rangos de temperatura de salida de los gases de 400-800 °C según [13] o 440-720 °C según Petar BIGOŠ [14].

Figura 64. Termocupla tipo k para la medición de la temperatura de los gases.



Fuente: <http://www.tcdirect.de/deptprod.asp?deptid=180/20>

En la Figura 64 se observa un termopar simple hecho de la seda de vidrio aislante los cables del termopar de 0,3 mm. Disponible con extremos de cable libre o con enchufe miniatura.

Disponible en longitudes de 2 o de 5 m. Ideal para aplicaciones de hasta 1350° C.

- ✓ Cables del termopar trenzados y 0,3 mm de diámetro, con aislamiento de fibra de vidrio.
- ✓ Longitud del cable: 2 o 5 m.
- ✓ Temperatura de funcionamiento: -10 ° C a +1350 ° C.

Figura 65. Fotos del laboratorio de energía Bremen Hochschule university Applied Sciences: instalación sensores gases de escape (a).



Fuente: suministrada.

Figura 66. Fotos del laboratorio de energía Bremen Hochschule university Applied Sciences gases de escape (b).



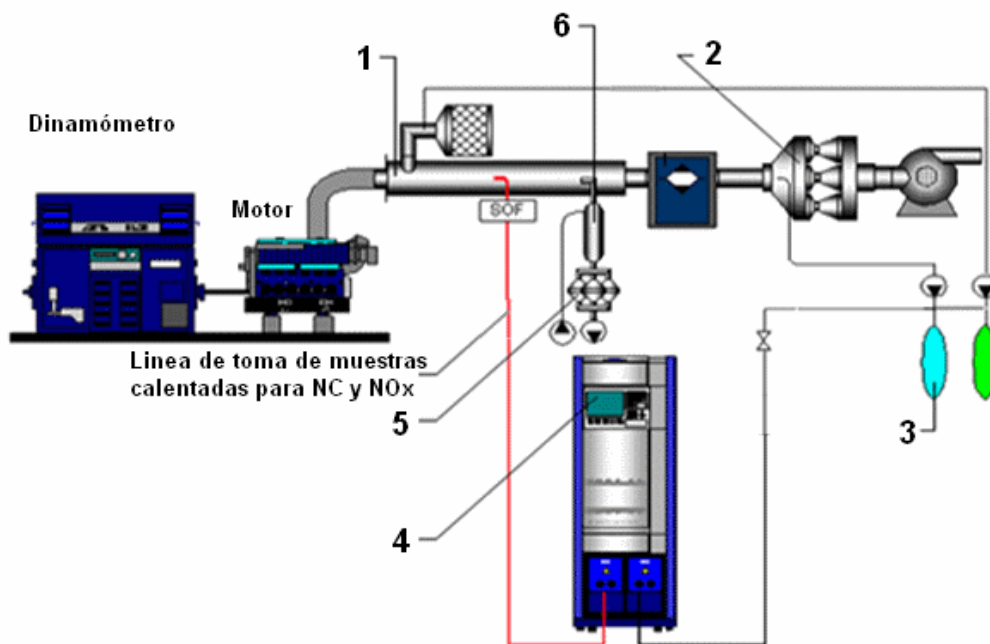
Fuente: suministrada.

En las Figuras 65 y 66 se muestran como son conectados los dispositivos de medición en el laboratorio de energías de Bremen Hochschule university Applied Sciences, asimilando como se prevé sean instalados en el CIM2T aplicando las normas ya vistas anteriormente.

Alternativa 2: En AVL encontramos equipos que satisfacen nuestras necesidades. En el caso del CVS, el AVL CVS i60™ - Dilution Systems, es un equipo compacto que trae integrado el túnel de dilución (1), los Venturi de selección de rata de flujo (2) y las bolsas para almacenar las muestra (3). Para analizar los gases tomados se utilizará el AVL AMA i60™ - Exhaust Measurement System (4), un sistema avanzado de análisis de emisiones que tiene capacidad para medir CO, CO₂, NO₂, HC, O₂, NO_x, utilizando métodos de medición modernos que proporcionan tiempos de respuesta rápidos, necesarios para tareas de investigación, desarrollo y certificación de los motores.

En la Figura 67 se muestra el equipo analizador de gases, la medición de las emisiones en motores Diésel se llevará a cabo usando los mismos equipos utilizados para los motores a gasolina y gas, ya que estos tienen la capacidad de trabajar con diferentes tipos de combustibles tales como Diésel, biodiesel, gasolinas, gases y alcoholes. Sin embargo, adicionalmente es necesario el uso de un túnel de dilución secundario y un sistema de toma de muestras para la medición gravimétrica precisa del material particulado.

Figura 67. Esquema del sistema de análisis de gases AVL CVS i60™.



Fuente: Catálogo de equipo de medición AVL.

Alternativa 3: Equipo portable Horiba OBS-BONE.

OBS-ONE es el último Sistema de Medición de Emisiones portátil diseñado para la certificación del motor / vehículo en carreteras reales.

Mide las concentraciones de las emisiones (CO, CO₂, el THC, NO_x, NO₂), material

particulado, la relación aire-combustible, tasa de escape de flujo, los datos del GPS, las condiciones ambientales (temperatura atmosférica, humedad y presión) y calcula las emisiones de masa.

OBS-ONE ofrece la gran capacidad de adaptación, la plataforma de operación inteligente llamado "HORIBA UNA PLATAFORMA" que integra otros datos de productos una serie y optimiza la celda de ensayo operación. Este se observa en la Figura 68.

Figura 68. Analizador de emisiones Horiba OBS-BONE.



Fuente: catálogo de equipos Horiba para medición de las emisiones.

Medición: el quipo trae su propia interfaz de analizador llamado paquete de prueba integral incluye auto-diagnóstico, control de calidad y calibración de la sensibilidad antes de la prueba. Además de guías de todo el proceso (preparación, el procesamiento posterior de los datos de medición, etc.) desde antes hasta después de la prueba.

Para la selección final se anexa cotización de cada una de las alternativas anteriores. Ver anexo C.

5. SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL CIM2T DEL PTG.

En un banco de pruebas y ensayos el dinamómetro es el encargado de medir la potencia de un MCIA a determinadas revoluciones por minuto (rpm). Para lo cual el banco dispone de un freno dinamométrico el cual genera un par resistente proporcionando carga al motor, es necesario indicar que como característica primordial, esta carga debe ser variable permitiendo ensayar las distintas condiciones operativas del motor.

El buen funcionamiento del motor es importante debido a:

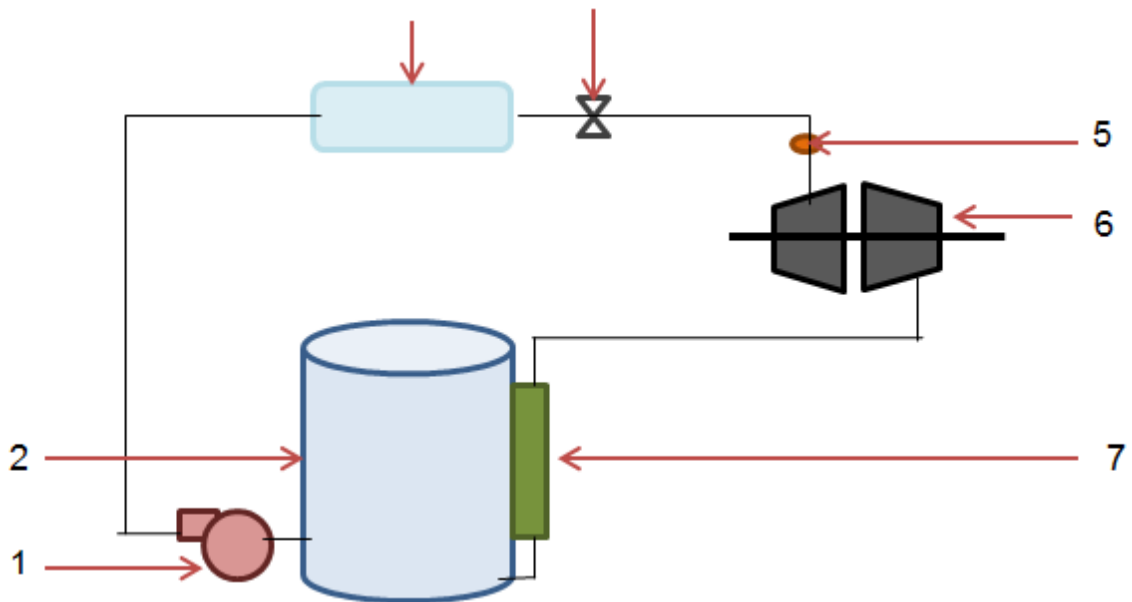
- ✓ Los frenos dinamométricos transforman toda la energía mecánica que reciben del motor en calor. Este calor es eliminado por el sistema de refrigeración del freno que suele ser mediante un abastecimiento continuo de agua.
- ✓ En los frenos dinamométricos hidráulicos se ha de mantener la presión del agua dentro de unos límites, ya que por ser el agua el elemento de resistencia, cualquier variación de presión provocaría una variación en el par resistente y por lo tanto una variación en la medida.
- ✓ El agua se calienta a su paso por el freno y en algunos casos se suele emplear un circuito cerrado, enfriándose el agua en una torre de refrigeración.

5.1. ESQUEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA LA CELDA DE ENSAYOS.

En la Figura 69. Se muestra un esquema del sistema de suministro de agua para CIM2T del PTG, el cual consta principalmente de un tanque de almacenamiento (2) el cual tiene una división que separa el agua contaminada debido a que el agua que viene del dinamómetro llega sucia de partículas de aceite, esta agua es

enfriada por medio de un radiador (7) y luego es transportada por medio de una bomba al tanque pequeño (3) dentro de este se debe mantener el nivel de agua mínimo el cual está siendo medido para que luego salga a la temperatura permitida siendo censada por medio de un sistema PID (5) posteriormente el fluido llega al dinamómetro (6) y regulando el flujo por medio de la válvula (4) para así asegurarnos del debido funcionamiento del dinamómetro y a su vez el respectivo motor.

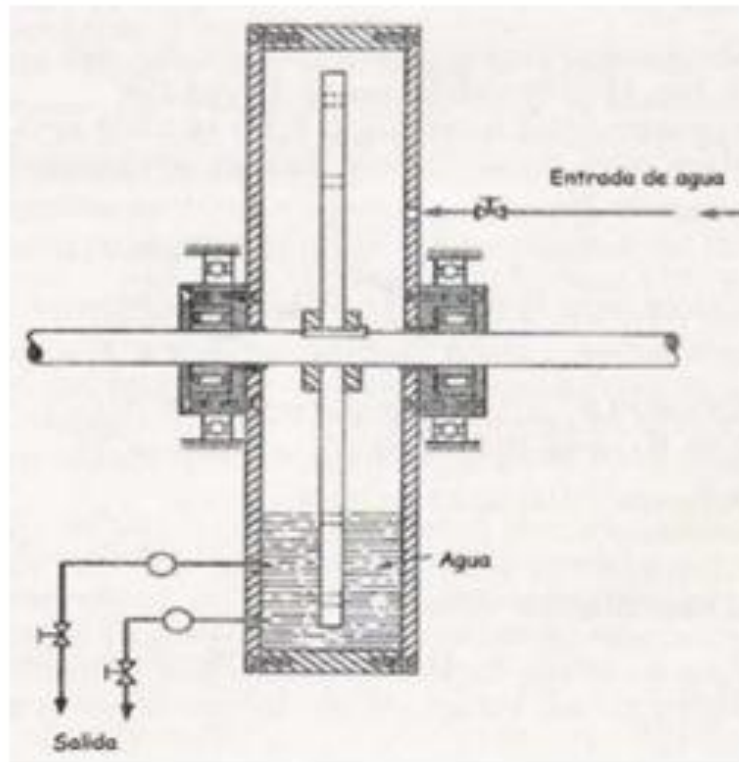
Figura 69. Esquema de los componentes del sistema de suministro de agua _



5.2. DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSSICO DE AGUA PARA EL CIM2T

Para la determinación de gasto másico es necesario ver el funcionamiento del dinamómetro Magtrol WB/PB 115 series Eddy-Current, en la Figura 70 se encuentra el dinamómetro que utilizaremos para realizar las diferentes pruebas.

Figura 70. Dinamómetro



Fuente: MAGTROL WB/PB 115 series Eddy-Current and power Dynamometers

5.2.1. Especificaciones técnicas de dinamómetro. Para la determinación del flujo másico del agua se emplean los datos dados por el fabricante del dinamómetro (véase anexo C)

Torque 5Kw – 30Kw

18000 – 20000 rpm

30 l/kWh

$T_{entrada} = 26,7^{\circ}\text{C}$ $T_{salida} = 61^{\circ}\text{C}$

Flujo másico de agua $0,12 \frac{l}{min}$

$Q = 2 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$

5.3. DISEÑO DE LAS TUBERÍAS PARA EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA.

Para el sistema de suministro de agua se deben calcular las pérdidas de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

5.3.1. Ecuación de Bernoulli; ecuación de la conservación de la energía

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + h_f \quad \text{Ecuación 27.}$$

Ecuación siempre expresada en metros

5.3.2. Número de Reynolds. Es una ecuación adimensional que nos indica el grado de turbulencia del movimiento de un fluido. Responde a las siguientes ecuaciones.

$$Re = \frac{Dv}{\nu} = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad \text{Ecuación 28.}$$

Donde,

D = diámetro interno de tubería (m)

V = velocidad en (m/s)

μ = viscosidad dinámica (Ns/m²)

ρ = densidad (kg/m³)

g = aceleración gravedad (m/s²)

ν = viscosidad cinemática (m²/s)

5.3.3. Determinación de la pérdida de carga en tuberías. La pérdida de carga en tuberías responde a la ecuación

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 29.

Dónde:

L - longitud de la tubería

V - velocidad del fluido

D - diámetro de la tubería

g - aceleración gravitatoria

f - es el factor de fricción y puede obtenerse con las siguientes ecuaciones flujo laminar ($Re < 2000$)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Si el flujo es turbulento se obtiene a partir de la ecuación de Colebrook, que necesita resolución iterativa

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Ecuación 30.

La mejor forma para la determinación es la sugerida por el diagrama de MOODY.

5.4. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA REGULADORA.

Se recomienda utilizar dos métodos para estimar la pérdida de carga de un accesorio:

1) Por medio de la LONGITUD EQUIVALENTE DE LA TUBERÍA.

Consiste en estimar el valor de L_e , podemos usar las siguientes Tablas 21 y 22 para diámetros pequeños (<2 in) o la Tabla 23 para diámetros grandes.

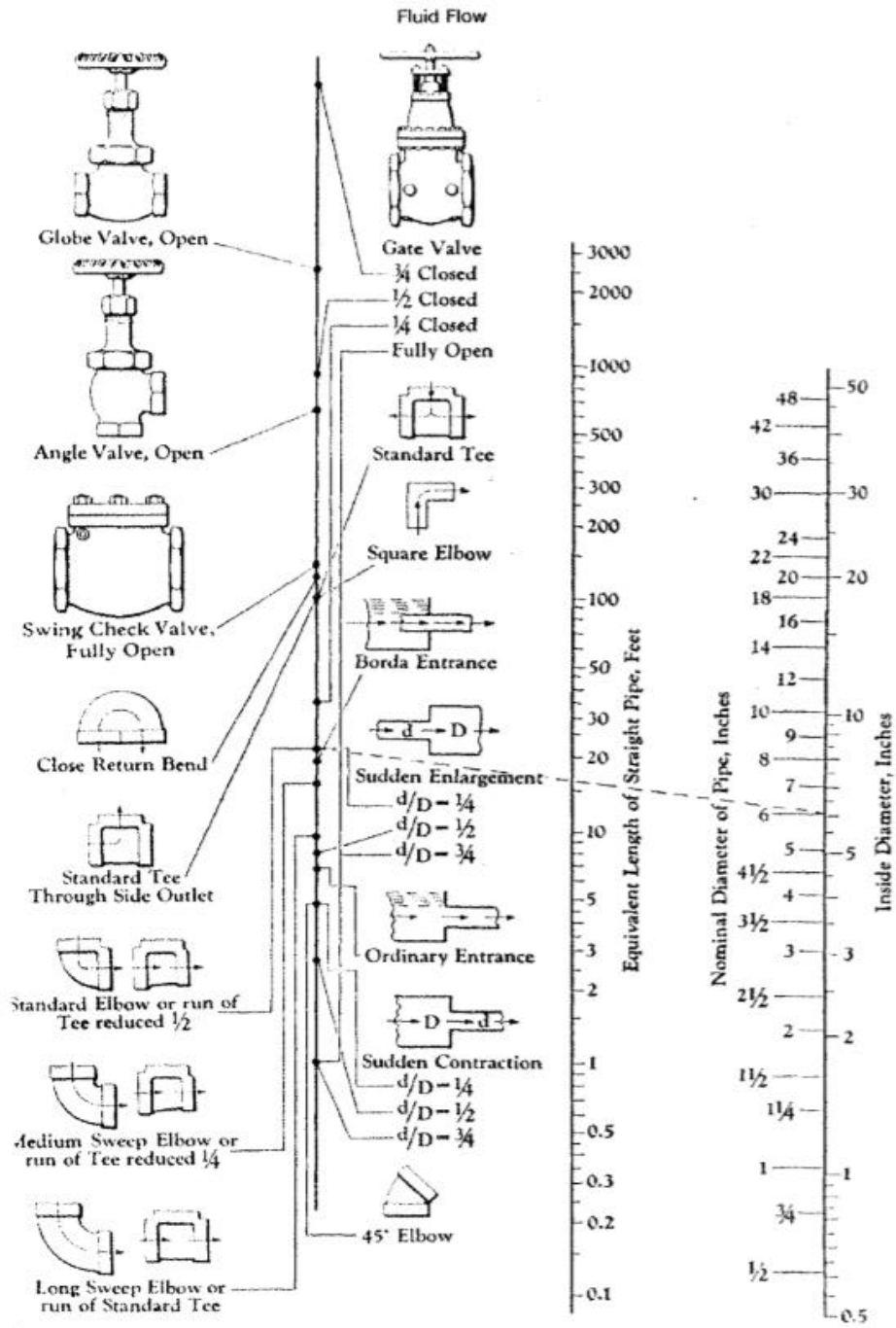
Tabla 21. Perdida de carga expresada en Longitud equivalente (ft)

Diametro interior del tubo, en pulgadas	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
Codo de 90°	2-2,5	4-5	6-7	9-10	10-11	12-14	18	27	26	31	35	40	45	52
Codo largo de 90°	1,5-2	2,5-4	5	6-7	7-8	9-11	12-14	16-17	20	23	27	30	34	40
Codo de 45°	1,5	2,5	3,5	4,5	6	7,5	10	12,5	15	17	19	21	23	28
Codo largo de 45°	1	1,5	2	2,7	3,5	4	5	6	7	9	10	12	14	16
Curva de 180°						36	46	60	75					
Curva de 180°, de gran radio						20	25	30	40					
Curvas de 90° soldadas = 0,5	--	7	10	12	15	19	25	32	38	44	50	56	--	--
1,0	--	3	5	6	7	8	11	14	17	20	23	26	--	--
1,5	--	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	--	--
2,0	--	1	2	3	3,5	4	6	8	10	12	14	16	--	--
3,0	--	1	1,5	2,5	3	4	6	7	9	11	13	15	--	--
Tes	5,5	10	15	20	25	32	41	55	65	75	85	100	115	130
Válvula de compuerta abierta	0,6	1,25	1,7	2,3	2,9	3,5	4,5	6	7	8	9	10	12	14
cerrada 1/4	--	7	10	13	16	19	26	33	40	--	--	--	--	--
cerrada 1/2	--	33	50	70	85	100	130	160	190	--	--	--	--	--
cerrada 3/4	--	140	200	280	340	400	540	700	800	--	--	--	--	--
Válvula esférica	27	56	80	107	133	160	215	270	320	375	430	480	540	640
Válvula de retención	7	13	20	27	33	40	53	67	80	93	107	120	135	160
Válvula de pie	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32	36	40	48
Colador	4	5	6	8	10	11	13	16	18	21	24	30	35	40
Entrada típica	1,5	3	4,5	6	7,5	9	12	15	18	21	24	27	30	35

NOTA. Estos valores son necesariamente aproximados porque el valor específico variará con el tipo de accesorio (por ejemplo, roscando o con pletina), las dimensiones geométricas reales y el sistema de construcción (por ejemplo, forjado o soldado).

Fuente: Manual CRANE

Tabla 22. Longitud equivalente en pies para diámetros < 2in



Fuente: Manual CRANE

Tabla 23. Longitud equivalente en pies para diámetros > 2in

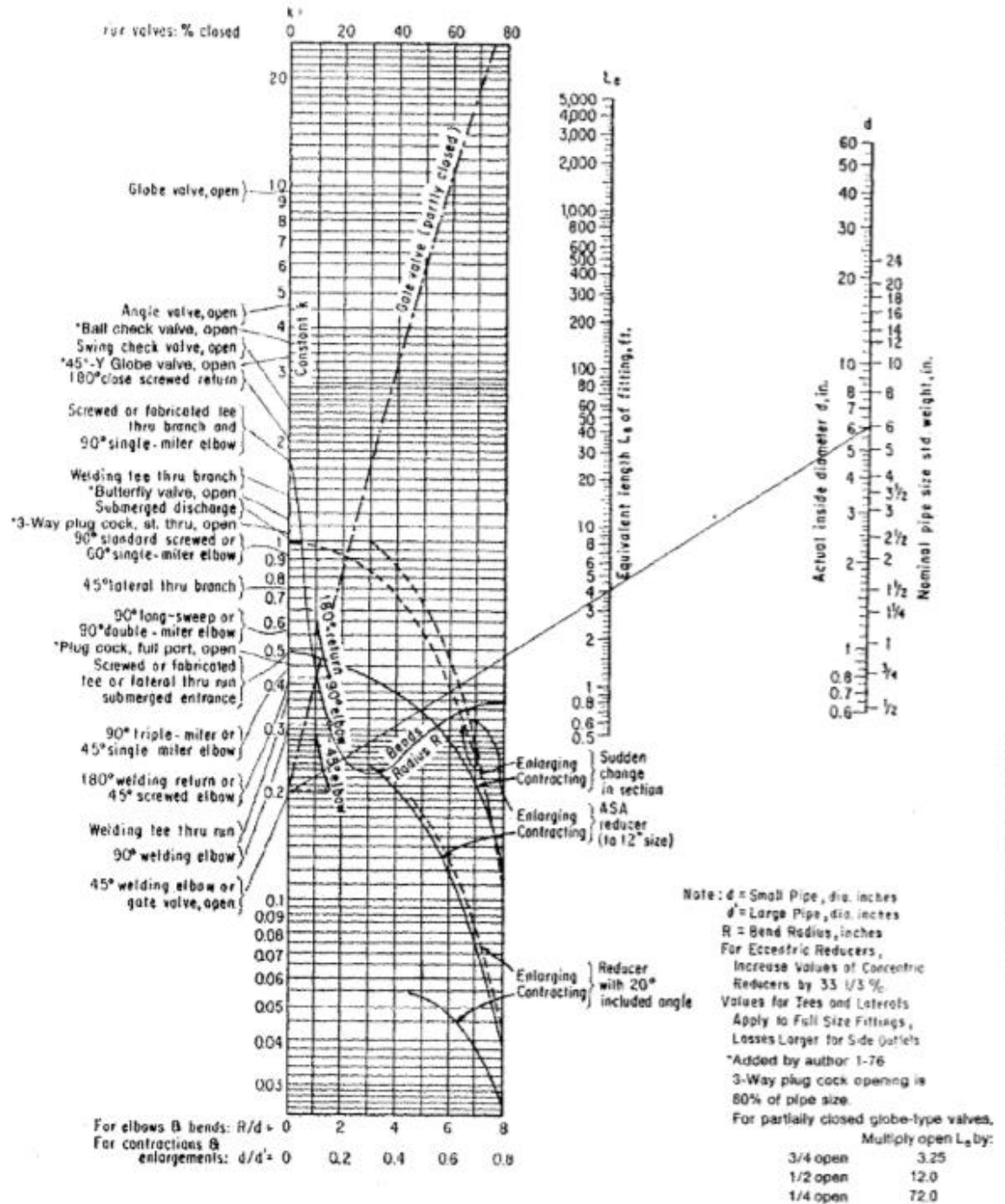


Figure 2-21. Equivalent length of fittings for pipe systems. Note: preferred use for 1½ in. and larger pipe butt-welded or socket-welded connections (this author). By permission, Tube Turns Div., Chemtron Corp. Bull. TT 725, 1962, reference now to Tube Turns Technologies, Inc.

Fuente: Manual CRANE

- **Por medio del coeficiente de Resistencia K.**

La pérdida de carga del accesorio se obtiene multiplicando el valor de K por $v^2/2g$. Es decir:

$$h_{fa} = K * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 30.}$$

El valor k puede obtenerse de la Tabla 24.

Tabla 24. Coeficiente de resistencia k de accesorios

Diámetro del tubo, en pulgadas	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	29
Tubo curvado $R = 3D$ $R = 4D$						0,04 0,025								
Codo de 90°	1,5	1,0	0,8	0,7	0,55	0,3	0,27	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,20
Codo largo de 90°	0,75	0,4	0,3	0,25	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07
Codo de 45°	0,35	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,28	0,25	0,25	0,25
Codo largo de 45°	0,25	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,12
Curva de 180°	1,5	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,23	0,22	0,21	0,2	0,19
Curva de 180° de gran radio	0,8	0,5	0,4	0,35	0,3	0,2	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10
Yes-Flujo principal						0,9								
Flujo derivado	1,8	1,4	1,2	1,1	1,0									
Válvula de compuerta, abierta		0,2-0,3	0,15-0,25	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
cerrada 1/4		0,8 a 0,2							0,15					
cerrada 1/2		4,0 a 0,8							0,6					
cerrada 3/4		16,0 a 2,0							1,5					
Válvula esférica	12,5	8,5	7,5	6,5	6	5,0	5,8	5,7	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Válvula de retención	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Válvula de pie							0,8							
Colador		1,5 a 1,0						1,0 a 0,4						

NOTA. Estos valores son necesariamente aproximados porque los valores específicos varían con el tipo de accesorio (por ejemplo, roscado o de platiné), con las dimensiones geométricas reales y con el sistema de construcción (por ejemplo, forjado o soldado).

Fuente: Manual CRANE

5.5. DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS EN LA CELDA.

Conocidos los apartados de pérdidas de carga y funcionamiento de una red de tuberías, debemos establecer las bases para el diseño (material, diámetro, espesor) de las tuberías a utilizar, los puntos básicos son:

Espesor de tubería (pipe 135 schedule), numero de lista

El espesor de la pared de una tubería se calcula según la ecuación:

$$t = \frac{P * D}{2\sigma_d + P} \quad \text{Ecuación 32.}$$

Donde, σ_d – tensión de diseño a la temperatura de trabajo

P - presión interior de la tubería

D - diámetro interno de la tubería

t - espesor

σ_d y P – En las mismas unidades

D y t - en las mismas unidades

El número de lista se calcula según

$$\text{Schedule Number} = \frac{P_s * 1000}{\sigma_s} \quad \text{Ecuación 33.}$$

Donde, P_s - presión de trabajo

σ_s - tensión de trabajo segura

Estos cálculos se realizaron para los 3 tipos de motores (5, 15 y 30 kW) con estos datos se seleccionó:

Tubería de 0,62 in (para un motor de 4,3 kW)

Tubería de 0,7 in (para un motor de 30 kW)

Normalizo Tubo PVC de D= $\frac{3}{4}$ in

Hf = 0,043 m (para un motor de 4,3 kW)

Hf = 0,121 m (para un motor de 30 kW)

5.6. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

El sistema de agua de refrigeración para cualquier instalación de pruebas del motor, es necesario ver la calidad del agua, la temperatura y la presión para permitir un volumen suficiente para pasar a través del equipo con el fin de tener la capacidad de refrigeración adecuada. Los tipos de presión y flujo tienen que ser lo suficientemente constante para permitir que los dispositivos suministrados para mantener el control sean los requeridos por el sistema.

Un fallo común de los sistemas de agua de refrigeración mal diseñados, donde el control permite cambios en el proceso, debido a la presión de alimentación o los cambios de temperatura bruscos causados por acontecimientos externos que ocurren dentro de una fuente común. Es esencial para los compradores de la planta refrigerada por agua para comprobar cuidadosamente la temperatura de entrada del agua de refrigeración suministrada, no sea capaz de refrigerar bien y sobrepase la temperatura máxima permitida de salida.

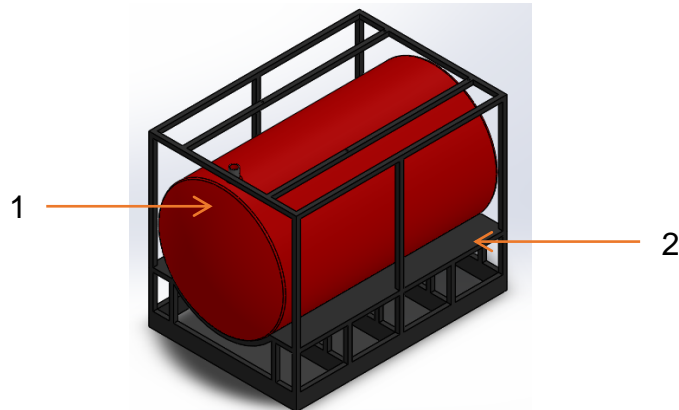
El tanque de almacenamiento debe cumplir con los requerimientos de trabajo del dinamómetro para el rango dado de potencia en los diferentes motores este se diseñó de acuerdo al código ASME sección VIII ya nombradas en el presente libro desde la ecuación 9 a la 17 dando como resultado.

Volumen tanque =69,8 litros (para un motor de 5kW)

Volumen tanque =84,5 litros (para un motor de 30kW)

En la Figura 71. Se muestra el tanque de almacenamiento para el CIM2T consta de su estructura (2), y el tanque con un volumen de 35 galones (1); el cual abastecerá las pruebas en un rango de 5-30 kW de potencia.

Figura 71. Tanque de almacenamiento



En la Tabla 25 se dan las especificaciones del tanque seleccionado AZUL 35* con un diámetro de descarga de 1" está hecho de acero inoxidable Este tipo de tanques se construyen según código ASME sección VIII y IX.

Tabla 25. Relación de volúmenes de tanque para agua.

Modelos Tanques					
Modelo	Capacidad máxima Galones (L)	Equivalente a tanque estándar Galones (L)	Diámetro del tanque pulgadas (mm)	Altura del tanque pulgadas	Diámetro de Descarga pulgadas
AZUL 19 *	19 (72)	42 (159)	16" (406)	30-1/8" (765)	1"
AZUL 35 *	35 (132)	82 (310)	20" (508)	36-1/4" (921)	1"

5.7. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA DEL CIM2T.

Una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al

sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Para la selección de la bomba y de acuerdo al flujo del sistema $Q = 2 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$ Se define la potencia de acuerdo a la ecuación 38.

BOMBA

$$HP = \frac{Q * H}{75 * \eta} \quad \text{Ecuación 39.}$$

Dónde:

HP - potencia de la bomba

Q - capacidad de la bomba en l/s

H - carga total de la bomba en metros

η = eficiencia de la bomba, se estima 60%

HPBOMBA = 0,12 hp (para un motor de 4,3kw)

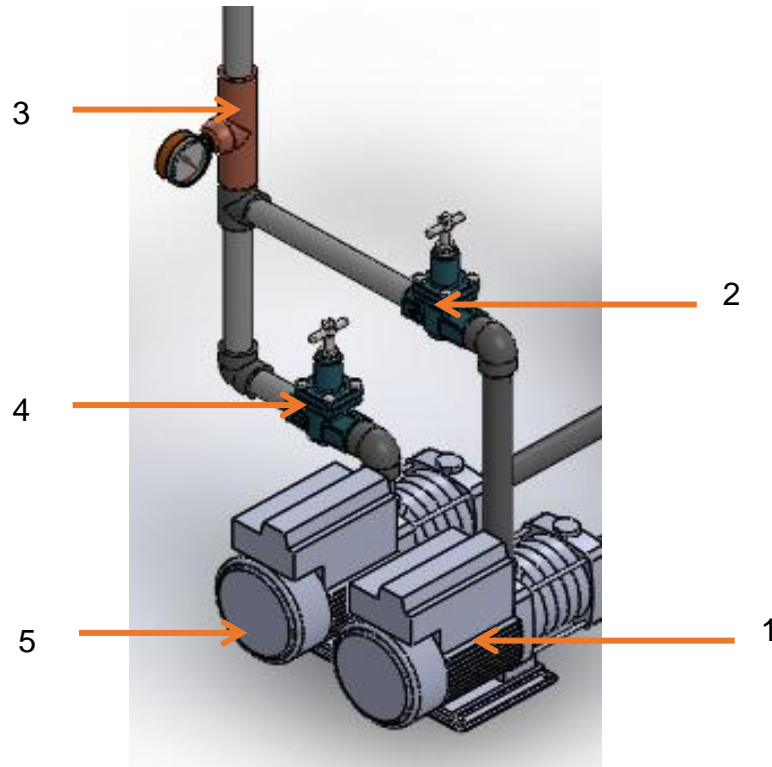
HPBOMBA = 0,166 hp (para un motor de 30kw)

Se seleccionó una bomba de $\frac{1}{4}$ HP para cumplir con el rango de potencia de los diferentes motores a probar (5 kW - 30 kW).

En la Figura 72. Se puede identificar claramente la instalación de las bombas: la bomba principal (5), sale el fluido pasando por una válvula reguladora (4) y sale al tanque pequeño que se encuentra dentro de la celda de pruebas y ensayos siendo censado por el manómetro (3); si hay algún problema con la bomba se encenderá la siguiente bomba (1) con su respectiva válvula reguladora (2) y volviendo al circuito pasando por el manómetro (3).

Para mayor detalle del sistema de suministro véase el anexo A

Figura 72. Instalación de las Bombas de ¼ HP



5.8. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA.

Los sistemas de circuito cerrado de re-circulación de agua disminuyen los costos tanto de operación como de mantenimiento y son fáciles de instalar. Prácticamente no existen fugas de agua, no hay consumo de agua en un circuito presurizado y completamente cerrado.

El agua es el medio de enfriamiento líquido ideal, su calor específico es mayor que el de cualquier otro líquido, más o menos el doble que la de los hidrocarburos. Es de baja viscosidad, relativamente no corrosivo y fácilmente disponible.

El calor específico del agua se suele tomar como:

$$C = 4.1868\text{kJ/kg K}$$

Nota: esto es, de hecho, el valor de la “caloría internacional masa de vapor” y se corresponde con el calor específico a 14°C. El calor específico del agua es muy ligeramente superior en cada extremo de la gama de fase líquida: 4.21kJ/kg K a 0°C y a 95°C, pero estas variaciones puede despreciarse. El uso de anticongelante (glicol de etileno) como un aditivo para el agua permite la operación a través de una gama más amplia de temperaturas del refrigerante. Un 50 por ciento en volumen de solución de etileno glicol en funcionamiento permisos de agua a una temperatura de -33 ° C. un anticongelante también eleva el punto de ebullición del líquido refrigerante y una solución al 50 por ciento va a operar a una temperatura de 135 ° C con la presurización de sólo 1,5 bar. El calor específico del glicol de etileno es de aproximadamente 2.28kJ/kg K y, desde su densidad es 1.128kg / l, el calor específico de un 50 por ciento por volumen de solución es:

$(0.5 * 4.1868) + (0.5 * 2.128) = 3.38 \text{ kJ/kg-K}$; o 80 por ciento de la del agua sola. Así, la velocidad de circulación se debe aumentar en un 25 por ciento para la misma velocidad de transferencia de calor y aumento de la temperatura. La relación entre la tasa de flujo, QW (litros por hora), aumento de la temperatura, T, y el calor transferido al agua es:

$$4.1868 q_w \Delta t = 3600 H$$

$$q_w \Delta t = 860 H$$

Donde H = tasa de transferencia de calor, kW. (Para absorber 1kW con un aumento de temperatura de 10° C, el caudal requerido es por lo tanto 86L / h.)

Caudales requeridos en la ausencia de un requisito específico es una buena práctica, para fines de diseño, para limitar el aumento de la temperatura del medio refrigerante a través de la camisa de agua del motor a aproximadamente 10 ° C. En el caso del dinamómetro, la velocidad de flujo se determina por la temperatura máxima admisible de salida de agua de refrigeración, ya que es importante para

evitar la deposición de escala (dureza temporal) en las superficies internas de la máquina. Eddy dinamómetros actuales, en los que el calor sea eliminado se transfiere a través de las placas de pérdidas, son más sensibles a este respecto que las máquinas hidráulicas, en la que el calor se genera directamente en el agua de refrigeración.

5.8.1. Para seleccionar el sistema más idóneo se analizan tres alternativas:

5.8.1.1. Torres de enfriamiento. Las torres de enfriamiento son equipos que se usan para enfriar agua en grandes volúmenes, extrayendo el calor del agua mediante evaporación o conducción. El proceso es económico, comparado con otros equipos de enfriamiento como los cambiadores de calor donde el enfriamiento ocurre a través de una pared.

Funcionamiento de la torre: El agua se introduce por el domo de la torre por medio de vertederos o por boquillas para distribuir el agua en la mayor superficie posible. El enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire que fluye a contracorriente o a flujo cruzado, con una temperatura menor a la temperatura del agua, en estas condiciones, el agua se enfría por transferencia de masa (evaporación), originando que la temperatura del aire y su humedad aumenten y que la temperatura del agua descienda; la temperatura límite de enfriamiento del agua es la temperatura del aire a la entrada de la torre. Parte del agua que se evapora, causa la emisión de más calor, por eso se puede observar vapor de agua encima de las torres de enfriamiento.

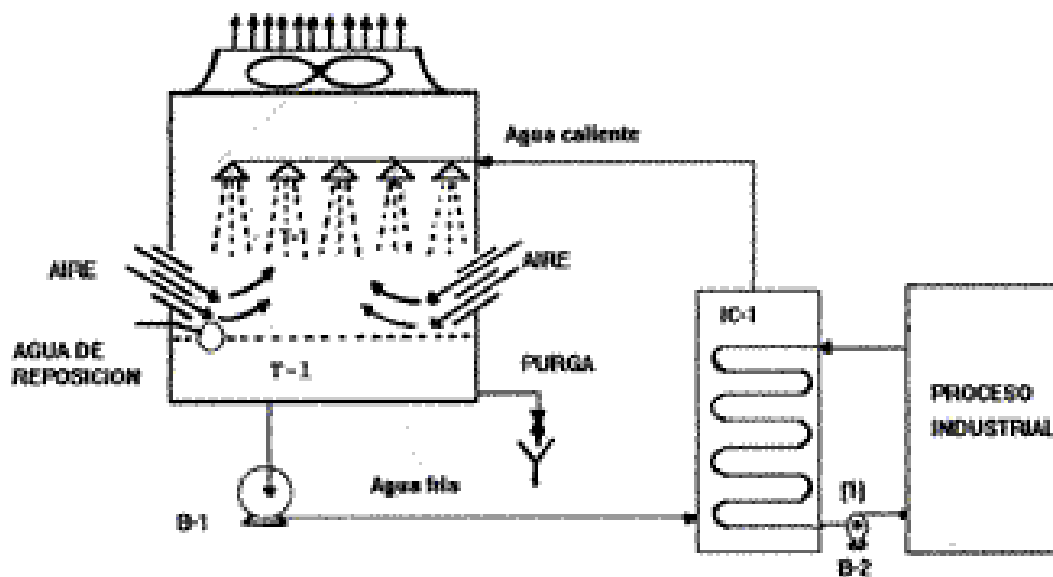
Existen sistemas de enfriamiento abiertos y cerrados. Cuando un sistema es cerrado, el agua no entra en contacto con el aire de fuera. Como consecuencia la contaminación del agua de las torres de enfriamiento por los contaminantes del

aire y microorganismos es insignificante. Además, los microorganismos presentes en las torres de enfriamiento no son eliminados a la atmósfera.

Las torres de enfriamiento se clasifican según la forma de suministro de aire en:

- ✓ Torres de circulación natural.
- ✓ Atmosféricas
- ✓ Tiro natural
- ✓ Torres de tiro mecánico.
- ✓ Tiro inducido
- ✓ Tiro Forzado
- ✓ Torres de flujo cruzado.
- ✓ Torres de Circulación natural.

Figura 73. Torre de enfriamiento.



Fuente:<http://pdf.directindustry.de/pdf/kletti/kf-kp-100-200-el-temperaturregler/62866-155993.html>

5.8.1.2. Intercambiador de calor. Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos están compuestos por tubos cilíndricos, montados dentro de una carcasa también cilíndrica, con el eje de los tubos paralelos al eje de la carcasa. Un fluido circula por dentro de los tubos, y el otro por el exterior (fluido del lado de la carcasa). Son el tipo de intercambiadores de calor más usado en la industria.

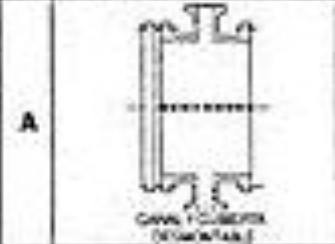
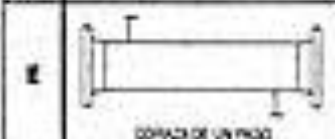

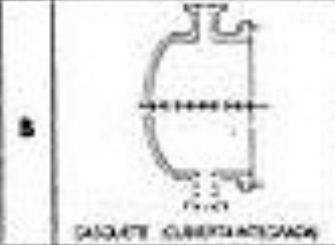
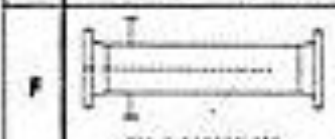
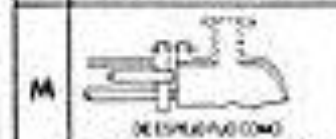
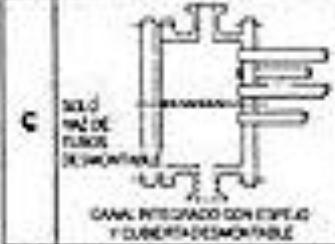
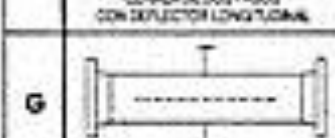
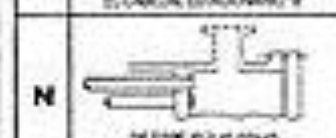
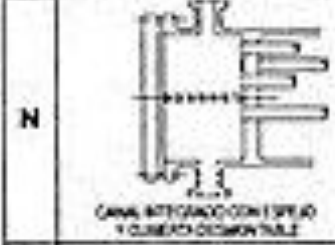
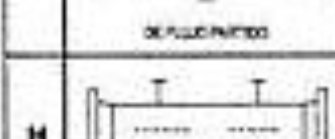
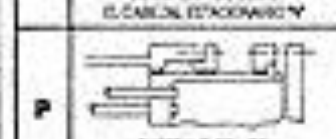
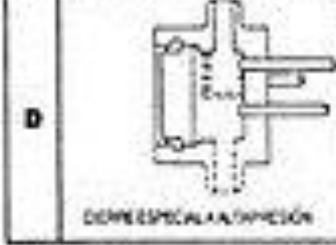
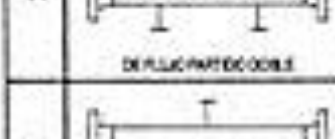
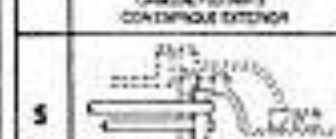
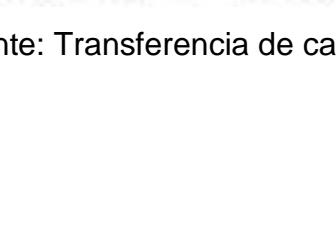
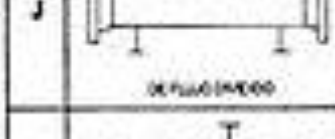

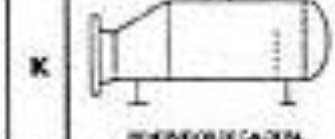
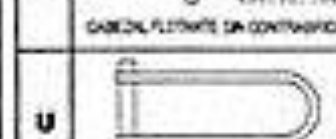
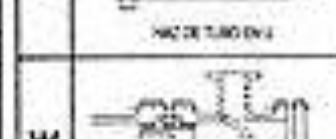
Se usa una amplia variedad de configuraciones en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, dependiendo del desempeño deseado de transferencia de calor, caída de presión y los métodos empleados para reducir los esfuerzos térmicos, prevenir fugas, fácil mantenimiento, soportar las presiones y temperaturas de operación, y la corrosión. Estos intercambiadores se construyen de acuerdo a las normas de la Asociación de Fabricantes de Intercambiadores de Calor Tubulares (TEMA³) con algunas modificaciones, dependiendo del país.

TEMA también ha conformado una serie de normas mecánicas para la construcción, fabricación, y materiales constructivos de tres tipos de intercambiadores de calor tubulares: R, C, B. Los intercambiadores clase R son los usados en condiciones de operación severas, en procesos petroleros y afines. La Clase C designa a los intercambiadores usados en aplicaciones comerciales y procesos generales bajo condiciones moderadas

En este sistema, cada intercambiador se designa con tres letras, la primera indicando el cabezal delantero, la segunda el tipo de carcasa, y la tercera el cabezal posterior.

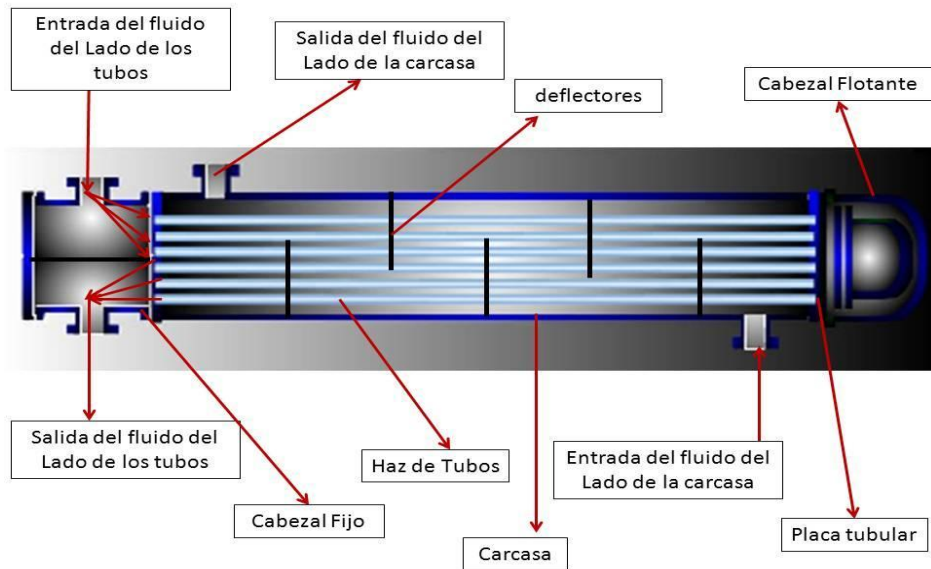
³ TEMA ha desarrollado una nomenclatura para designar los tipos básicos de intercambiadores de calor de carcasa y tubos

Tabla 26. Configuración de intercambiadores TEMA

	TIPO DE CÁMERA ESTACIONARIO EXTREMO FRONTAL		TIPO DE CORAZO		TIPO DE CÁMERA EXTREMO POSTERIOR
A	 CÁMERA Y CUBIERTA (DETACHABLE)	E	 CORAZO DE UN PASO	L	 DE ESPECIFICADO COMO EL CÁMERA ESTACIONARIO "A"
B	 CALZETE CUBIERTA AJUSTABLE	F	 CORAZO DE DOS PASOS CON DEFLECTOR LONGITUDINAL	M	 DE ESPECIFICADO COMO EL CÁMERA ESTACIONARIO "B"
C	 SELLO HAZ DE TUBOS SEPARABLE	G	 DE FLUJO INTERIO	N	 DE ESPECIFICADO COMO EL CÁMERA ESTACIONARIO "C"
N	 CÁMERA INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	H	 DE FLUJO PARTE DOBLE	P	 CÁMERA FLUTANTE CON ESPEJO EXTERIOR
N	 CÁMERA INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	J	 DE FLUJO INTERIO	S	 CÁMERA FLUTANTE CON DISPOSITIVO DE APORTE
D	 DE DISEÑO ESPECIAL A LA PRESIÓN	K	 RECIPIENTE DE CALDERA	T	 CÁMERA FLUTANTE DA CONTRAPESON
		X	 FLUJO INTERIO	U	 HAZ DE TUBO EN U
				W	 ESPECIALMENTE SELLADO EXTERIORMENTE

Fuente: Transferencia de calor y masa, CENGEL

Figura 74. Torre de enfriamiento.



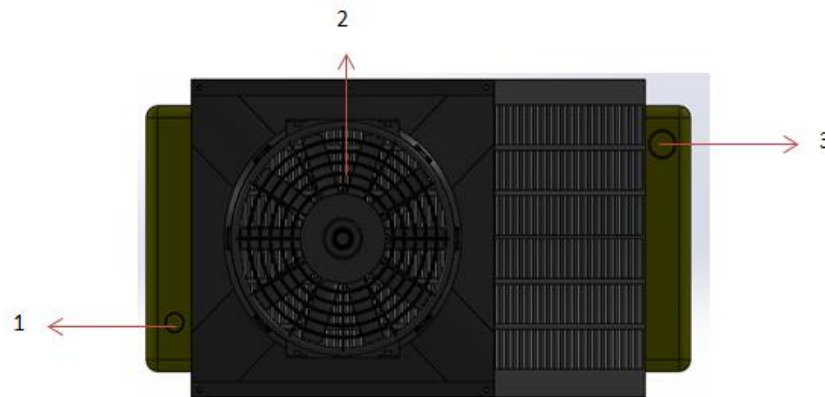
Fuente:<http://pdf.directindustry.de/pdf/kletti/kf-kp-100-200-el-temperaturregler/62866-155993.html>

5.8.1.3. Radiador. Se conoce por radiador al dispositivo que permite intercambiar calor entre dos medios. Sirve para disipar calor de un objeto o aparato para evitar su sobrecalentamiento o para calentar un espacio o un objeto. Generalmente trabaja por convección, pero también por radiación, a lo que debe su nombre. Se entiende por este nombre al intercambiador de calor que cede o, en ciertos casos, recibe, el calor al o del aire ambiente.

La parte del sistema de enfriamiento por líquido de los motores de combustión interna encargada de disipar el calor al medio se conoce como radiador. Este radiador es un intercambiador de calor de tubos y aletas, donde el refrigerante caliente procedente del motor entrega el calor a la corriente de aire generada por el movimiento del vehículo o forzada por la hélice del ventilador.

En la Figura 75. Se indica la entrada de agua caliente proveniente del dinamómetro (1) está pasa a través de un ventilador (3) para salir a más baja temperatura (2) para nuevamente ser recirculada.

Figura 75. Radiador.



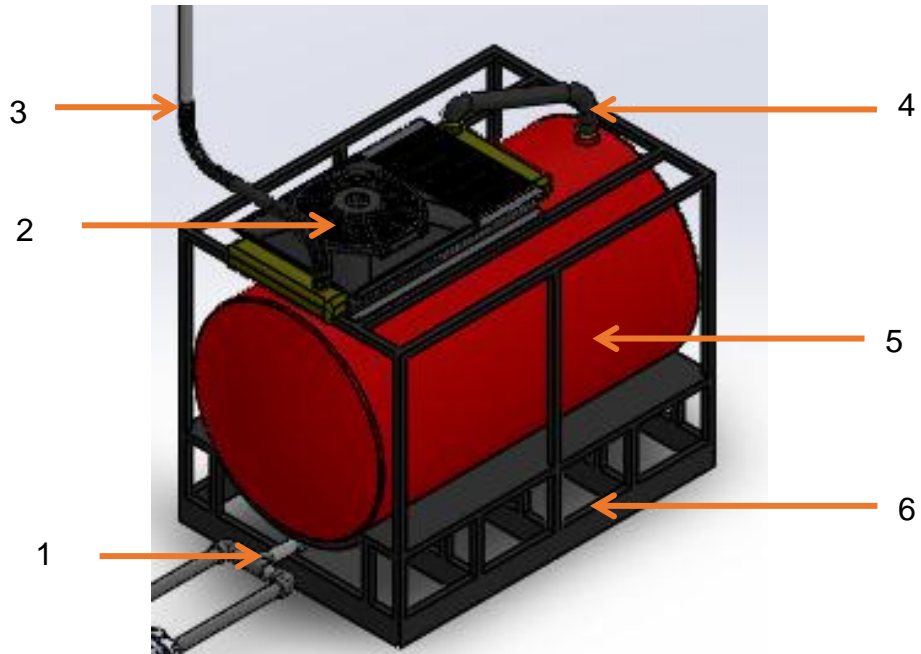
Según las tres alternativas se escogió la del radiador dado a que el tanque no es muy grande, no es necesario comprar un intercambiador o diseñarlo con un radiador es suficiente para la temperatura requerida y ahorra costos.

Especificaciones:

- > **Medidas:** Panel de 43 x 43 cm 5 filas y paso de 10, aleta plana.
- > **Material:** Panel de cobre, accesorios de bronce, grampas de chapa de acero, estañadas y remachadas.
- > **Trabajo realizado:** Radiador nuevo fabricado sobre una muestra.
- > **Tiempo de fabricación:** 18 horas.

En la Figura 76. Se muestra el tanque de almacenamiento para el CIM2T consta de su estructura (6), la entrada de agua caliente proveniente del dinamómetro (3) pasando por el radiador (2), para luego salir por la manguera (4), para nuevamente ser almacenada en el tanque (5) y ser nuevamente enviada al dinamómetro por medio de la salida (1), por medio de la bomba.

Figura 76. Montaje tanque de almacenamiento de agua con el radiador.



5.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.

Es necesario controlar la temperatura en todos los sistemas de refrigeración en especial en los sistemas de refrigeración para las celdas de ensayos ya que este cumple una labor muy importante dentro de la celda de ensayos, los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

Hay tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, de cualquiera de los tipos anteriores, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se

transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico.

5.9.1. Termistor. El termistor está basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura. Existen los termistores tipo NTC y los termistores tipo PTC. En los primeros, al aumentar la temperatura, disminuye la resistencia. En los PTC, al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia. El principal problema de los termistores es que no son lineales según la temperatura por lo que es necesario aplicar fórmulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula y son complicados de calibrar.

RTD (*resistance temperature detector*)

Un RTD es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

Los metales empleados normalmente como RTD son platino, cobre, níquel y molibdeno.

De entre los anteriores, los sensores de platino son los más comunes por tener mejor linealidad, más rapidez y mayor margen de temperatura.

5.9.2. Termopar. El termopar, también llamado termocupla y que recibe este nombre por estar formado por dos metales, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico. Un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica. El termopar genera una tensión que está en función de la temperatura que se está aplicando al sensor. Midiendo con un voltímetro la tensión generada, conoceremos la temperatura. Los termopares

tienen un amplio rango de medida, son económicos y están muy extendidos en la industria. El principal inconveniente estriba en su precisión, que es pequeña en comparación con sensores de temperatura RTD o termistores.

Figura 77. Sensor de temperatura.



Fuente: <http://pdf.directindustry.de/pdf/kletti/kf-kp-100-200-el-temperaturregler/62866-155993.html>

Este mantiene un delta de temperatura de $\Delta t = 30^{\circ}\text{C}$ para que el dinamómetro funcione correctamente para cumplir con este requisito se seleccionó para la CIM2T del PTG un regulador de temperatura continuo FB 59 "TCONT_CP". Véase el anexo C21.

5.10. MONTAJE FINAL CON TODOS LOS ACCESORIOS SELECCIONADOS.

En la Figura 78 se muestra el montaje del suministro de agua para el laboratorio con cada uno de los componentes seleccionados: 1) tanque de almacenamiento diario. 2) sensor de temperatura para la entrada del dinamómetro. 3) válvula de seguridad. 4) tubería de retorno de agua para la previa recirculación. 5) dinamómetro. 6) radiador. 7) tubería con agua fría para el enfriamiento correcto del

dinamómetro . 8) tanque de almacenamiento de agua. 9) manómetro. 10) válvulas de seguridad a la salida del tanque. 11) bombas de suministro de agua.

Figura 78. Vista isométrica del suministro de agua.

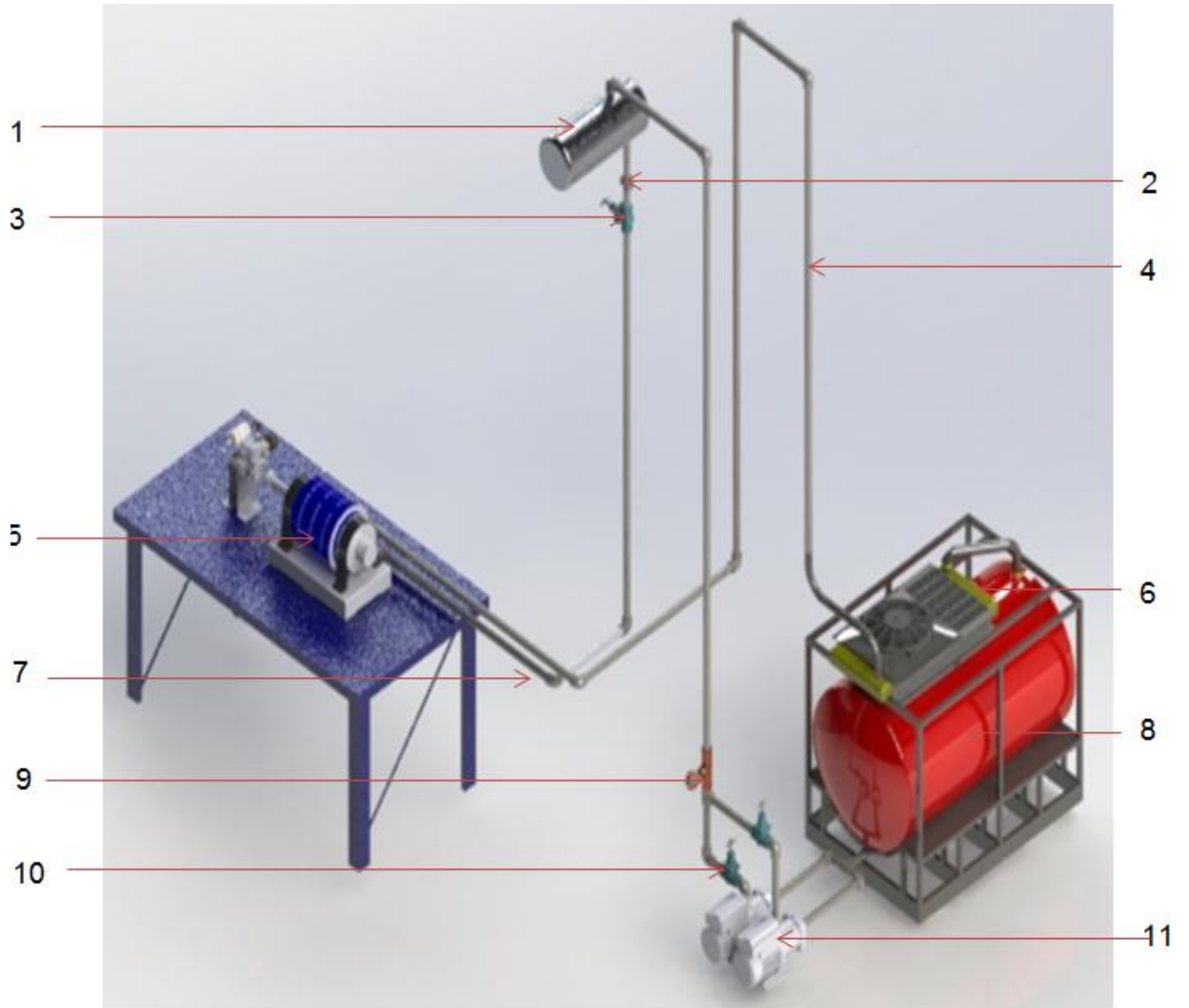


Figura 79. Vista superior del sistema de suministro de agua.

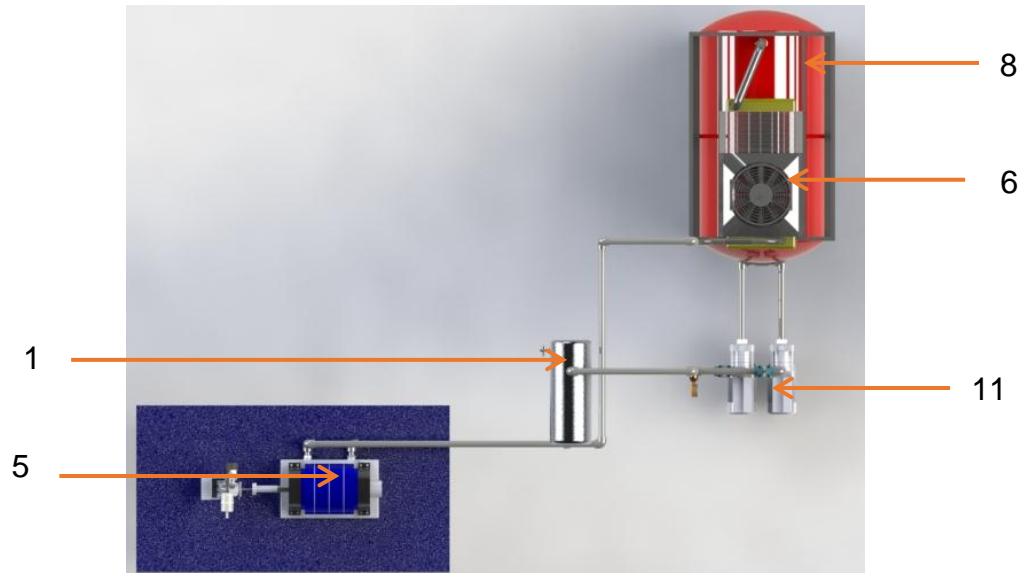


Figura 80. Vista frontal del sistema de suministro de agua.

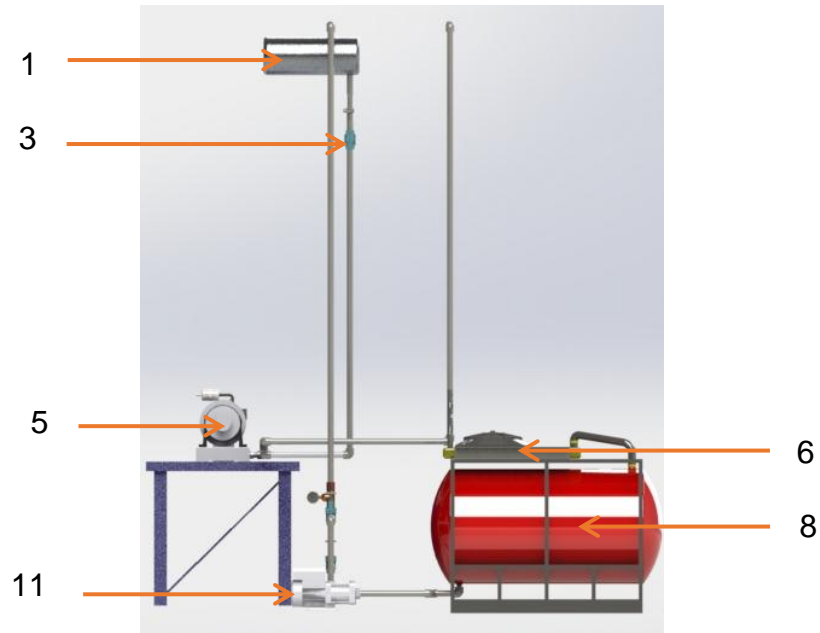


Figura 81. Vista lateral del sistema de suministro de agua.

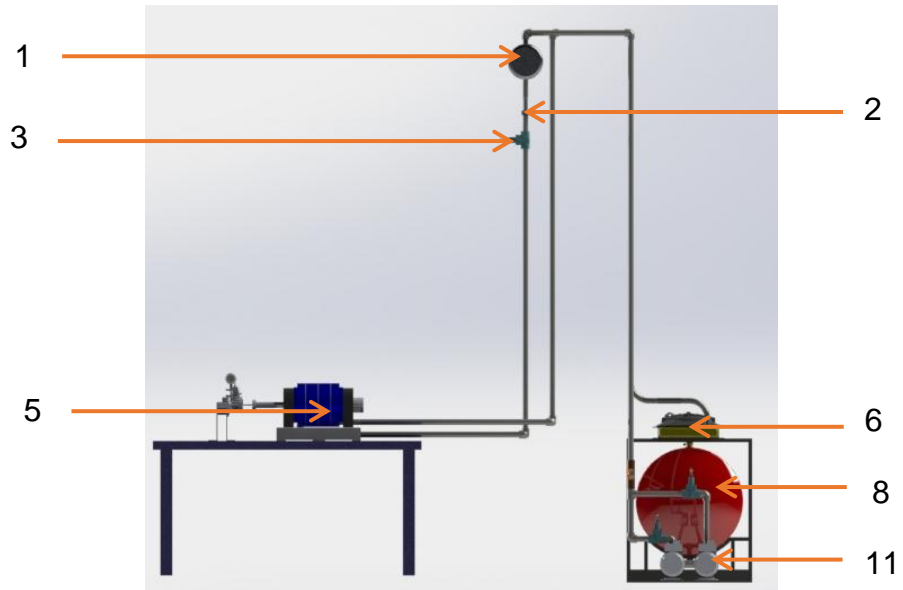
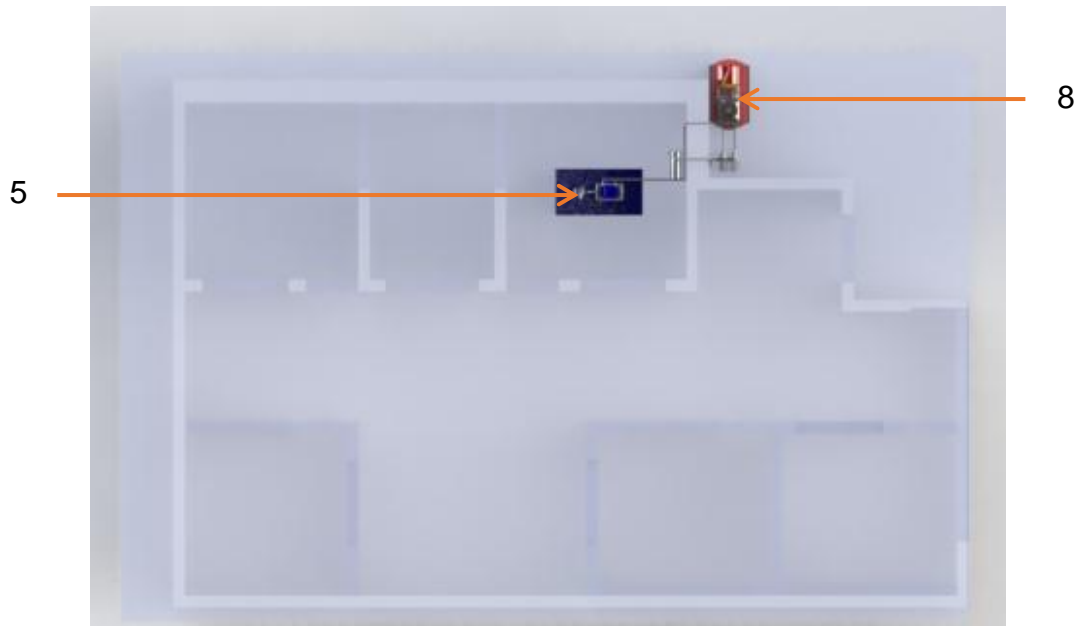


Figura 82. Vista superior del sistema de agua y combustible.



6. SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE PARA EL CIM2T DEL PTG.

El lubricante en un motor es de gran importancia para reducir el rozamiento, aprovechar mejor la potencia, así evitando que no se pierda nada en forma de calor.

6.1. SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE, SEGÚN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2218:

Para la determinación de flujo másico de lubricante en el mayor de los casos está dada por el fabricante del motor, la norma da las siguientes recomendaciones para la mezcla combustible/aceite.

- Relación combustible/aceite = 100:1
- Para aceites de baja calidad = 50:1

6.2. SISTEMAS DE LUBRICACIÓN EN MOTORES DE 2 TIEMPOS:

Seguidamente se mencionan los tres tipos más importantes de lubricación para motores de dos tiempos.

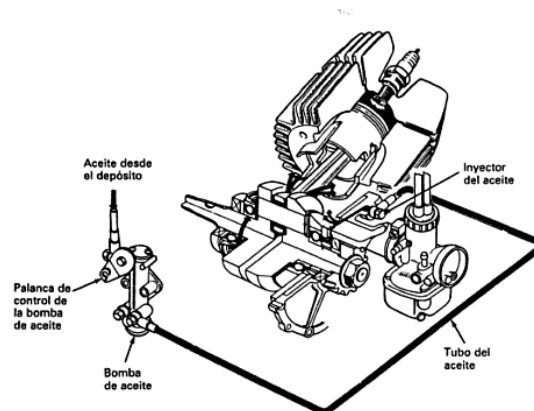
6.2.1. Sistema de lubricación por premezclado. Algunos motores de motocicleta son lubricados por este sistema de premezclado. En este sistema, es premezclada una cierta cantidad de aceite con gasolina antes de ser añadido al depósito de gasolina. Entonces el aceite entra en el cárter como una mezcla que es arrastrada con la mezcla aire-gasolina desde el carburador.

Después de la compresión en el cárter, la mezcla de aire y gasolina se desplaza hasta la cámara de combustión donde se quema, pero parte de la mezcla de aceite permanecen en el cárter, donde la gotitas de aceite lubrican los cojinetes, el pistón, los aros o segmentos y las paredes del cilindro. Algo de aceite entra a la cámara de combustión, donde es quemado con la mezcla de aire y gasolina. Por esto en algunos motores de dos tiempos los gases de escape son humosos.

La relación normal de un motor que utilice premezcla es de 20:1 generalmente el fabricante específico el tipo y el octanaje de la gasolina que se debe emplear y la viscosidad del aceite. Un inconveniente de la premezcla es que las propiedades lubricantes de ella no duran mucho, no dejar la premezcla en el depósito de gasolina durante largo tiempo. Si esta queda almacenada y no se usa, drenar completamente la pre-mezcla del sistema de combustible.

6.2.2. Sistema de inyección de aceite. Estos tipos de motores tienen vapor de aceite en la mezcla de aire-gasolina cuando entra en el cárter. Sin embargo cuando se utiliza una bomba de aceite, éste no se mezcla con la gasolina antes de ser añadido al depósito de la gasolina.

Figura 83. Sistema de engrase a presión de motor de dos tiempos utilizando una bomba de aceite y un surtidor en la lumbrera de admisión.

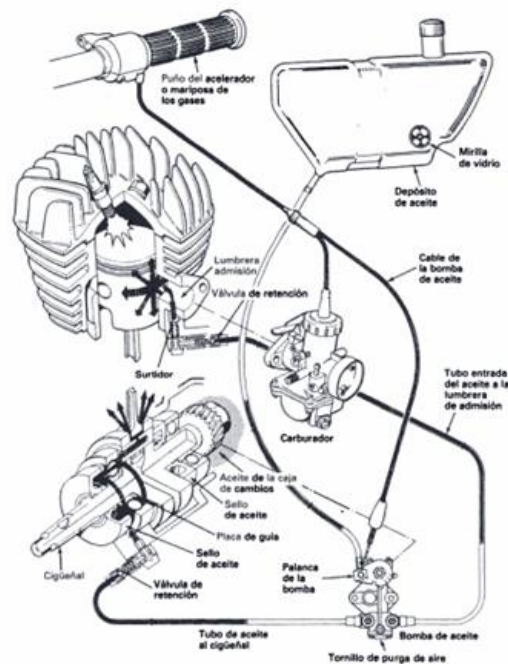


Fuente: Guía de lubricación CEPESA

La Figura 83 muestra un sistema de engrase a presión, se observa que cuando está funcionando el motor, el aceite del depósito llena la bomba de aceite. La bomba impulsa el aceite a presión a través del tubo de aceite hasta un inyector, o tobera en la lumbrera de admisión. Cuando la mezcla de aire y gasolina del carburador sobrepasa esta tobera, es rociada la cantidad correcta de aceite en la mezcla, esta es regulada por la palanca de control de la bomba de aceite, la cual es a su vez controlada por la velocidad del motor y la abertura de la mariposa. Esto significa que la relación gasolina-aceite para el motor se varía cuando las condiciones de funcionamiento de este lo requieran.

Si falla la bomba de aceite en un motor con un sistema de lubricación, todavía puede circular dado que la pre-mezcla no deteriora al motor, pero no se debe utilizar en uno en que los cojinetes y el cigüeñal son lubricados a presión como se muestra en la Figura 84.

Figura 84. Sistema completo de lubricación a presión de un motor de dos tiempos.



Fuente: Guía de lubricación CEPESA

6.2.3. Engrase a presión. Los elementos en movimiento del motor están sujetos a rozamientos durante el funcionamiento. Estos elementos absorben una cantidad de trabajo que se transforma en calor, resultado de ello una pérdida de energía por rozamiento. Esta energía absorbida y transformada en calor puede ser elevada, haciendo que las piezas se dilaten. Si las piezas del motor se dilatan en exceso por un rozamiento excesivo se pueden llegar a agrupar, provocando una grave avería en el motor.

Al utilizar un lubricante (aceite motor) entre piezas que se mueven en contacto, el rozamiento entre ellas será más suave, el trabajo absorbido será menor y, por tanto, serán menores las pérdidas la energía transformada en calor. Esta película de aceite, que se interpone entre las superficies de contacto, queda dividida en tres capas; dos de ellas se adhieren por capilaridad a las superficies metálicas que impregnan, mientras la tercera capa, o capa intermedia, hace de cojinete común, en forma de cojín hidráulico, entre las superficies sometidas a presión, con lo que disminuye el roce entre ellas y se amortiguan los ruidos por golpeteo durante su funcionamiento. La superficie de las piezas del motor por muy lisas y pulidas que estén, no son perfectamente planas, por lo que no queda otro remedio que utilizar un lubricante.

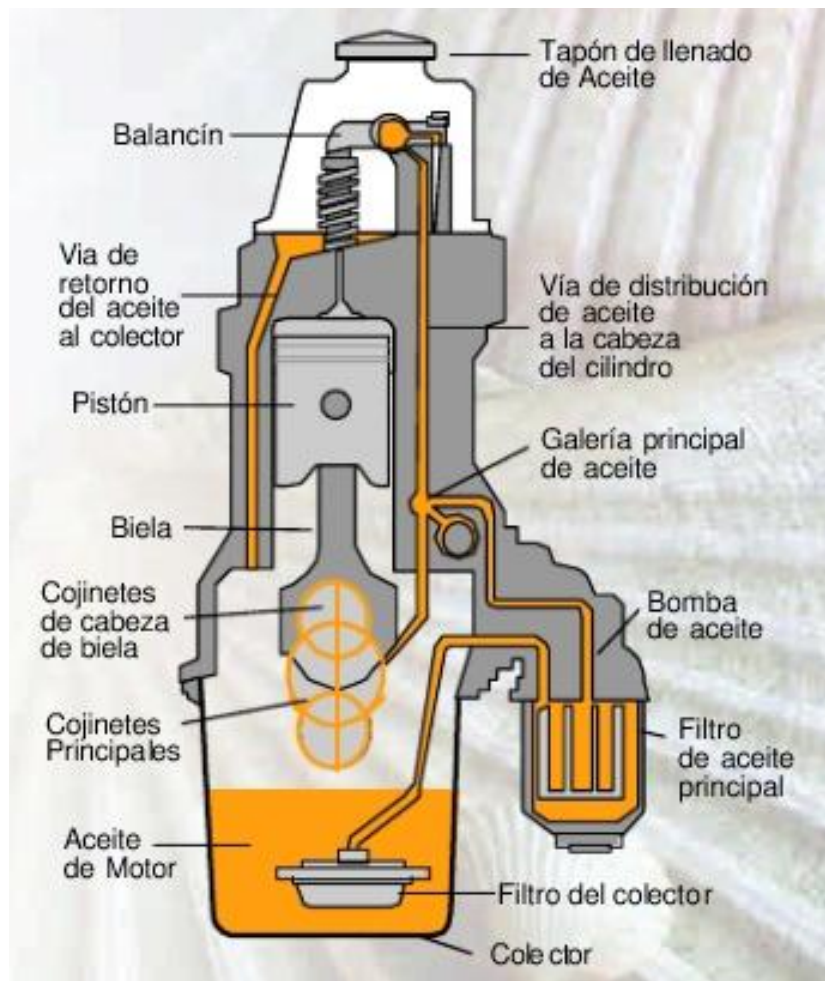
En los motores de dos tiempos se utilizan tres tipos diferentes de sistemas de lubricación. Éstos son el de pre-mezcla, el de inyección de aceite y el de engrase a presión. En los motores que requieren que sean premezclada la gasolina y el aceite, no es necesario un sistema adicional del sistema de lubricación. La gasolina y el aceite se mezclan de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Estos sistemas de lubricación serán útiles para los demás laboratorios que se deseen montar dentro del laboratorio ya que con los motores que se va a comenzar a hacer pruebas son los donados por Dolmar y estos motores tienen su sistema de lubricación incluido.

6.3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN PROPUESTO PARA EL CIM2T DEL PTG.

Se escogió el sistema de pre-mezcla dados los parámetros de funcionamiento del motor, se llegó a la conclusión que el sistema de lubricación por pre-mezcla es el más acertado dando el mejor funcionamiento y desempeño; esto solo se da para pruebas futuras en el laboratorio ya que la celda de ensayos iniciara sus pruebas con los motores Dolmar y estos traen su propia lubricación interna.

Figura 85. Sistema de lubricación motor de dos tiempos.



Fuente: www.gulfoilltd.com

6.4. SELECCIÓN DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO.

En la selección de los elementos de lubricación de motores de dos tiempos se debe ser muy riguroso debido a que esta es una de las partes más importantes para el buen funcionamiento de los motores (1) bomba de aceite, (2) motor, (3) manguera, (4) tanque de aceite. Véase la Figura 86.

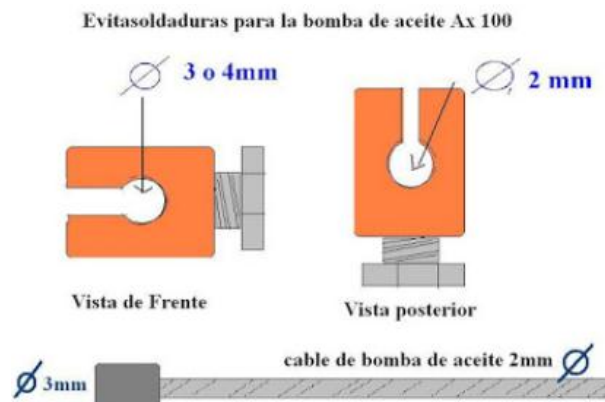
Figura 86. Esquema elementos de lubricación.



Fuente: <http://www.casadelaeromodelista.com>

En la Figura 87 se muestran las dimensiones de una bomba normalizada para aceite de motores de dos tiempos.

Figura 87. Dimensiones de la bomba de aceite.



Fuente: <http://www.igbcolombia.com/index.php?option=com>.

Para comprobar el nivel de aceite en un motor de dos tiempos los fabricantes dan dos especificaciones diferentes del llenado de aceite. Una es llenar de aceite hasta 3 cuartos de galón (2,8 litros) cuando solo se cambia el aceite. Pero cuando también se cambia el filtro se requieren 3,4 cuartos de galón (3,2 litros).

En la Figura 88 se muestra como debe ir localizada la bomba de aceite para que el motor tenga un excelente desempeño.

Figura 88. Bomba de aceite y filtro.



Fuente: www.gulfoilltd.com

El elemento del filtro de aceite se debe cambiar de acuerdo con la programación de mantenimiento; generalmente el intervalo recomendado es de una vez cada dos cambios de aceite. Sin embargo, algunos propietarios cambian el elemento del filtro de aceite cada vez que sustituyen el aceite

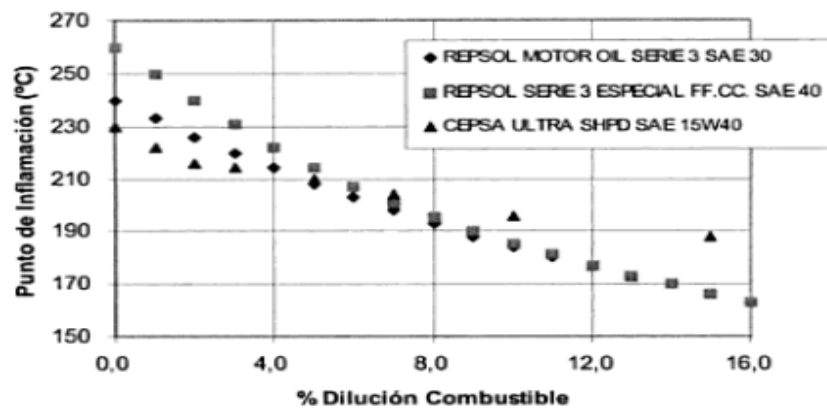
6.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.

Controlar la temperatura del aceite es muy importante esta debe ser perfectamente conocida y homogénea a lo largo de todo el proceso que el motor

se encuentre en pruebas, las temperaturas más empleadas en estos ensayos son de 40°C y 100°C, los cuales son utilizados en el cálculo del índice de viscosidad.

En la Tabla 27 se encuentran los puntos de inflamación para diferentes motores a diferentes grados de contaminación de combustible.

Tabla 27. Medidas del punto de inflamación de diferentes aceites de motor con diferentes grados de contaminación por combustible.



Fuente: www.gulfoilltd.com

En la Tabla 28 se especifica la clasificación de aceites para motores de 2 tiempos.

Tabla 28. Clasificación de aceites para motores de dos tiempos.

Clasificación de Servicio API para motores de dos tiempos a gasolina			
Designación	Requerimientos Críticos	Ejemplo de Aplicación	Pruebas
TA	- Rayado del pistón - Obstrucción del sistema de escape	Podadoras Generadores pequeños	Yamaha CE50S
	- Desgaste del pistón - Preignición inducida y depósitos	Motonetas Motocicletas (< 250 c.c.)	Vespa 125 TS
TB	- Pérdida de potencia debida a depósitos en la cámara de combustión	Relación de aceite/combustible	
TC	- Rayado del pistón - Preignición inducida y depósitos	Sierras cadenas con pobre relación de aceite /combustible	Yamaha Y350M-2
	- Atascamiento de anillos - rendimiento	Motocicletas de alto Yamaha CE50S	y
TD	- Rayado de pistón - Atascamiento de anillos - Preignición inducida y depósitos	Motores fuera de borda	NMMATC-W

Fuente: <http://www.igbcolombia.com/index.php?option=com>.

6.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TEMPERATURA Y APAGADO AUTOMÁTICO DEL MOTOR.

Para la selección del sistema de control de temperatura se tuvo en cuenta el rango de temperatura al cual el lubricante debe permanecer (82 - 92) °C, de esta manera se seleccionó un control de temperatura de termocupla tipo C que cumple con las principales recomendaciones dadas en las normas de lubricación.

Tabla 29. Clasificación de termocuplas

Tipo	Materiales		Rangos	
	Conductor +	Conductor -	Temp. °C	Tensión
B	Platino + 30% Rodio	Platino + 6% Rodio	600 a 1820	1,792 a 13,82 mV
C	Tungsteno + 5% Rhenio	Tungsteno + 26% Rhenio	0 a 2316	0 a 37,079 mV
E	Niquel-Cromo (Chromel)	Cobre-Niquel (Constantán)	-250 a 1000	-9,719 a 76,37 mV
J	Hierro	Cobre-Niquel (Constantán)	-210 a 1200	-8,096 a 69,555 mV
K	Niquel-Cromo (Chromel)	Niquel Aluminio	-200 a 1372	-5,891 a 54,886 mV
L	Hierro	Cobre-Niquel (Constantán)	-200 a 900	-8,166 a 53,147 mV
N	Niquel-Cromo-Silicio (Nicrosil)	Niquel-Silicio-Magnesio (Nisil)	-200 a 1300	-3,990 a 47,514 mV
R	Platino + 13% Rodio	Platino	-20 a 1767	-0,101 a 21,089 mV
S	Platino + 10% Rodio	Platino	-20 a 1767	-0,103 a 18,682 mV
T	Cobre	Cobre-Niquel (Constantán)	-250 a 400	-6,181 a 20,873 mV
U	Cobre	Cobre-Niquel	-200 a 600	-5,693 a 34,320 mV

Fuente: www.unet.edu.ve

7. SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL PARA CIM2T DEL PTG.

En el CIM2T se pueden hacer estudios acerca del comportamiento de los motores de dos tiempos en condiciones del trópico y utilizando combustibles convencionales y no convencionales como por ejemplo: GNV, biocombustibles, etc.

Para el diseño de la red de suministro de gas natural se tuvieron en cuenta las normas NTC 2505, NTC 1746 y NTC 3838 de conformidad con la definición del numeral 14.28 de la ley 142 de 1994.

- Diseño de la línea de suministro de gas.

Se tienen en cuenta el cumplimiento en el diseño de las instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales, así como las pruebas a que se deben someter dichas instalaciones para verificar su operación confiable y segura. Las instalaciones para suministro de gas combustible cubiertas por estas norma comprenden los sistemas de tubería, accesorios, elementos y otros componentes que van desde la salida de la válvula de corte (registro) en la acometida hasta los puntos de conexión de los artefactos de uso doméstico o comercial que funcionan con gas.

Las instalaciones que emplean GLP como combustible deben cumplir la NTC 3853, la NTC 3853-1 y otras que sean aplicables en relación con los tanques de almacenamiento de combustible y facilidades para suministro de combustible.

- Selección del Medidor de gas.

En el diseño de instalaciones para suministro de combustible gaseoso debe tener en cuenta como mínimo los siguientes aspectos básicos:

- El tipo de gas suministrado.
- La posibilidad de usar gases de diferentes familias si se prevé que hacia el futuro puede presentarse el suministro de un gas diferente al considerado inicialmente.
- Las variables del medio externo que pueden afectar la integridad y seguridad de las instalaciones para suministro de gas.
- La demanda máxima prevista que garantice el cumplimiento de los parámetros de funcionamiento de todos los gastos domésticos y equipos que utilizan gas y que van a estar conectados en la instalación.
- La caída de presión en la instalación, de manera que bajo las máximas condiciones probables de demanda, la presión a la entrada de cada artefacto este dentro del rango estipulado en las Normas técnicas Colombianas pertinentes.
- La longitud del sistema de tuberías, el número y tipo de accesorios de acople utilizados, así como otros elementos instalados en el sistema.
- El factor de coincidencia u otro factor asociado al cálculo de la demanda máxima probable.
- Las previsiones técnicas para atender demandas futuras.

7.1. DETERMINACIÓN DE LA REGULACIÓN DE LA PRESIÓN SEGÚN LA NORMA.

Para líneas matrices en instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales, donde la presión máxima es de 34,5 kPa, esta puede incrementar hasta 138 kPa previo cumplimiento de uno de los siguientes requisitos:

- El sistema de tuberías se construye con tuberías de tipo soldado. El proceso de soldadura y los soldadores que lo apliquen deben calificarse según los parámetros establecidos en la NTC 2057.

- El sistema de tuberías que conducen el gas debe ser instalado en conductos ventilados, dedicados exclusivamente al alojamiento de éstas, de tal forma que se evite la acumulación accidental de gas combustible en el evento de un escape.

Dichos conductos deben ser construidos de materiales auto extingüibles y deben estar comunicados directamente a la atmósfera exterior.

El sistema de tuberías se localiza en zonas comunes conectadas directamente con el exterior.

7.1.1. Tipos de regulación. Los tipos de regulación están básicamente por las necesidades de reducción de presión que se presenten en la instalación para dar cumplimiento a la NTC 3838, por las condiciones particulares de consumo y para garantizar un suministro seguro del gas combustible.

7.1.2. Materiales y equipos. Todos los materiales y equipos empleados en la construcción de instalación para suministro de gas deben cumplir con las normas técnicas referenciadas. El uso de estos materiales y equipos está supeditado a las recomendaciones y restricciones que señale el fabricante de los mismos.

El material de las tuberías debe resistir la acción del gas y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario, las tuberías deben estar protegidas.

7.1.3. Diseño de tuberías y accesorios.

a. Tuberías

- Tuberías plásticas: Las tuberías plásticas deben cumplir con lo establecido en la NTC 1746 y deben emplearse únicamente en instalaciones enterradas.
- Tuberías metálicas (rígidas y flexibles): Para conducción de gas en ningún caso se puede utilizar tubería de hierro fundido. Los tipos de tubería metálica

que pueden ser utilizados en la construcción de las instalaciones para suministro de gas.

b. Acero.

- Tuberías rígidas: La tubería rígida de acero debe ser mínimo cedula 40 y debe cumplir con las normas.
- Tubería flexible corrugada: La tubería flexible corrugada de acero inoxidable debe cumplir los requisitos especificados en la NTC 4579.

c. Cobre.

- La tubería de cobre debe cumplir con una de las siguientes normas, según sea aplicable:
- Tubería rígida de cobre sin costura, según la NTC 3944.
- Tubería flexible de cobre sin costura, según NTC 4128, la ASTM B280, ASTM B88 de tipo K o L, o ASTM B88M de tipo A o B.
- Aluminio puro o aleación de aluminio. Tubería rígida o flexible fabricada de aluminio puro o aleación de aluminio sujeta al cumplimiento de la norma ASTM B345

7.1.4. Válvulas de corte. Las válvulas de corte deben ser de cierre rápido. Las válvulas deben cumplir con las siguientes normas de acuerdo con la presión de operación:

- Las válvulas de corte con presión de operación inferior a 6,9 kPa deben cumplir con lo establecido en la NTC 3740.
- Las válvulas de corte con presión de operación de 6,9 kPa a 862 deben cumplir con lo establecido en la NTC 3835.
- Cuando en tuberías de polietileno se instalen válvulas, éstas deben cumplir con la NTC 2576.

7.1.5. Medidores. Los medidores deben seleccionarse de acuerdo con la capacidad requerida para la máxima y mínima caída de presión permisible. El medidor de gas debe garantizar la correcta medición del gas que esta circulando.

Las características físicas y metrológicas de los medidores tipo diafragma deben ajustarse a las especificaciones definidas.

7.1.6. Instalación de tuberías. Los sistemas de tuberías para suministro de gases combustibles deben ser totalmente independientes; por esta razón, no se debe conectar con otro sistema de gas diferente al que se este suministrando.

Las tuberías para suministro de gas pueden instalarse en forma oculta (embebidas, enterradas o por conductos) o visibles.

Las tuberías flexibles pueden estar alojadas dentro de otras tuberías o camisas de material autoextinguible, dedicadas exclusivamente para este fin, con el fin de facilitar su instalación.

Cuando por la naturaleza de la construcción resulte imprescindible la entrada de tuberías a través de sótanos o semisótanos, se debe instalar una válvula de corte de fácil acceso en el exterior del sótano.

Para gases más densos que el aire, se permite la instalación de tuberías metálicas con uniones mecánicas por sótanos o semisótanos siempre y cuando vayan dentro de una camisa metálica rígida abierta al menos por uno de sus extremos y que sobresalga hacia al exterior del sótano. Los extremos de la camisa deben distanciarse como mínimo 3m de cualquier abertura de ventilación de sótanos.

Para gases menos densos que el aire, se permite la instalación de tuberías metálicas con uniones mecánicas por sótanos o semisótanos, siempre y cuando el

área de ventilación sea el doble de lo requerido, de lo contrario se debe utilizar tubería metálica con uniones soldadas o llevarlas dentro de una camisa metálica rígida, abierta al menos por uno de sus extremos y que sobresalga hacia el exterior del sótano o semisótano.

7.1.7. Dispositivos de anclaje. Se deben ubicar con la distancia máxima de conformidad con las especificaciones de la Tabla 29.

Tabla 30. Distancias para dispositivos de anclaje

Tamaño nominal de la tubería rígida (pulgadas)	Distancia entre soportes		Tamaño nominal de la tubería flexible (pulgadas)	Distancia entre soportes	
	m	pies		m	pies
1/2	1,85	6	1/2	1,25	4
3/4 o 1	2,45	8	5/8 o 3/4	1,85	6
1 1/4 o mayores (Horizontales)	3,0	10	7/8 o 1	2,45	8
1 1/4 o mayores (Verticales)	una en cada nivel o piso		1 o mayores (verticales)	una en cada nivel o piso	

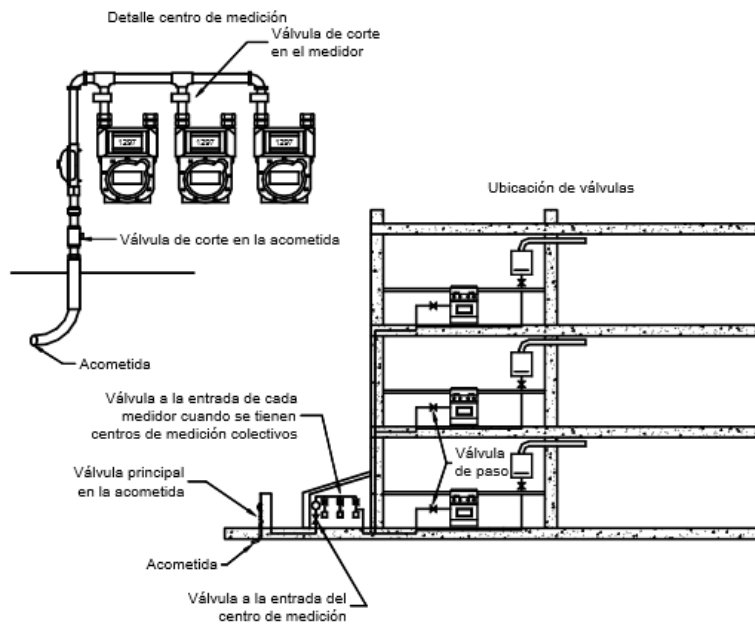
Fuente: Instalaciones suministro de gas NTC 2505

- En el caso de tuberías metálicas, debe intercalarse entre el tubo y la abrazadera un material dieléctrico que evite el contacto directo de los dos metales.
- En caso de ser necesario se debe colocar un dispositivo de anclaje cercano a la válvula de paso de cada artefacto.
- En caso de ser necesario los sitios de cambios de dirección deben colocarse dispositivos de fijación adicionales.
- En cualquier caso, en los tramos verticales debe colocarse como mínimo un dispositivo de fijación adicionales.
- En cualquier caso, en los tramos verticales debe colocarse como mínimo un dispositivo de fijación por nivel o piso.

- Cuando las tuberías están instaladas cerca al techo de las edificaciones, en el diseño y colocación de los soportes se deben tener en cuenta las distancias mínimas que faciliten el mantenimiento.

7.1.8. Ubicación de las válvulas de corte. Con el propósito de seleccionar las instalaciones para suministro de gas, se requiere dotarlas con válvulas de corte de accionamiento manual ubicadas como mínimo en los siguientes puntos (Figura 89):

Figura 89. Esquema de ubicación de válvulas en las líneas de servicio para suministro de gas



Fuente: Instalaciones suministro de gas NTC 2505

- En la acometida.
- A la entrada de cada centro de medición colectivo, cuando el número de medidores, atendidos por la misma acometida sea mayor o igual a tres.
- A la entrada de cada medidor cuando se tienen centros de medición colectivos.

- Para cada punto de salida de la instalación destinado a la conexión de los artefactos. Se exceptúa de este requisito los puntos de salida de la instalación destinados a la conexión de artefactos de cocción clase 3, horno, mesa de trabajo y combinaciones (NTC 2832-1) en los cuales se permite la ubicación de una sola válvula.
- Antes de todo regulador colectivo.
- Centros de medición
- Deben estar conformados por los equipos y elementos requeridos para efectuar la medición, la regulación y el control del suministro del servicio de gas para uno o varios usuarios.
- Hermeticidad.

Los ensayos de hermeticidad deben contemplar los siguientes aspectos:

Antes de su puesta en servicio, toda instalación para suministro de gas debe someterse a un ensayo de hermeticidad y proporcionar resultados satisfactorios Tabla 31.

Tabla 31. Presiones para el ensayo de hermeticidad.

Presión de operación en la tubería	Presión mínima de ensayo	Tiempo mínimo de ensayo
$P \leq 13,8 \text{ kPa}$ ($P \leq 2 \text{ psig}$)	34,5 kPa (5 psig)	15 min
$13,8 \text{ kPa} < P \leq 34,5 \text{ kPa}$ ($2 \text{ psig} < P \leq 5 \text{ psig}$)	207 kPa (30 psi)	1 h
$34,5 \text{ kPa} < P \leq 138 \text{ kPa}$ ($5 \text{ psi} < P \leq 20 \text{ psi}$)	414 kPa (60 psi)	1 h

Fuente: Instalaciones suministro de gas NTC 2505

El ensayo debe realizarse a temperatura ambiente con aire o gas inerte; se prohíbe el uso de oxígeno, agua y gases combustibles para este propósito.

Los ensayos se deben realizar antes de la instalación de los medidores, reguladores y artefactos de consumo.

Cuando se utilicen sellantes anaeróbicos en las conexiones roscadas, el ensayo de hermeticidad del sistema de tuberías se debe efectuar después de transcurridos el tiempo de surado especificado por el fabricante del producto.

Los manómetros empleados en el ensayo deben ser tales que la presión de ensayo se encuentre entre el 25 % y el 75 % de su rango de medición, y tenga un grado de precisión D según la norma ASME B40.100 o una clase de precisión 5 según la NTC 2263.

Cuando por alguna circunstancia sea necesario interrumpir los ensayos, debe verificarse que el sistema quede en condiciones de seguridad satisfactorias.

Al realizar el ensayo de hermeticidad no se debe presentar variación en la lectura indicada por el manómetro que registra la presión de ensayo. En caso contrario se considera que el sistema no es hermético.

7.2. SISTEMA DE GAS NATURAL PARA CIM2T DEL PTG.

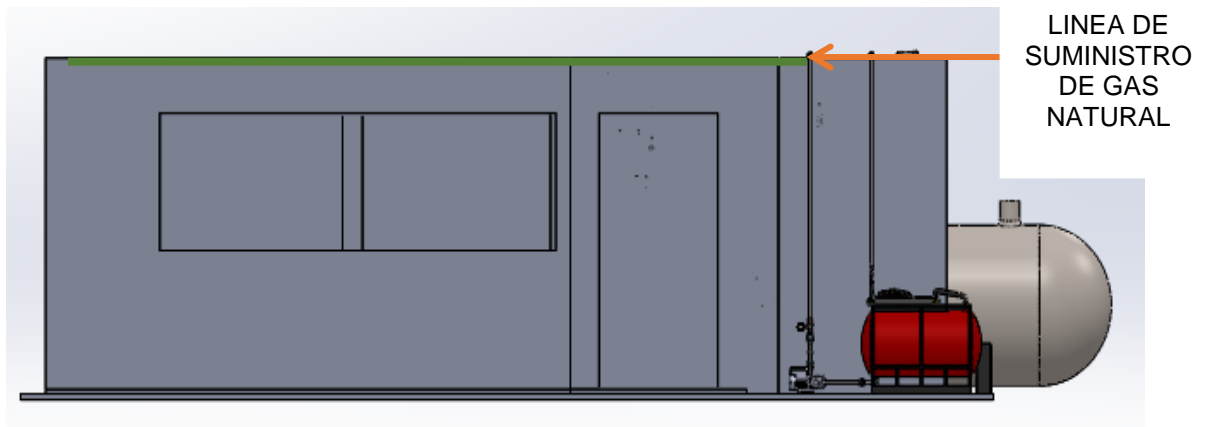
En la Figura 90 se muestra el plano arquitectónico del sótano, en el cual está ubicado el salón que se va a adecuar para el laboratorio, la línea de suministro de gas se toma del punto más cercano que hay al laboratorio, este se encuentra a la salida de la cafetería central de la sede Guatiguará, de ese punto al salón de pruebas entrando por el parqueadero del sótano son 150 metros de longitud, se instalará una válvula reguladora en la entrada del parqueadero y 3 puntos de gas dentro de la celda de pruebas y ensayos, los cuales se encuentran estipulados en la debida cotización que se encuentra en los anexos B.

Para hacer el punto adicional de servicio de gas se debe hacer el papeleo reglamentario entre la UIS y la alcandía para pedir el punto adicional a la sede uis Guatigurá en el momento que el laboratorio de pruebas y ensayos este completamente montado y listo para iniciar a ser pruebas con los diferentes motores que se deseen montar.

Figura 90. Vista superior del sistema de Gas Natural desde el salón de pruebas hasta la salida del parqueadero del sótano.

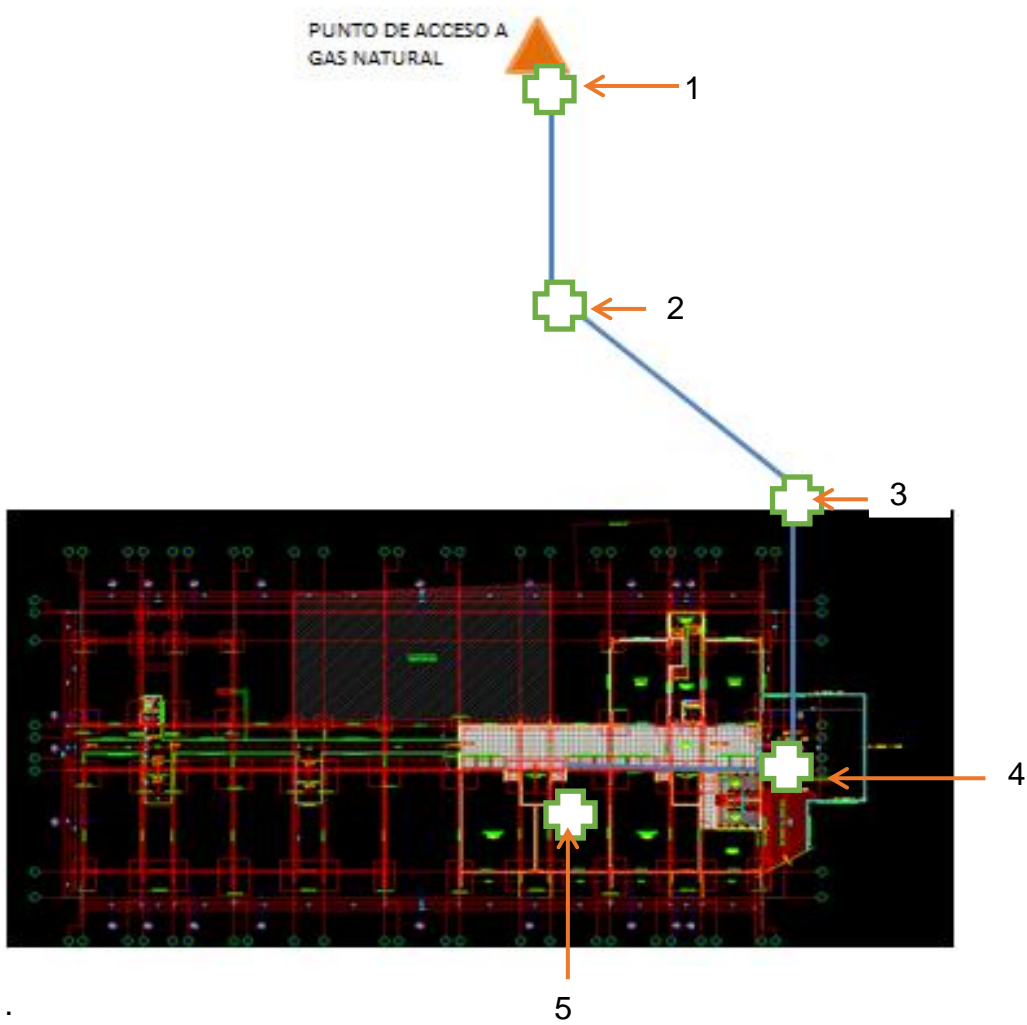


Figura 91. Vista frontal suministro de Gas Natural.



En la Figura 92 se muestra el recorrido que debe llevar la línea de suministro de gas natural del punto (1) de acceso de gas natural ya existente en el PTG al punto (2) la tubería ya está instalada en línea recta como se indica en la imagen de este punto (2) al (3) se instalara tubería nueva y en este mismo se colocará la válvula de regulación, el punto (4) se encuentra la entrada al sótano en línea recta hasta la celda de pruebas y ensayos (5).

Figura 92. Vista superior de toda la planta del edificio UIS PTG, suministro de Gas Natural desde el salón de pruebas hasta punto más cercano de Gas Natural (cafetería central).



8. SISTEMA DE SEGURIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DEL CIM2T PARA EL PTG BAJO LA NORMA NTC 1868.

Dentro de la seguridad del banco de pruebas se incluye la responsabilidad e importancia para la calibración y la precisión de instrumentación, debe mantenerse desde la gestión de la línea de los usuarios de la instalación. Se muestran la distribución de las tareas en un departamento de ensayo grande e indica las distintas áreas de la duplicación de responsabilidades, también el impacto de la "gestión de calidad". La calibración periódica de los dinamómetros, instrumentos, herramientas y el mantenimiento de los registros de calibración puede estar directamente en manos de la calidad del hombre o realizadas por el departamento de instalaciones bajo su supervisión; de cualquier manera el procedimiento o proceso computarizado debe ser claramente establecida. Cualquier instalación de pruebas que requiere el registro de las normas nacionales o internacionales de control de calidad tendrá que proporcionar y registrar un riguroso control del proceso de calibración para todos los instrumentos utilizados.

8.1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE COMBUSTIBLES DEL BANCO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DEL CIM2T PARA EL PTG.

8.1.1. Almacenamiento y manejo de inflamables. El campo de los productos inflamables es muy amplio y diverso, estando presente como materia prima, producto intermedio o auxiliar, producto acabado o, simplemente, producto de limpieza.

Sin las medidas adecuadas de seguridad, estas sustancias pueden dar lugar a intoxicaciones, incendios y explosiones.

La norma establece en la guía que utilizaremos el término "Inflamables" con carácter general para los casos tanto de líquidos (o sólidos) inflamables como de gases combustibles.

Para facilitar la comprensión la norma define inicialmente los siguientes términos:

- Punto o Temperatura de Inflamación: Temperatura mínima a la que un sólido o líquido desprende vapores suficientes como para que se inflamen en presencia de una fuente de ignición.
- Gas Combustible: Es cualquier fluido combustible cuyo punto de ebullición a la presión atmosférica (760 mm. De columna de Mercurio) es inferior a 15°C. Entre otros tenemos: butano, propano, gas natural acetileno, hidrógeno.
- Líquido Inflamable: Se entiende por líquido inflamable aquél cuyo punto de inflamación es inferior a 37,8°C y cuya presión de vapor (absoluta) no excede de 2,8 bares a 37,8 ° C. Entre otros elementos tenemos: gasolina, queroseno, alcohol etílico.
- Líquido Combustible: Se entiende por líquido combustible aquél cuyo punto de inflamación es igual o superior a 37,8°C. Entre otros tenemos: gasoil, fuel-oil, aceite.
- Sólido Inflamable: Son los sólidos susceptibles de ser encendidos fácilmente por fuentes exteriores de ignición, como chispas y llamas, y de entrar con facilidad en combustión; o de provocar y activar incendios por frotamiento. Entre otros tenemos: naftalina, parafina, celuloide.
- Sólido Combustible: Son todos aquellos que entran en ignición al aplicarles una fuente de calor suficiente. Entre otros tenemos: madera, carbón, plásticos.
- Peligros de los productos inflamables

Los peligros fundamentales de los productos inflamables son los siguientes:

- Arden con facilidad.
- • Pueden producir atmósferas explosivas en locales con una ventilación inadecuada.
- Un derrame de líquidos inflamables puede generar un incendio en movimiento.
- El incendio de líquidos es, normalmente, más difícil de combatir que el de materiales sólidos, dado que es necesario extinguir toda la superficie incendiada para que el incendio no se produzca.
- En la proyección violenta del agente extintor sobre un líquido inflamado se pueden provocar salpicaduras o rebosamiento del líquido que pueden ser el medio de propagación del incendio.
- En los incendios de gases, en caso de no poder cortar el suministro, su extinción puede acarrear problemas graves, ya que la fuga seguirá generando mayores volúmenes de mezcla inflamable que a buen seguro encontrará en sus proximidades una fuente de ignición, que provocaría su explosión.

8.1.2. Riesgo de incendio y explosión. Siempre que existan productos inflamables, dándose las condiciones necesarias para favorecer una mezcla de vapores o gases con el aire, existirá riesgo de incendio o explosión, cuya severidad dependerá de los factores agravantes anteriormente mencionados.

Cabe destacar que no todo el abanico de proporciones en las mezclas vapor o gas con aire son inflamables. Es decir, mezclas demasiado ricas o demasiado pobres en combustible no serían inflamables. Dicho abanico de proporciones inflamables es característico de cada producto, lo cual determina a su vez los márgenes de peligrosidad.

Si se cuenta con una mezcla en una proporción que esté dentro de dichos márgenes, faltará sólo un elemento para que se produzca el incendio o explosión:

la fuente de ignición (chispas, llamas abiertas, puntos calientes, electricidad estática).

Será fundamental por lo tanto, ante la presencia de productos inflamables, el control de dichas fuentes de ignición.

8.1.3. Recomendaciones para la prevención del riesgo en la manipulación de combustible según la norma NTC 1868. Los riesgos del incendio y explosión disminuyen:

- Ventilando adecuadamente los locales de trabajo donde se manipulan los productos inflamables. De esta manera, evitaremos las proporciones susceptibles de producir incendio o explosión. Dicha ventilación se llevará a cabo preferiblemente al nivel (suelo o techo) en el que presumiblemente se concentran los vapores o gases, según sean estos más pesados o ligeros que el aire.
- Aislando adecuadamente procesos u operaciones accesorias que sean peligrosas. Por ejemplo, la recarga de baterías de carretillas de carga normalmente generará gas inflamable (hidrógeno), por lo cual es aconsejable que se realice en el exterior de los edificios.
- Evitando fuentes de ignición próximas, como por ejemplo:
 - Chispas procedentes de aparatos e instalaciones eléctricas.
 - Incumplimiento de las prohibiciones de fumar.
 - Descargas electrostáticas.
 - Chispas provocadas por tubos de escape de vehículos o carretillas.
 - Chispas provocadas por trabajos de abrasión (muelas, radiales).
 - Chispas provocadas por fricción (falta de engrase en maquinaria, rozamiento sobre el piso con calzado de suela inadecuada).
 - Chispas por golpes de herramientas u otros elementos metálicos.

- Chispas o calentamientos provocados por soldadura.
 - Calor generado por descomposición de materia orgánica.
 - Existencia de superficies calientes (calefactores, hornos).
 - Fenómenos naturales (rayos).
 - En manipulación y almacenamiento a gran escala, cumpliendo de manera escrupulosa las prescripciones de la normativa.
 - A pequeña escala, observando las siguientes pautas:
 - Identificación de peligro en los recipientes o contenedores procurando evitar el intercambio incorrecto de líquidos y recipientes.
- Utilización de recipientes de almacenaje seguros (antivuelco, cierre automático, dotados de apaga llamas).
 - Utilización de recipientes dosificadores si el producto se usa para engrase o limpieza de piezas.
 - Evitar la acumulación excesiva de sustancias inflamables en puestos de trabajo, procurando no acopiar mayor cantidad de la que se emplea en una jornada de trabajo.
 - Utilización de elementos adecuados para la absorción de derrames, tales como absorbentes pulverulentos no combustibles (arena, sepiolita) o tejidos o saquitos absorbentes comercializados a tal efecto. En muchos casos resulta necesario evitar la llegada del derrame a los desagües mediante la instalación de barreras que los aíslen.
 - Se debe evitar la proximidad de grasas, aceites y líquidos inflamables de recipientes que contengan oxígeno licuado.
 - Utilización de bombas manuales de trasiego en lugar del vertido de recipiente.
 - Disponer de elementos de fijación para evitar la caída de botellones de gases.
 - Disponer de elementos adecuados para el desplazamiento seguro de recipientes de cierto peso (carros, plataformas).
 - En el caso de botellas de gases, se desplazarán siempre en posición vertical y con la caperuza protectora.

- El personal debe tener un conocimiento adecuado de los posibles riesgos que pueden presentarse en la manipulación de productos.
- No forzar ni lubricar las válvulas de botellas de gases. Usar siempre botellas con reguladores de presión (nunca directamente). Abrir siempre lentamente las válvulas de dichas botellas

8.1.4. Almacenamiento de productos inflamables según la norma NTC 1686 para el CIM2T para el PTG. Tipos de almacenamiento de combustibles:

Cabe diferenciar las siguientes situaciones en cuanto al almacenamiento de inflamables, fundamentalmente derivados de las cantidades a almacenar o manipular.

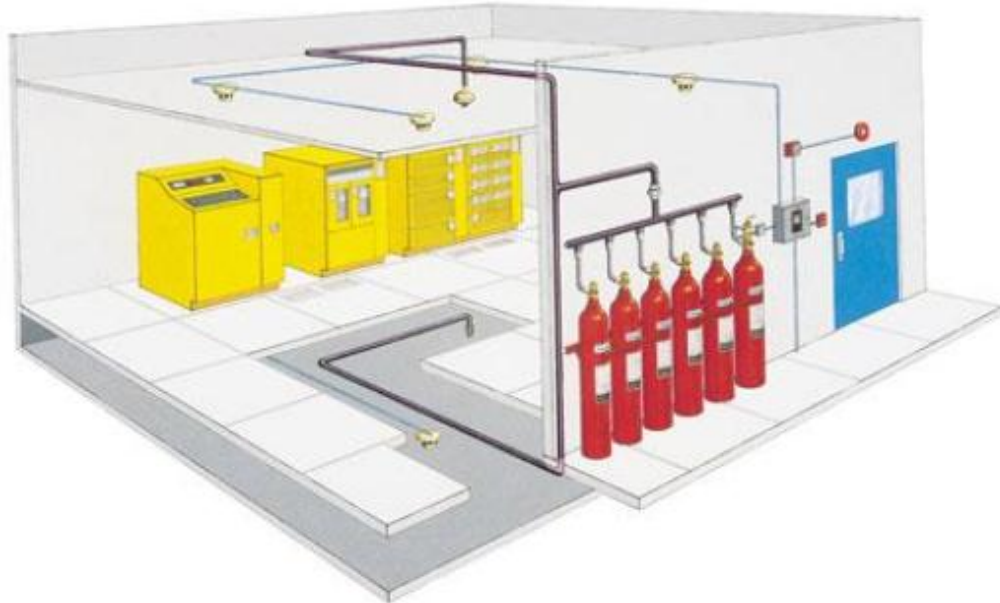
- Almacenamientos grandes y medianos, cuyas condiciones están reguladas por normativas específicas que exigen condiciones adecuadas de diseño, mantenimiento y revisión, así como de existencia de medios de protección.
- Almacenamientos auxiliares, derivados de la necesidad de utilización de productos inflamables en algún momento de la actividad (industrias, laboratorios, hospitales). Dicha circunstancia propicia la necesidad de almacenamientos desde pequeños recipientes o bidones hasta tanques de capacidad relativamente importante.

8.1.5. Recomendaciones generales para el almacenamiento y la manipulación. El almacenamiento de productos inflamables debe realizarse de forma que éstos queden aislados, ya sea por distanciamiento o mediante elementos constructivos (compartimentación), del resto de instalaciones y edificios.

Los almacenes auxiliares de productos inflamables deben guardar una distancia de seguridad respecto a otros locales. La disposición, en caso de bidones, debe

ser tal que si existe una fuga, ésta se aleja de los edificios anexos a los almacenamientos. La zona de almacenamiento debe utilizarse exclusivamente para este fin como lo muestra la Figura 93 y 94.

Figura 93. Sistema del montaje contra incendios.



Fuente: <http://idme.mx/pages/deteccion-inteligente.php>

Los recipientes de productos inflamables serán preferiblemente metálicos, debiendo disponerse a una sola altura y evitando el contacto directo con el suelo. Deben llevarse a cabo regularmente inspecciones para la detección de posibles fugas.

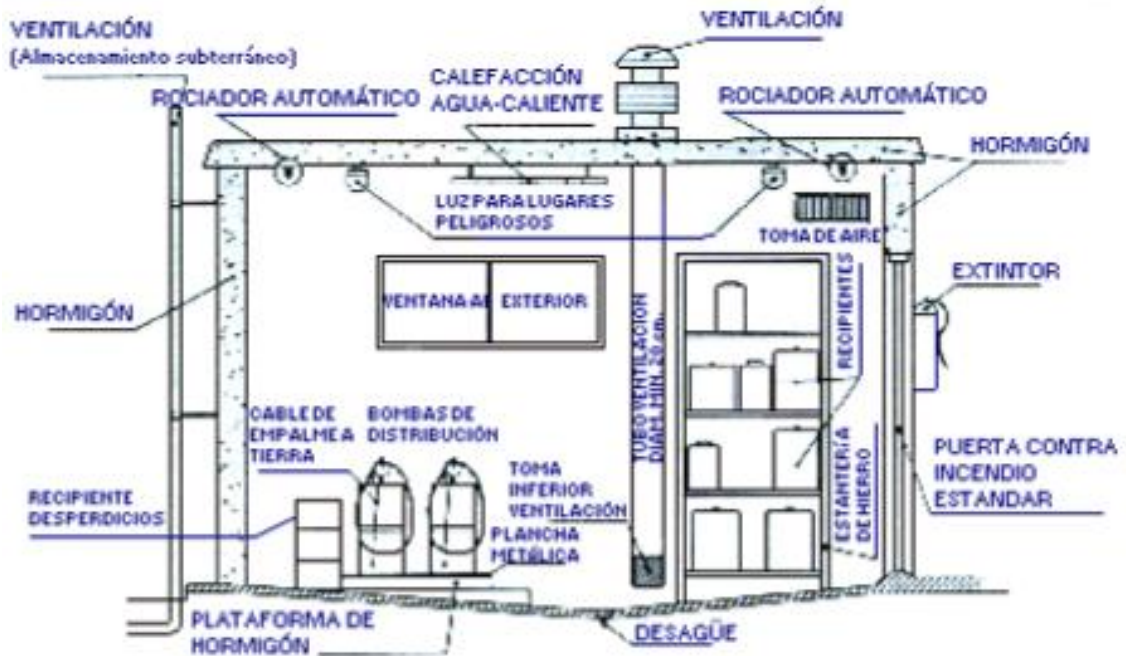
Los lugares próximos al almacenamiento de productos inflamables deben mantenerse limpios de hierbas, basura y productos combustibles.

Para la manipulación de productos inflamables se deben habilitar recintos o locales exclusivos si es posible, no siendo recomendable su almacenamiento ni manipulación en sótanos.

Dichos recintos o locales reunirán las siguientes características:

- El tipo de construcción será resistente al fuego (RF- 120 orientativamente) de cara a conseguir una adecuada compartimentación.

Figura 94. Sala de almacenamiento de líquidos inflamables



Fuente: detectores de fuego NTC 1868

- Deben disponer de sistemas de drenaje suficientes.
- La instalación eléctrica será especial, y del tipo de protección acorde a la clasificación de zonas establecidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, MIE-BT-026 (Ver anexo Grados de Protección).
- Se debe evitar la presencia de aparatos eléctricos móviles que provoquen chispas.
- Dispondrán de ventilación adecuada para evitar la acumulación de gases o vapores.

- Dispondrán de cubetos de recogida de fugas si el tamaño del recipiente lo requiere.
- Si se trata de casetas aisladas en el exterior, es conveniente que los elementos de su cubierta sean del tipo frágil (por ejemplo, fibrocemento).
- Se evitará la presencia de escalones en su acceso de cara a disminuir el riesgo de vuelcos de elementos de transporte.
- Cuando las cantidades de inflamables que se utilicen sean pequeñas, es aconsejable su almacenamiento en armarios especiales (señalizados y resistentes al fuego RF-15), a falta de almacenes en el exterior.
- En el trasiego de líquidos inflamables, todos los elementos metálicos deben estar conectados entre sí y el sistema puesto a tierra.
- Si los líquidos han de ser calentados, para dicha operación se dispondrá de aparatos con temperatura controlada (baños termostáticos, mantas calefactoras). Nunca se llevará a cabo mediante llama directa.
- Debe mantenerse buen nivel de limpieza y orden, retirando bidones y recipientes vacíos.
- Se deben observar cuidadosamente las condiciones de mantenimiento de instalaciones de gases inflamables, sustituyendo en caso necesario los elementos que presenten alguna anomalía (mangueras, válvulas, quemadores u otros).
- El Responsable de Seguridad debe tener fichas de características (combustibilidad, inflamabilidad, toxicidad) de los productos que se almacenan, en la que se especifique tanto la forma de almacenaje, trasvase y forma de actuación en caso de derrame, fuga o incendio.
- En los trabajos de mantenimiento, se debe disponer de un permiso de fuego cuando se trabaje en proximidades de productos inflamables.

8.1.6. Sistemas de protección. Las protecciones adecuadas al riesgo considerado son las siguientes:

- Extintores portátiles y/o móviles (carros) de polvo BC, cuando sólo existen líquidos, o ABC cuando además es posible el incendio de sólidos.
- Detectores automáticos de incendios de tipo térmico y efecto combinado (termostato-termovelocimétrico).
- Sistemas manuales de agua (bocas de incendio-hidrantés) para la refrigeración y protección colindantes.
- Rociadores automáticos, si están protegidas el resto de las zonas.
- Sistemas de agua pulverizada para refrigeración de tanques aéreos de líquidos y gases.
- Sistemas fijos o manuales de espuma para extinción de líquidos o prevención de incendios de derrames.

En la Figura 95 se muestran algunas de las etiquetas de peligro que deben estar presentes en el CIM2T del PTG.

Figura 95. Etiquetas de peligro



Fuente: detectores de fuego NTC 1868

En la Figura 96 se muestra la forma como debe quedar enterrado el tanque de almacenamiento de combustible según las sugerencias de la norma NTC 1868.

Figura 96. Ilustración del tanque de almacenamiento según la norma NTC 1868.



8.2. SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA EL CIM2T DEL PTG.

Para el CIM2T se utiliza la norma NTC 1868, para el manejo de riesgos y accidentes los requisitos mínimos de instalación y localización de los detectores automáticos de incendio, para la protección de los ocupantes de edificaciones, de los edificios, espacios, estructuras, áreas u objetos; que se aplicaron en el diseño del CIM2T del PTG.

NFPA 3, LA HERRAMIENTA PARA EL COMISIONAMIENTO DE PROYECTOS CONTRA INCENDIOS.

En la etapa de entrega de numerosos proyectos de protección contra incendios se suelen confundir los requerimientos de inspección, pruebas y mantenimiento (en adelante IPM), con los requerimientos para aceptación y recepción de los sistemas contra incendio. Los primeros están establecidos en la norma NFPA 25 (Norma para la inspección, pruebas y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendio, para el caso de sistemas de alarma en la NFPA 72, capítulo 14), mientras que los segundos se encuentran definidos en cada una de las normas de diseño e instalación. En la Tabla 31, se indica el número de la norma NFPA y el respectivo capítulo donde se encuentran los requerimientos para la aceptación de cada tipo de sistema contra incendio, como se observa en la Tabla 31.

Tabla 32. Capítulos específicos para la aceptación de sistemas contra incendios.

Tipo de Sistema	Norma NFPA y capítulo aplicable.
Rociadores Automáticos	NFPA 13, CAP 24
Tuberías verticales (stand Pipe)	NFPA 14, CAP 11
Sistemas de <i>water spray</i>	NFPA 15, CAP 10
Rociadores de Agua-Espuma	NFPA 16, CAP 8
Bombas contra incendio	NFPA 20, CAP 14
Tanques de agua para Sistemas Contra Incendio	NFPA 22, CAP 17
Redes privadas contra incendio	NFPA 24, CAP 10

Fuente: detectores de fuego NTC 1868

La confusión entre criterios de aceptación y requerimientos de IPM lleva a que se den por aceptados sistemas contra incendio de forma errónea, siguiendo los protocolos dados por NFPA 25, sin la ejecución de las pruebas y el cumplimiento de los requisitos documentales establecidos en cada norma específica.

Los capítulos mencionados en la Tabla 31, definen para cada tipo de sistema contra incendio, dos criterios de aceptación: requerimientos documentales y requerimientos operativos; los requerimientos documentales incluyen toda la información necesaria con la que debe contar el dueño del proyecto para la

adecuada operación, pruebas y mantenimientos futuros de sus sistemas, esta información incluye entre otros: planos de diseño y planos como construir el sistema, filosofía de diseño y operación, cálculos hidráulicos, especificaciones de materiales instalados, catálogos de equipos, instrucciones de operación de elementos, información de proveedores de repuestos estándar y críticos.

Los requerimientos operativos incluyen todas las pruebas necesarias que permiten verificar que el sistema opera correctamente, entre estas podemos mencionar; prueba hidrostática, lavado de tubería, prueba de desempeño para bombas contra incendio, prueba de flujo en columnas de manguera, prueba de operación y flujo en sistemas de aspersión de agua, entre otras pruebas.

La metodología define cinco grupos de procesos para la ejecución de cualquier proyecto, uno de estos grupos se denomina, “grupo del proceso de seguimiento y control ” el cual contiene 13 procesos específicos, todos referidos al monitoreo, análisis y observación del desempeño de un proyecto; el beneficio clave de este grupo de procesos radica en que el desempeño del proyecto que se mide de manera sistemática y regular, con lo cual se pueden identificar variaciones respecto del plan original⁴; el grupo de procesos de seguimiento y control acompaña el proyecto desde el inicio hasta el cierre, es en este grupo donde se deben definir cuáles son los mecanismos de control de calidad, pruebas operativas, etc., que se deberán llevar a cabo para lograr el cumplimiento del objetivo del proyecto, es decir, en un proyecto contra incendio las pruebas de aceptación y verificación de un sistema contra incendio deben estar programadas inclusive desde el proceso de diseño, verificando el cumplimiento normativo, regulatorio y de cubrimiento del riesgo con lo diseñado.

⁴ Guía del PMBOK (Fundamentos Para La Dirección De Proyectos), cuarta edición, Integrated Testing of Fire Protection and Life Safety Systems, 2012 Edition

Siguiendo este modelo, la propuesta para que estas tareas no se dejen únicamente para el final, es llevar a cabo un plan lógico, documentado, aceptado por las partes, que desde el principio del proyecto defina los momentos en que cada sistema debe ser revisado y probado para su aceptación por separado, los momentos en que los sistemas se prueben de forma integral, y adicionalmente se genere un ciclo de revisiones permanentes y mecanismos de corrección adecuados.

Este es el objeto y alcance del documento NFPA 3 - Recommended Practice on Commissioning and Integrated Testing of Fire Protection and Life Safety Systems, 2012 Edition, recientemente publicado.

Primero que todo es necesario ver el alcance y aplicación de NFPA 3. El Capítulo 1 según la norma (Administración), nos indica que esta práctica recomendada provee los procedimientos, métodos y documentación para el comisionamiento y las pruebas de operación integral de las protecciones activas y pasivas contra incendio y los sistemas de seguridad humana y su interconexión con otros sistemas del edificio⁵.

NFPA 3 se puede aplicar a los siguientes sistemas de protección contra incendio activos y pasivos y sistemas de seguridad humana⁶:

- ✓ Sistemas fijos de supresión de incendios.
- ✓ Sistemas de detección y alarma de incendios.
- ✓ Sistemas de comunicación de emergencia.
- ✓ Sistemas de control y manejo de humos.
- ✓ Sistemas de suplencia de energía (normal y de emergencia).
- ✓ Sistemas de prevención y control de explosiones.
- ✓ Sistemas de elevadores.

⁵ Traducción del texto del alcance de la NFPA 3 por parte del autor del artículo, no es la traducción oficial de NFPA.

⁶ Ver el listado completo en NFPA 3, edición 2012, numeral 1.3.1

- ✓ Sistemas y componentes de los medios de egreso.
- ✓ Sistemas de barreras contra incendio.
- ✓ Sistemas asociados a la protección de cocinas.

Y otros sistemas que intervengan en la protección contra incendio y seguridad humana en un edificio (control de acceso, procesos críticos, entre otros).

En el capítulo 2 según la norma, encontramos las normas de referencia y en el capítulo 3 según la norma, las definiciones; el numeral 3.3.3.1 define comisionamiento así: Proceso sistemático que provee la confirmación documentada de que los sistemas del edificio funcionan de acuerdo a los criterios de diseño definidos para el proyecto y satisface las necesidades operacionales establecidas por el propietario y cumple los requerimientos establecidos en la ley, los códigos regulatorios y las normas aplicables⁷.

En el capítulo 5 según la norma inicia el componente operativo del documento, allí encontramos que el comisionamiento de un sistema contra incendio debe definirse a partir de la división del proyecto en cuatro fases o etapas en el siguiente orden:

1. Fase de planeación
2. Fase de diseño.
3. Fase de construcción
4. Fase de ocupación del edificio.

En la fase de planeación (numeral 5.2) se define el personal que integrara el equipo de comisionamiento con sus funciones durante todo el proceso, este equipo debe tener unas cualidades y requerimientos o calificaciones técnicas y profesionales que se especifican en el capítulo 4 de NFPA 3, es decir, que ya se

⁷ Traducción de la definición de Comisionamiento, por parte del autor del artículo, no es la traducción oficial de NFPA.

cuenta con una herramienta para definir las competencias adecuadas del personal que participe en un comisionamiento.

La fase de planeación debe definirse a partir de dos conceptos nuevos que nos trae NFPA 3, las bases de diseño (en inglés BOD; Base of Design) y los requerimientos del propietario (en inglés OPR: Owner's Project Requirements); estos son los documentos desde donde inicia la definición, planeación y alcance del comisionamiento.

En el capítulo 5 según la norma, numerales 5.3, 5.4 y 5.5, se encuentran las actividades de comisionamiento que se desarrollan en las fases de diseño, construcción y ocupación del edificio, estas actividades deben ir siempre ligadas a lo definido en la fase de planeación y a lo establecido en las bases de diseño (BOD) y los requerimientos del propietario (OPR).

El capítulo 6 según las normas, (Comisionamiento Integrado), define los requerimientos para el comisionamiento integrado de sistemas contra incendio y seguridad humana. En el capítulo 7 según la norma (Pruebas a Sistemas Integrados), se definen las pruebas que demuestren esa operación integral de los sistemas, sin embargo, las pruebas de operación integral de sistemas se realizarán una vez los sistemas instalados hayan sido aceptados individualmente según los criterios establecidos en la normativa aplicable de cada sistema y lo definido en las especificaciones del proyecto, es decir, si un edificio cuenta con sistemas de rociadores automáticos, sistema de detección y alarma, bombas contra incendio, control de ascensores, entre otros sistemas; primero se deben llevar a cabo las pruebas de aceptación de cada sistema, y una vez estos sean probados y aceptados de forma individual, se desarrollan las pruebas de integración de sistemas entre sí; es un proceso equivalente a un diagrama de causa–efecto entre sistemas contra incendio y filosofía de operación, es importante tener en cuenta que este “diagrama causa- efecto” debe estar definido

en las BOD y en el OPR y estar integrado desde la fase de planeación del comisionamiento.

El capítulo 8 según la norma (Re-Comisionamiento y Retro-Comisionamiento) encontramos una herramienta para llevar a cabo el comisionamiento a sistemas en edificios construidos, es importante anotar que este capítulo no define frecuencias para el re-comisionamiento, esta frecuencia la debe definir el plan de comisionamiento que se realiza en la fase de planeación, (capítulo 5 según la norma, numeral 5.2).

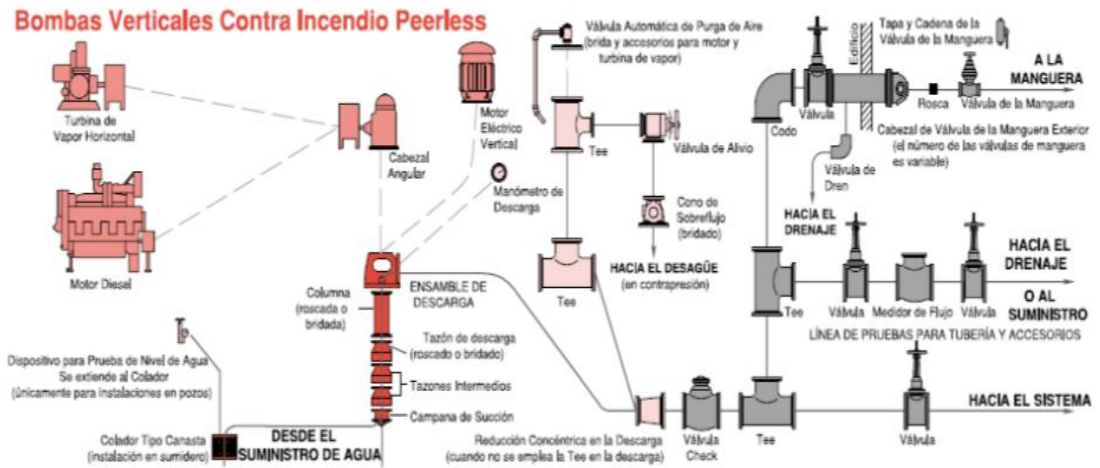
En el capítulo 9 según la norma y el anexo C, se presentan modelos de formatos para el desarrollo y reporte del comisionamiento; estos formatos pueden ser modificados por parte del equipo de comisionamiento de acuerdo a sus requerimientos específicos.

Aunque esto es un resumen breve de NFPA 3, se puede ver la gran oportunidad que brinda NFPA a través de esta práctica recomendada, para que de una manera organizada y documentada, se asegure que los sistemas contra incendios activos y pasivos, y los sistemas de seguridad humana, trabajen de forma correcta e integrada.

A pesar de que su aplicación actual es específica para edificios, los criterios dados por NFPA 3 los podemos llevar a diferentes proyectos contra incendio en otro tipo de ocupaciones.

En la Figura 97. Se muestra los accesorios requeridos para el sistema contra incendios.

Figura 97. Bombas verticales contra incendio.



Fuente: detectores de fuego NTC 1868

En la Figura 98. Se encuentra el plano isométrico del laboratorio CMI2T en el que se muestran la tubería de acceso a la red antiincendios (1) con dos dispersores anti fuego con sus respectivas alarmas (2) y un extinguidor que está justo a la entrada del mismo (3). Véase el anexo A.

Figura 98. Vista isométrica del sistema contra incendios.

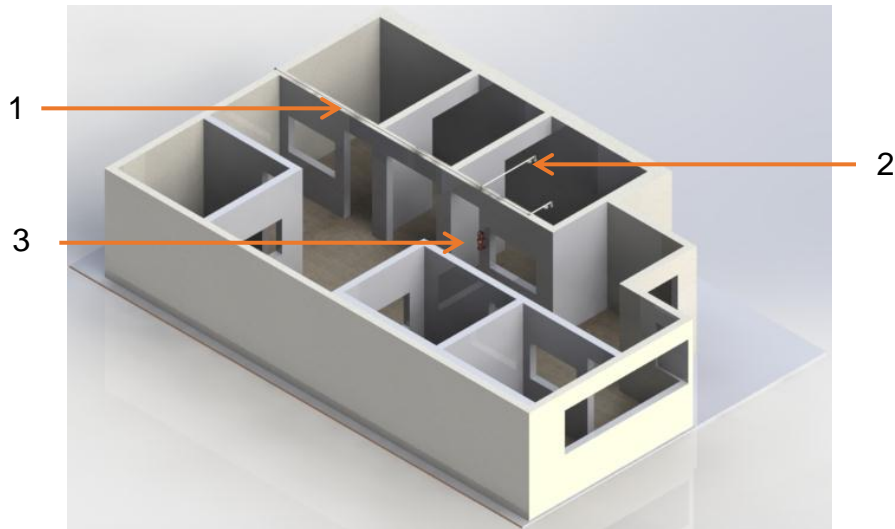
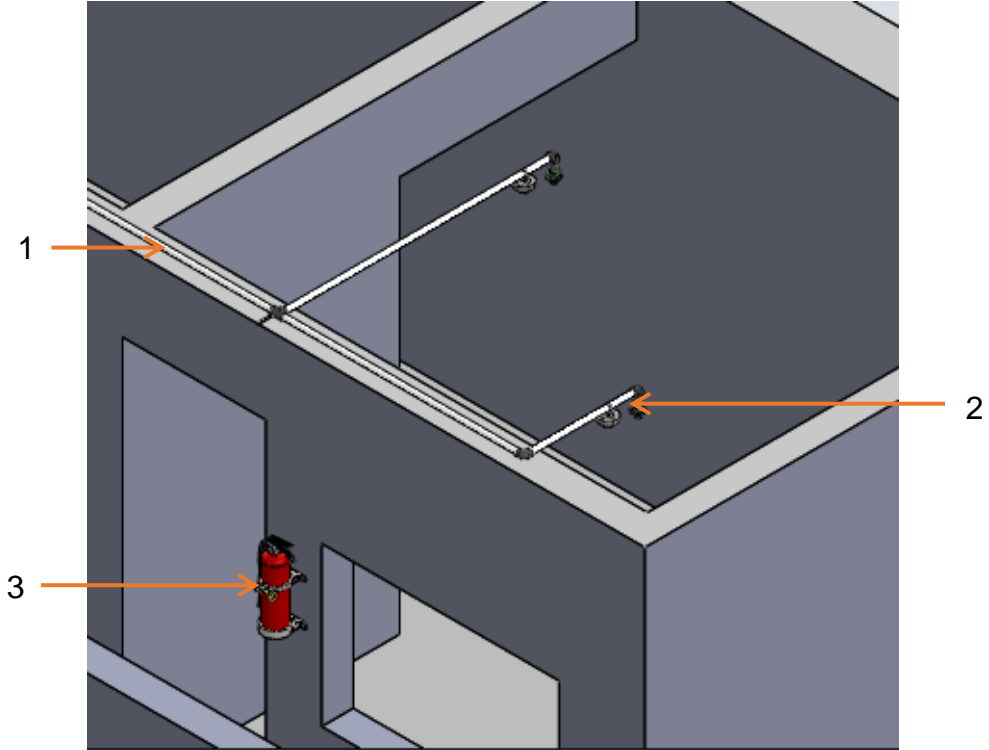


Figura 99. Acercamiento del sistema antincendios.



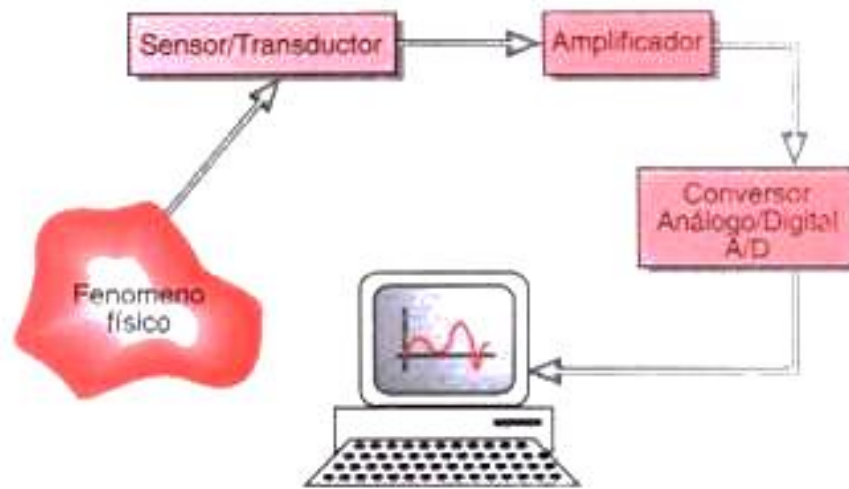
9. SISTEMA DE MEDICIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA CELDA CIM2T DEL PTG.

Uno de los primeros propósitos, de la celda de prueba de motores es producir datos. La colección, manipulación, muestreo, almacenaje y transmisión de estos datos debe ser una de las primeras consideraciones en el diseño y operación de algún medio de prueba o ensayo.

Es tal vez en el área de grabación, procesamiento y almacenaje de datos que los cambios más revolucionarios en la práctica de evaluación y ensayos de motores ha tenido lugar. El proceso de adquisición de datos del mundo físico conlleva los siguientes pasos fundamentales:

1. Utilización de un sensor/transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física a una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
2. Amplificación de la señal de voltaje o corriente, si se requiere. Si la señal que proviene del sensor es débil, se requiere un amplificador de voltaje y algún método para filtrar los ruidos eléctricos.
3. Traducción de esta señal analógica al lenguaje propio del computador: lenguaje digital. Este proceso se conoce técnicamente como conversión ANÁLOGO /DIGITAL (A/D).
4. Adquisición propiamente dicha de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del microprocesador y llevados luego a pantalla o a otro periférico del computador como nos lo muestra la Figura 100.

Figura 100. Ruta de adquisición de datos.



Fuente: Tomado de www.upiicsa-adq-datos.blogspot.com

En la Figura 100 se observa el esquema de la ruta de adquisición de datos común.

9.1. SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE SOFTWARE Y HARDWARE.

En esta sección se hace referencia a la introducción hecha por Plint “Engine Testing” [1] en el capítulo 12.

En la elección de software de control para las pruebas.

La industria de pruebas de motores en el mundo es atendido por un número relativamente pequeño de empresas cuyo producto estrella es una completa suite de software diseñados específicamente para el control de pruebas de motor, la adquisición de datos de prueba y mostrar los resultados.

Varias de estas empresas también hacen los grandes módulos de instrumentación requerida para los motores de prueba, como dinamómetros, controladores de

temperatura del fluido del motor, medidores de combustible y las emisiones de escape del equipo. Sin embargo, muchas instalaciones están compuesto por módulos de la planta procedentes de varios de estos proveedores especializados en además de los servicios de construcción de fabricación local. Tales grandes suites de software son el resultado de muchos años de trabajo; no es recomendado por incluso un usuario altamente especializado, sin embargo el experimentó, debe emprender la tarea de producir su propio software de control de la prueba a partir de cero.

Los posibles compradores de sistemas de prueba automatizados deben de ser inspeccionar en las compañías competitivas de sistemas, en los sitios de otros usuarios que hacen un trabajo similar. Como con cualquier sistema complejo, las siguientes preguntas generales deben ser consideradas sin ningún orden de importancia:

- ¿Cómo intuitiva y de apoyo a la labor que hace el software parece estar; o lo hace el proveedor de software de entender el mundo en el que el software tiene que funcionar?
- El costo de compra es claramente importante, pero también tienen en cuenta el coste de la propiedad incluyendo soporte técnico, actualizaciones y licencias adicionales.
- ¿Puede el informe post-procesamiento y requiere ser llevada a cabo directamente por la nueva software o se pueden transferir datos a otros paquetes utilizados en el sitio?
- ¿Qué tan bueno es el entrenamiento y apoyo de servicio en la ubicación geográfica del usuario?
- ¿En el caso de las empresas internacionales, no el soporte de software en varios idiomas visualización de las pantallas?
- ¿Se ha utilizado con éxito el sistema en el sector industrial del usuario?

- ¿Pueden la instrumentación existente o una nueva instrumentación de terceros pueden utilizar con el sistema sin degradación del rendimiento?
- ¿Es la seguridad de datos robusta y puede el post-procesamiento dar visualización y archivo requerido para ser acomodados?
- ¿Pueden los datos generados por el nuevo sistema almacenarse en el formato de los datos existentes?

9.1.1. Selección de software para la celda CIM2T: La evaluación y selección de software a las diferentes dependencias se hacen a través del usuario líder. Se revisan las mejores alternativas de acuerdo a los lineamientos dados por el usuario y los establecidos internamente con el fin de seleccionar la mejor solución de software. Se determina seleccionar:

El software de desarrollo de sistemas NI LabVIEW, se especifica en el anexo B el costo y los datos técnicos en el anexo C.

LabVIEW es una plataforma de programación gráfica que ayuda a ingenieros a escalar desde el diseño hasta pruebas y desde sistemas pequeños hasta grandes sistemas. Ofrece integración sin precedentes con software legado existente, IP y hardware al aprovechar las últimas tecnologías de cómputo. LabVIEW ofrece herramientas para resolver los problemas de hoy en día y la capacidad para la futura innovación, más rápido y de manera más eficiente.

9.1.2. Selección del hardware: Introducción: Se denomina hardware al conjunto de elementos físicos (mecánicos, eléctricos y electrónicos) que forman parte de una computadora y mediante los cuales esta consigue elaborar y ejecutar una serie de instrucciones preestablecidas. La selección del modelo y capacidades del hardware requerido por determinada dependencia, debe ir de acuerdo con el plan estratégico de sistemas y sustentado por un estudio elaborado por el área de

soporte técnico, en el cual se enfatizan las características y volumen de información que ameritan sistematización diferencian los tipos de equipos que se adjudican a las diversas áreas usuarias. Todo estudio determina una configuración mínima para el computador y los aditamentos o dispositivos electrónicos anexos como unidades externas, impresoras, tarjetas y módems para comunicaciones, elementos para backups en las cintas magnéticas etc.; de acuerdo con las necesidades del usuario, así como una evaluación del costo aproximado de la inversión. Se determina utilizar dispositivos de:

La selección de los diferentes dispositivos para el tratamiento de los datos se hace de manera conjunta a la selección del software, basado en las especificaciones; NI ofrece grandes recursos en hardware como tarjetas, sensores y acondicionadores de señal:

Adquisición de Datos (DAQ) de la National Instruments. En los anexos se especifica el costo y los datos técnicos.

- NI USB-9211^a DAQ Portátil Basado en USB para Termopares.
- Hardware de conducción GPIB (IEEE 488).
- Medidas de Sensor y Acondicionamiento de Señales.

10. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA EN EL SOFTWARE EXCEL MICROSOFT PARA PODER DETERMINAR

El desarrollo de esta herramienta permite el fácil manejo de los datos obtenidos durante la realización del proyecto, es de gran ayuda haciendo cálculos y estimaciones de los valores, manipulando y obteniendo la mejor propuesta.

A continuación se observa los datos más relevantes para los costos de la celda tabulados en las Tablas 32 hasta la 38, contenidas en el software desarrollado por la herramienta EXCEL DE MICROSOFT.

10.1. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO, PARA LA INSTALACIÓN MONTAJE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS (CIM2T) DE GUATIGUARÁ.

Tabla 33. Costos de suministro de agua

COSTOS SUMINISTRO DE AGUA		
Detalle	unidad	valor
Tanque A	1	80.000
Tanque B	1	30.000
Radiador	1	200.000
Dinamómetro	1	-----
Válvula reguladora	1	14.350
Bombas	2	867.231
Tuberías	1	200.000
Sensor de temperatura	1	50.000
Válvula purga	1	12.300
Montaje		3.000.000
TOTAL		9.478.000

Tabla 34. Costos de suministro de combustible

COSTOS SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE		
Detalle	unidad	valor
Tanque almacenamiento	1	180.000
Tanque de medición volumétrico	1	25.000
filtro	2	24.000
Bomba	1	90.000
Medidor de combustible	1	1.606.000
Válvula reguladora	1	30.000
Tubería	1	400.000
Válvulas de bola	5	61.500
Montaje	1	3.500.000
TOTAL		5.916.500

Tabla 35. Costos de suministro de gas natural

COSTOS SUMINISTRO DE GAS NATURAL		
Detalle	unidad	valor
toma de gas	1	750.000
reguladores de presión	3	103.950
Medidor de gas.	1	130.000
Diseño de tuberías y accesorios.	1	510.000
Montaje	1	14.072.837
TOTAL		15.566.787

Tabla 36. Costos de suministro de aire de combustión

COSTOS SUMINISTRO DE AIRE DE ADMISIÓN		
Detalle	unidad	valor
medidor de placa de orificio	1	1.580.000
Medidor de dispersión térmica	1	7.200.000
Diseño de tuberías y accesorios.	1	500.000
Manómetro diferencial	1	1'200.000
Montaje	1	1.500.000
TOTAL		11'980.000

Tabla 37. Costos de suministro de análisis de gases de escape

COSTOS SUMINISTRO DE ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN		
Detalle	unidad	valor
Analizador de gases de combustión	1	22'000.000
Sistema de medición y calibración	1	418'750.000
Diseño de tuberías y accesorios.	1	500.000
Montaje	1	1.500.000
TOTAL		442'300.000

Tabla 38. Costos de sistema contra incendio

Costos sistema contra incendio		
Detalle	unidad	valor
Sensor y aspersor	2	5'000.000
Diseño de tuberías y accesorios.	1	1'500.000
Montaje	1	3.500.000
Bombonas de CO2		10'000.000
TOTAL		20'000.000

Tabla 39. Costos sistema de adquisición de datos

Costos sistema de adquisición de datos		
Detalle	unidad	valor
hardware	1	4'650.000
software	1	13'288.000
imprevistos		62.000
TOTAL		18'000.000

Tabla 40. Costos diseño y suministro del banco (CMI2T)

Costos diseño y suministro del banco (CMI2T)		
Detalle	unidad	valor
Costos suministro de agua	1	9.478.000
Costos suministro de gas natural	1	15.566.787
Costos suministro de combustible	1	5.916.500
Costos suministro de aire de admisión	1	11'980.000
Costos medidor de los gases de combustión	1	442'300.000
Costos de instalación sistema contra incendios.	1	20'000.000
Costos sistema de adquisición de datos	1	18'000.000
imprevistos		26'758.713
TOTAL		550'000.000*

*El presupuesto de diseño y costos del CIM2T para el PTG se hizo con los equipos más óptimos y cumpliendo las principales recomendaciones de las normas dadas anteriormente. Véase anexo F1.

10.1.1. Fórmulas de cálculo para los requerimientos de los diferentes motores. La celda debe establecer los parámetros de funcionamiento de los motores de 2 tiempos, para esto se diseñó un programa en Excel para la determinación de flujo másico de aire y combustible, distribución de tuberías y accesorios; con el fin de facilitar los cálculos para un rango de motores con potencia entre 5 y 30 kW cada una de estas fórmulas están en Excel disponibles a utilizar y hallar cualquier cantidad variando cada uno de sus datos según el requerimiento. Véase anexo F2.

Tabla 41. Ecuaciones para la determinación del flujo másico de aire y combustible.

Determinación de flujo másico de aire y combustible.				
	Ecuaciones	Resultados	Datos de entrada	
1	$P_e = P * \frac{N}{N_p} * \left[1 + \frac{N}{N_p} - \left(\frac{N}{N_p} \right)^2 \right]$ Kw	$P_e =$	5	P = 5 N = 9150 Np = 9150
2	$\dot{m}_f = \frac{P_e}{\eta_e * Hu} * 3600$ $\frac{Kg}{h}$	$\dot{m}_f =$	2,55681818	$\eta_e =$ 0,16 Pe = 5 Hu = 44000
3	$m_a = \frac{P_e * FA}{\eta_e * \frac{N}{60} * Hu}$ (Kg/rev)	$m_a =$	6,846E-05	ma = 6,846E-05 FA = 14,7 $\dot{m}_f =$ 2,55681818
4	$\dot{m}_a = m_a * 60 * N$ $\frac{Kg}{h}$	$\dot{m}_a =$	37,5852273	$\dot{m}_a =$ 6,8461E-05 $\dot{m}_a =$ 37,5852273
5	$b_e = \frac{\dot{m}_f}{P_e} * 1000$ $\frac{g}{Kw-h}$	$b_e =$	511,363636	

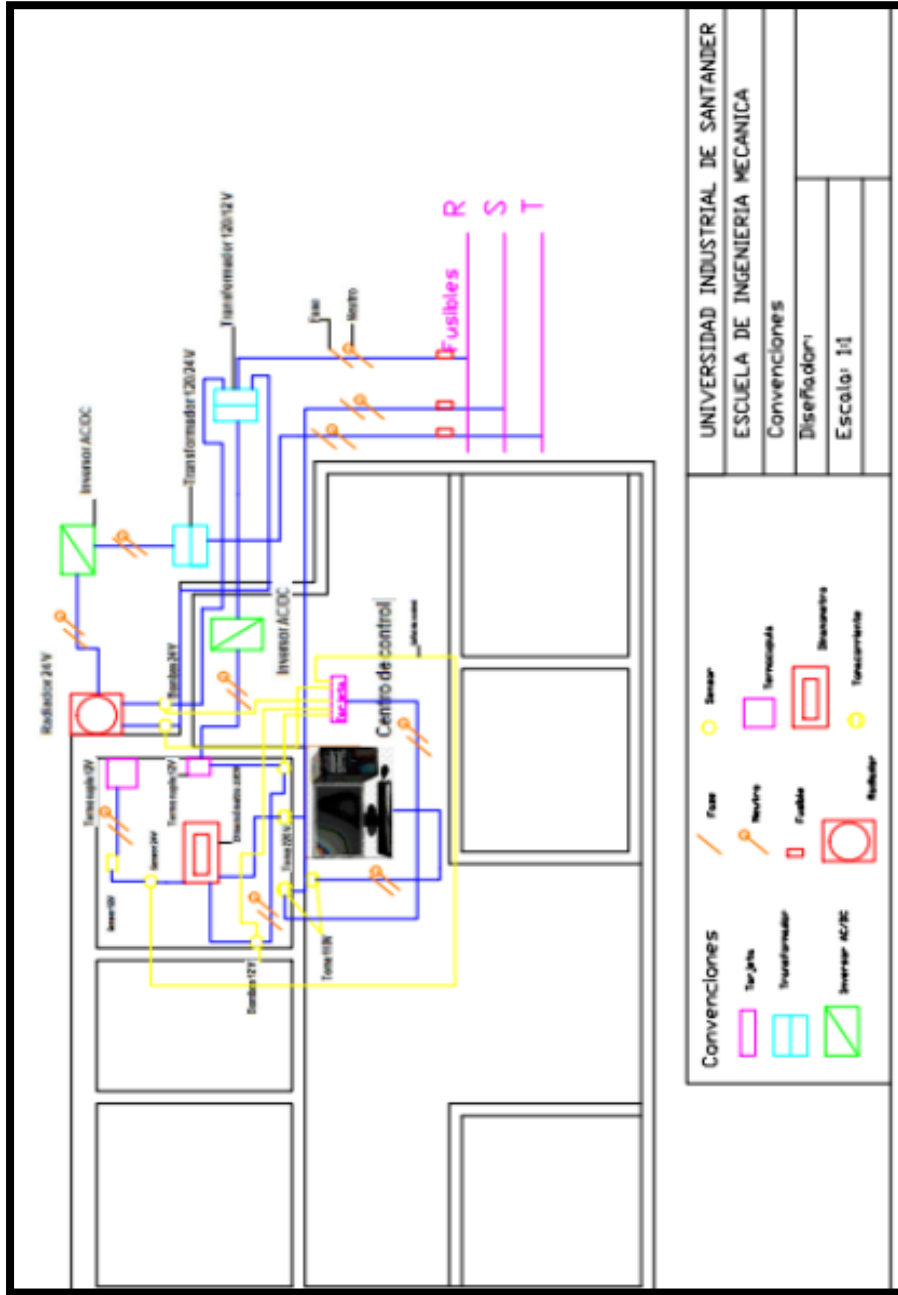
Tabla 42. Ecuaciones para la determinación del diseño y distribución de tuberías y accesorios.

Diseño y distribución de tuberías, accesorios					
	Ecuaciones	Resultados	Datos de entrada		
1	$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + h_f$	0=	16,2094801	$v_1 =$	0,7
				$v_2 =$	4
				$g=$	9,81
2	$Re = \frac{D_v}{v} = \frac{D_{v\rho}}{\mu g}$	Re=	0,00197143	$P_1=$	6
				γ	0,05
				$P_2=$	5
3	$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$	hf=	3044,5124	$Z_1=$	3
				$Z_2=$	6
				hf=	4
4	$f = \frac{64}{Re}$	f=	0,0120075	D=	0,06
				V (velocidad)=	4
				$\rho=$	0,46
5	$\frac{1}{\sqrt{f}} = \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$	1=	2,26155169	$\mu=$	56
				f=	4
				Re=	5330
6	$h_{fa} = K * \frac{v^2}{2g}$	hfa	3,26197757	L=	56
				$\epsilon=$	3
				K=	4
7	$t = \frac{P * D}{2\sigma_d + P}$	t	0,01764706	P=	5
				$\sigma_d =$	6
				$\sigma_s =$	7

8	$Schedule\ Number = \frac{P_s * 1000}{\sigma_s}$	Schedule Number	4857,14286	$P_s =$	34
				Q =	0,8
				H =	0,66
9	$HP = \frac{Q * H}{75 * \eta}$	HP	0,011	$\eta =$	0,64
				hf=	3
				A=	0,56
10	$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$	hf	3044,5124		
11	$hm = k \frac{V^2}{2g}$	hm	3,26197757		
12	$ht = hf + \Sigma hm$	ht	3,56		
12	$V = \frac{Q}{A}$	V	1,42857143		

10.1.2. Planos de distribución eléctrica. Para las instalaciones eléctricas se realiza el plano con la ayuda del Ingeniero Electricista Hency Roballo, este plano es de ayuda para el montaje, para mayor detalle ver anexo A6 plano eléctrico.

Tabla 43. Plano de distribución eléctrica para el banco (CMI2T).



11. ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN NECESARIA PARA LA SOLICITUD DE ACREDITACIÓN SEGÚN LO ESTIPULADO EN LA (ONAC).

El ONAC cumple las funciones de Organismo Nacional de Acreditación de Colombia desde 2008. En dicho año, se suprimió el carácter de actividad pública administrativa de la acreditación y se reconoció plenamente su carácter técnico.

Antecedentes

En Colombia, la Superintendencia de Industria y Comercio –SIC- inició en 1994 la actividad de acreditación. Entre 1994 y 2009 la SIC acreditó 357 organismos de evaluación de la conformidad –en adelante OEC-, habiendo obtenido a nivel nacional reconocimiento de su capacidad técnica. A nivel internacional se sometió a 2 pre-evaluación por pares que evidenciaron el desarrollo de su capacidad técnica, pero que observaron las condiciones estructurales que afectaban su independencia y autonomía e impedían definitivamente su reconocimiento internacional como organismo nacional de acreditación. Condiciones estructurales derivadas de su condición de entidad pública que, de otro lado, no le permitieron a la SIC reaccionar rápidamente para adaptar su capacidad instalada de prestación del servicio de acreditación al rápido crecimiento de la demanda a partir de 2002; circunstancia que determinó que se extendieran excesivamente el tiempo que tomaba adelantar un proceso de acreditación y dificultándose, cuando no haciéndose imposible, la realización de las evaluaciones de seguimiento a las que está condicionada la acreditación. En 2006 se produjo el documento CONPES 3446 del Consejo Nacional de Política Económica y Social. En él se contienen los lineamientos para el desarrollo de una política nacional que: i) reorganice el marco institucional del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología (SNNCM); ii) fortalezca las actividades de expedición de reglamentos técnicos, normalización, acreditación, designación, evaluación de la conformidad y

metrología y; iii) permita obtener el reconocimiento internacional del Subsistema Nacional de la Calidad. En ese documento se realizó un diagnóstico en el cual, en punto a la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad, se resalta la importancia y urgencia para Colombia de obtener el reconocimiento internacional de un ente nacional de acreditación, y se señalan como principales dificultades de la acreditación en el país la falta de ese reconocimiento internacional y la atomización y dispersión de la actividad.

Estrategias para la conformación del Subsistema Nacional de Calidad – SNCA

- Ajuste institucional y normativo
- Organización y coordinación de la reglamentación técnica
- Fortalecimiento de la normalización y participación efectiva en los foros de participación internacional
- Conformación del Organismo Nacional de Acreditación con reconocimiento internacional
- Implementación de una política para la designación de organismos de evaluación de la conformidad
- Conformación del Instituto Nacional de Metrología
- Fortalecimiento de la Metrología Legal
- Coordinación del SNCA y del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención en Salud de MPS
- Creación del ONAC

En ejecución de las políticas adoptadas en el CONPES 3446, en noviembre de 2007 fue creado el ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA - ONAC como la opción de país para obtener el reconocimiento internacional de la acreditación, en un contexto de continuidad con la actividad que venía desarrollando la SIC. Y, en el mismo sentido, en diciembre de 2008 en el decreto 4738 se designó al ONAC como Organismo Nacional de Acreditación y se

le señalaron las funciones que en esa condición le corresponde cumplir. En febrero de 2009 el ONAC emitió las primeras acreditaciones.

El ONAC se creó como una corporación sin ánimo de lucro de naturaleza y participación mixta, regida por las normas del derecho privado. Fue constituida en asamblea del 20 de noviembre de 2007, bajo las leyes colombianas, dentro del marco del Código Civil, las normas sobre ciencia y tecnología y de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 96 de la Ley 489 de 1998, cuyas actividades y programas están sujetas al control administrativo del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en los términos del artículo 109 de dicha Ley. El patrimonio inicial fue 79% aporte del sector público y 21% del sector privado. A 31 de diciembre de 2010 esa relación es 67% aporte del sector público y 33% del sector privado.

La solicitud de acreditación se presenta ante ONAC por medio del formulario correspondiente al tipo de organismo de evaluación de la conformidad para el que se solicite la acreditación se encuentra en los anexos del presente.

A continuación, encontrará los documentos en los que se establecen las reglas para obtener la acreditación, los formularios de solicitud, los formularios de lista de verificación frente a los requisitos de la norma de requisitos de acreditación y las tarifas vigentes del servicio de acreditación y las reglas para el uso de la marca o símbolo de acreditación de ONAC por parte de los organismos de evaluación de la conformidad acreditados se pueden remitir a los anexos para la verificación de los formatos diligenciados. Para verificar la información véase anexo D.

12. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos propuestos al iniciar el proyecto, se logró el cumplimiento de cada uno de ellos verificando uno a uno con sus exigencias y requerimientos según fueron estipulados:

- Se diseñó y selecciono las facilidades de servicio de los diferentes sistemas utilizados para el CIM2T del PTG: sistema de suministro y medición flujo de aire, sistema de suministro de combustible, sistema de medición de emisiones, suministro de agua y lubricante, sistema de suministro del gas GNV; para un rango de potencia 5 KW, 15 KW y 30 KW en MCIA:
- Para el sistema de suministro de aire para la admisión se determinó el flujo másico de aire, obteniendo un rango de flujo 1,336 – 122,3 Kg/h; se diseñó el sistema de suministro de aire para la celda de ensayos con sus respectivos componentes (recipiente de amortiguación de pulsos “AIRBOX”, conexiones, derivaciones, tuberías) se seleccionaron dos alternativas de medición de flujo másico de aire la primera es un medidor de dispersión térmica THERMATEL MODELO TA2 MAGNETROL para un rango de medición de 0,0025-1,80 Kg/s. La segunda es una platina de orificio calibrado según la norma ISO 5167-2 para un diámetro de 10 mm el flujo mínimo es 0,0019 kg/s y sus accesorios de medición, como son un manómetro diferencial con salida eléctrica y una termocupla tipo K.
- Para el sistema de suministro de combustible se diseñó un tanque de almacenamiento de 30 galones que quedara enterrado en la parte posterior a la sala de pruebas y ensayos (CMI2T) bajo la norma de NTC 1668 de manipulación y almacenamiento de combustible, se seleccionó un medidor tipo coriolis el cual tiene un rango amplio para la medición de flujo másico de

combustible de 0 a 65 kg/h, y demás accesorios como: tubería, válvula reguladora, bomba y el manómetro) basados en las recomendaciones de la norma SAE J312 (ISO 7647) y SAE J1489.

- Para el sistema de medición de emisiones de los gases de escape: se determinaron en base a las recomendaciones de la EPA (Environmental Protection Agency), los niveles de emisiones en los gases de combustión (CO, CO₂, NO_X, O₂, HC) y se seleccionó los equipos de medición y análisis de gases de escape teniendo en cuenta la norma NTC 4983 según los requisitos de exactitud, se analizan tres alternativas: el analizador de gases portable NOVA 376, el analizador portable Horiba OBS-BONE, y el sistema de análisis AVL CVS i60™.
- Para el sistema de suministro de agua se seleccionó un radiador para el enfriamiento del tanque que tiene una capacidad de 35 Galones, este nos asegura el correcto enfriamiento del dinamómetro con su respectiva recirculación, para estar seguros del correcto funcionamiento del mismo se le adecuo un sistema de control de temperatura PID el cual nos proporciona los datos de incremento de temperatura para de inmediato corregirlo.
- Para la medición de la relación A/F se siguieron las recomendaciones de la norma, sin embargo realizar estrictamente estas recomendaciones, resulta muy costoso y para una primera etapa de montaje no sería practico ni valido para obtener una certificación.
- Para el sistema de lubricación se seleccionó un sistema de lubricación por premezcla pero este solo se va a utilizar para motores futuros ya que las primeras pruebas se realizaran con los motores donados por la empresa Dolmar y estos ya traen su sistema de lubricación incluida.

- En el sistema de seguridad se determinó seguir la norma NTC 1868, realizando el diseño del sistema contra incendios para la celda y siguiendo las principales recomendaciones sobre el almacenamiento de combustible.
- Para el sistema de adquisición de datos se seleccionó el software LabView de la NI (National Instruments) y los dispositivos Hardware de adquisición como lo son tarjetas, NI USB-9211^a DAQ Portátil Basado en USB para Termopares; Hardware de conducción GPIB (IEEE 488); Medidas de sensor y acondicionamiento de señales.
- Se desarrolló una herramienta en EXCEL de Microsoft que permite calcular los costos económicos de la celda y tabular las ecuaciones utilizadas para los cálculos de los diferentes diseños de la celda (aire, combustible, agua, etc.) además de poder saber las variaciones gracias éste. El costo oscila entre 150'000.000 y 550'000.000 millones aproximadamente dependiendo de la precisión de los instrumentos de medición.
- Se llenaron los requisitos de los formatos de: presentación de proyectos de la Universidad Industrial de Santander al igual que los de la ONAC para la solicitud de acreditación de laboratorios. Véase anexo D.

13. RECOMENDACIONES

- Para un futuro el CIM2T sea reconocido para realizar y hacer pruebas estandarizadas y certificadas se requiere cumplir estrictamente en lo posible con los requisitos de la ONAC y las normas SAE e ISO.
- En cuanto al aire y los gases de escape se recomienda seleccionar un equipo de más precisión ya que se está limitado por el alto costo y aun así no se encuentra uno que nos dé un valor acertado para dichas mediciones.
- En el sistema de suministro de agua se recomienda estar pendientes de los diferentes sensores para verificar que al dinamómetro siempre entre el caudal necesario y al delta de temperatura que este requiere para evitar daños en el dinamómetro.
- En el sistema de suministro de agua se debe tener muy en cuenta que en el momento de la recirculación del agua de refrigeración a la salida del dinamómetro este fluido sale contaminado por tal razón dentro del tanque esta una separación para que el agua limpia recircule y el agua contaminada que estaría en la parte superior se mantenga ahí para poder desecharla de una manera que no haga daño a nuestro medio ambiente.
- Para la ubicación de la CIM2T del PTG, recomendamos se entregue otro lugar fuera del sótano para que sea más accesible el montaje de este.

REFERENCIA

- [1] PLINT Michael and MÁRTIR Anthony. Engine Testeing. Werrendale, SAE International second Edition, 2002. 365p.
- [2] B. E. Zhelesko. Fundamentos de la teoría y dinámica de motores de automóviles, Editorial, escuela superior, Minsk, 1980.
- [3] 1991 SAE HANDBOOK. Engines, fuel, lubricants, emissions, noise. Werrendale, SAE international volumen 3.
- [4] JENSEN Jens, Motores de combustión interna de dos tiempos, Bucaramanga, agosto/ septiembre de 2013.
- [5] A.S.M.E. PTC 19.5. Fluid Meters Sixth Edition 1971.
- [6] A.S.M.E. MFC-3M 1989.Measurement of Fluid Flow in Pipes Using Orifice, Nozzle, and Venturi.
- [7] BASSHUYSEN, Richard y SCHAFER, Fred. Internal Combustion Engine Handbook. USA. SAE International. 2004.
- [8] HEYWOOD, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. USA. McGraw Hill: 1988.
- [9] REYES CANCHILA, Michel Eugenio; ANAYA ACEVEDO, Guillermo Andrés: Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2008.

[10] Payri, F; Desantes, J. Motores de Combustión Interna Alternativos. Bogotá. Editorial Reverte, Valencia 2011.

[11] I.S.O. 5167-2. Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular-cross section conduits running full —Part 2: Orifice plates.

[12] ELSEVIER, An experimental study on the influence of EGR rate and fuel octane number on the combustion characteristics of a CAI two-stroke cycle engine, Amin Mahmoudzadeh Andwari*, Azhar Abdul Aziz, Mohd Farid Muhamad Said, Zulkarnain Abdul Latiff,.

[13] Gordon P. Blair. The Basic Design of Two-Stroke Engines Society of Automotive Engineers, Inc. Second printing 1993. Printed in the United States of America.

[14] Petar BIGOŠ and Michal PUŠKÁR. Engine Output Increase of Two-stroke Combustion with Exhaust System Optimization. Slovak Republic. 2008.

BIBLIOGRAFÍA

1991 SAE HANDBOOK. Engines, fuel, lubricants, emissions, noise. Warrendale, SAE international volumen 3.

A.S.M.E. MFC-3M 1989. Measurement of Fluid Flow in Pipes Using Orifice, Nozzle, and Venturi.

A.S.M.E. PTC 19.5. Fluid Meters Sixth Edition 1971.

B. E. Zhelesko. Fundamentos de la teoría y dinámica de motores de automóviles, Editorial, escuela superior, Minsk, 1980.

BASSHUYSEN, Richard y SCHAFER, Fred. Internal Combustion Engine Handbook. USA. SAE International. 2004.

ELSEVIER, An experimental study on the influence of EGR rate and fuel octane number on the combustion characteristics of a CAI two-stroke cycle engine, Amin Mahmoudzadeh Andwari*, Azhar Abdul Aziz, Mohd Farid Muhamad Said, Zulkarnain Abdul Latiff,.

GORDON P. BLAIR. The Basic Design of Two-Stroke Engines Society of Automotive Engineers, Inc. Second printing 1993. Printed in the United States of America.

HEYWOOD, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. USA. McGraw Hill: 1988.

I.S.O. 5167-2. Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular-cross section conduits running full —Part 2: Orifice plates.

JENSEN Jens, Motores de combustión interna de dos tiempos, Bucaramanga, agosto/ septiembre de 2013.

PAYRI, F; DESANTES, J. Motores de Combustión Interna Alternativos. Bogotá. Editorial Reverte, Valencia 2011.

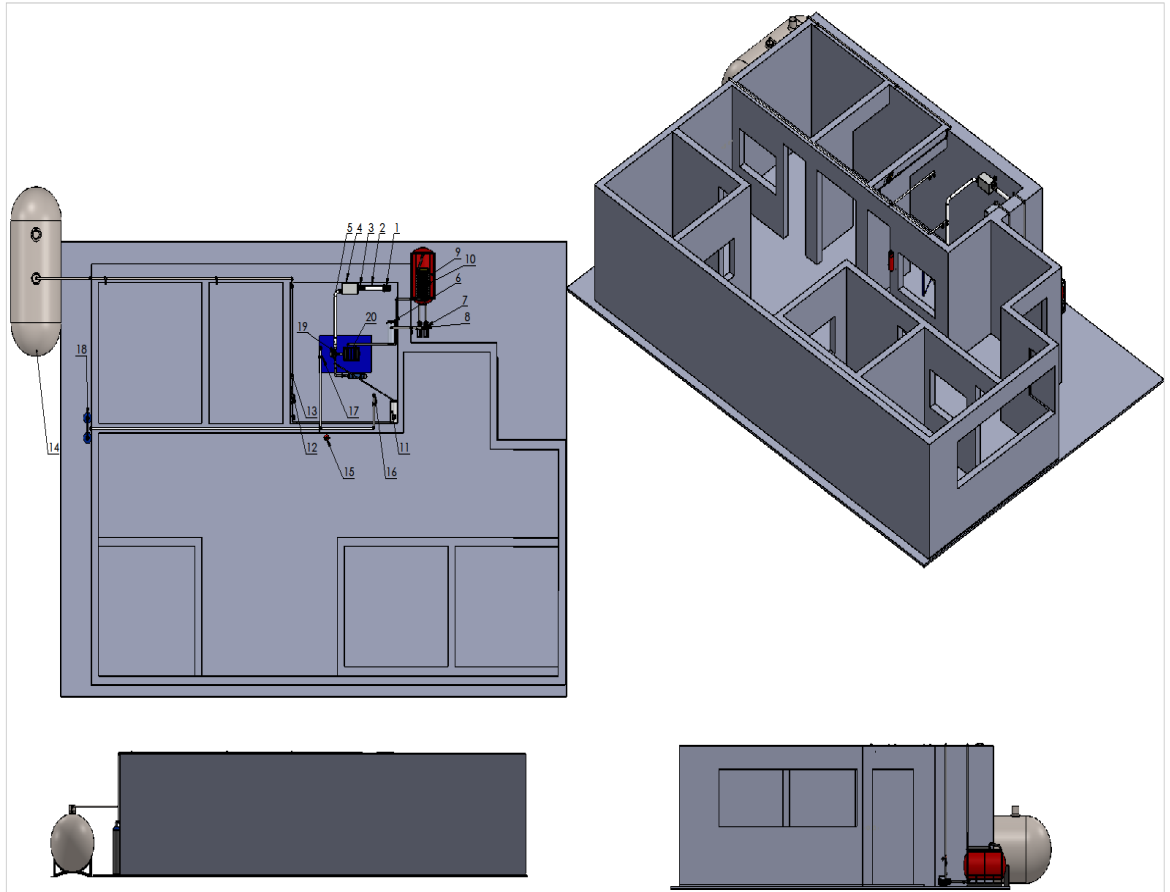
PETAR BIGOŠ AND MICHAL PUŠKÁR. Engine Output Increase of Two-stroke Combustion with Exhaust System Optimization. Slovak Republic. 2008.

PLINT Michael and MÁRTIR Anthony. Engine Testeing. Werrendale, SAE International second Edition, 2002. 365p.

REYES CANCHILA, Michel Eugenio; ANAYA ACEVEDO, Guillermo Andrés: Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2008.

ANEXOS

Anexo A. A1. Plano General De La Celda De Ensayos

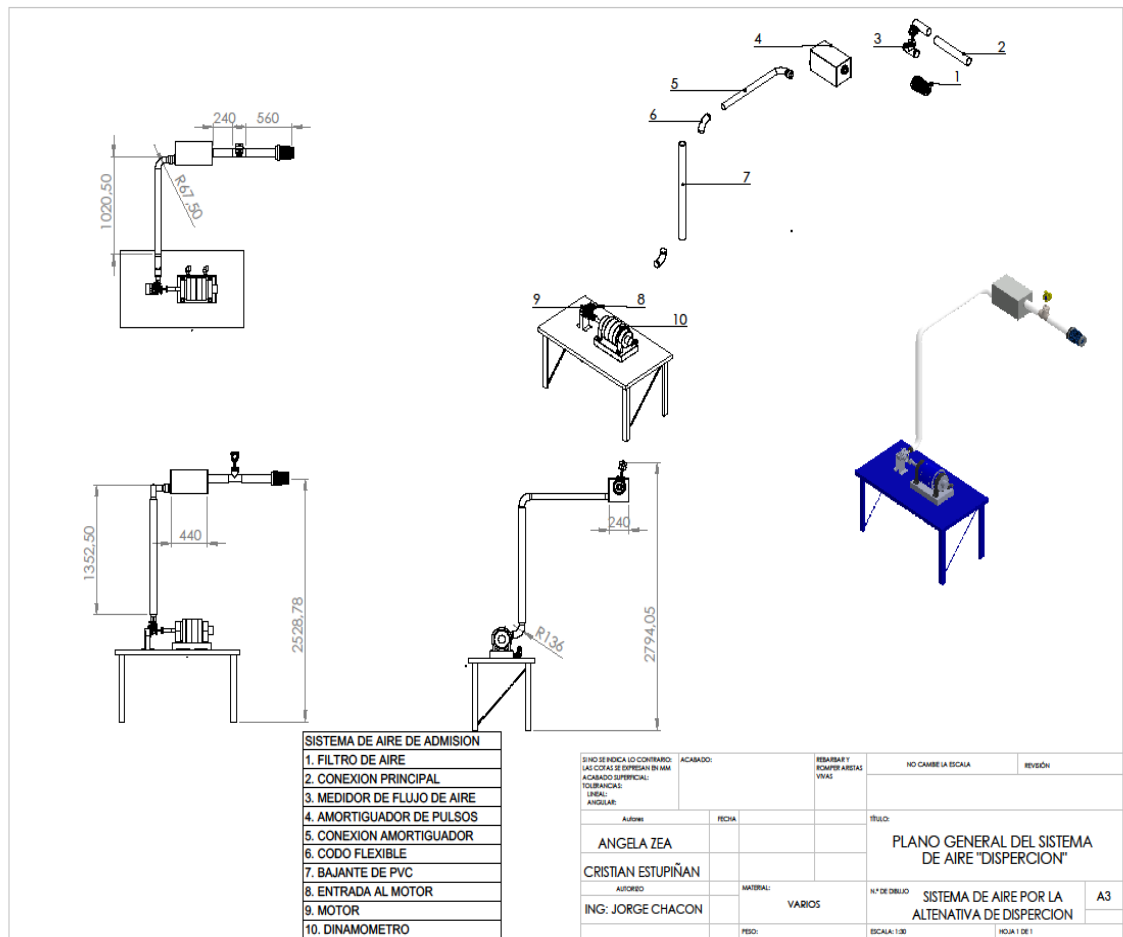


SISTEMA DE MEDICION DEL FLUJO DE AIRE	SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA	SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	SISTEMA CONTRAINCENDIOS	ELEMENTOS DEL BANCO
1. FILTRO DE AIRE	6. TANQUE AUXILIAR	11. TANQUE AUXILIAR PRUEBA	15. EXTINTOR MANUAL	19. MOTOR
2. CONEXION DE PVC	7. BOMBA DE SUMINISTRO	12. BOMBA SUMINISTRO	16. ASPERSOR	20. DINAMOMETRO
3. DISPOSITIVO DE MEDICION	8. VALVULA DE CONTROL	13. FILTRO DE COMBUSTIBLE	17. SENSOR DE FUEGO	
4. RECIPIENTE DE AMORTIGUACION DE PULSOS	9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO	14. TANQUE PRINCIPAL	18. BOTELIAS DE AGENTE EXTINTOR	
5. CODO FLEXIBLE	10. RADIAADOR DE ENFRIAMIENTO			

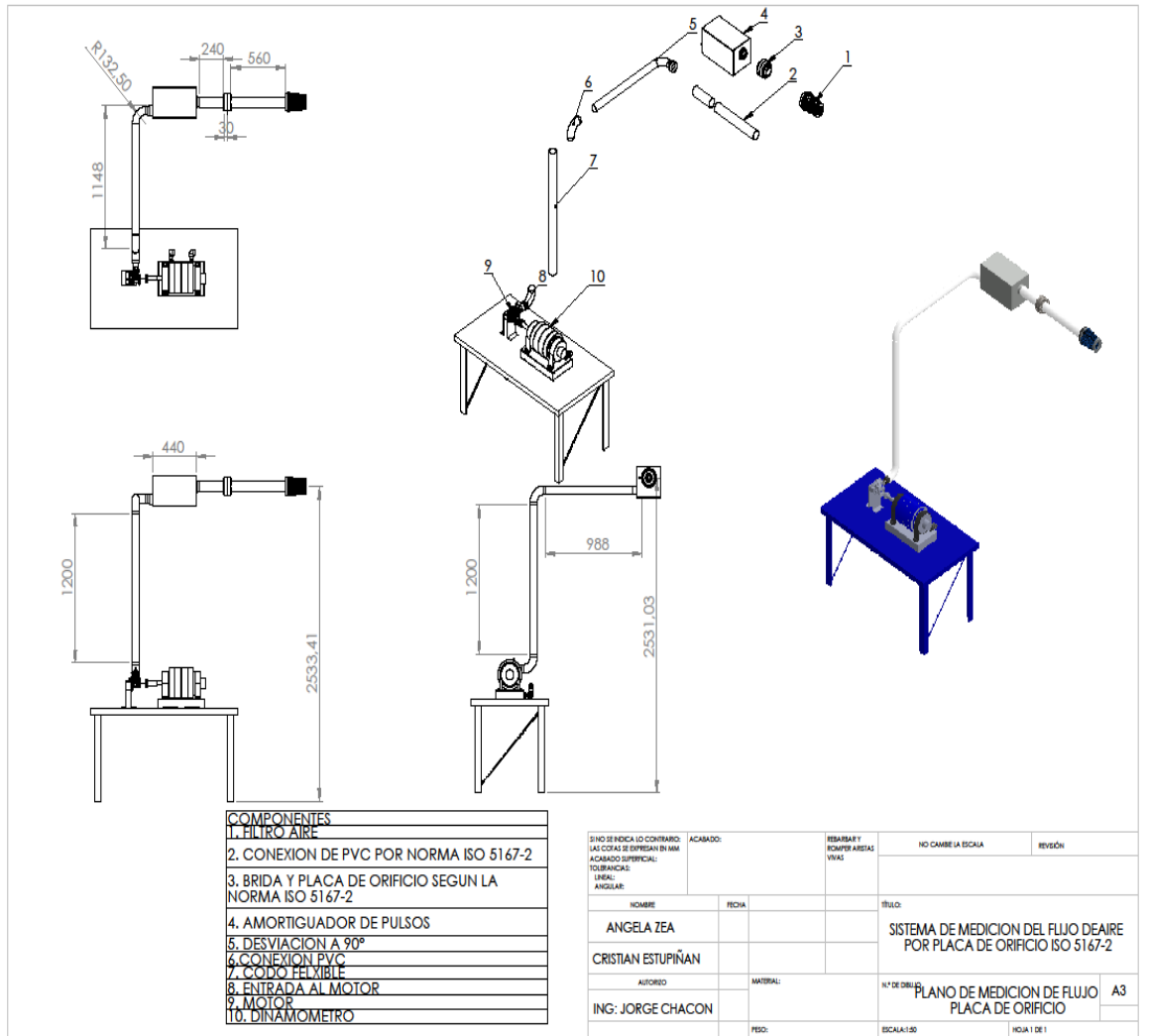
DISEÑO EN DIBUJO 2D CONFORME A LAS NORMAS DE DISEÑO EN UN SISTEMA DE PROYECTO		DISEÑO EN DIBUJO 3D CONFORME A LAS NORMAS DE DISEÑO EN UN SISTEMA DE PROYECTO		NO CAMBIA LA ESCALA		REVISOR	
AUTOR		REVISOR		FECHA		FECHA	
ANGELA ZEA		CRISTIAN ESTUPIÑAN				CELDA DE PRUEBAS Y ENSAYOS CIM2T DEL PTG	
ING. JORGE CHACON						VISTA GENERAL DEL CIM2T UBICACION DE COMPONENTES	
						A2	

Anexo B. Plano Del Sistema De Medición Del Flujo De Aire Por Dispersión

B1 PLANO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DEL FLUJO DE AIRE POR DISPERSIÓN



B2 SISTEMA DE MEDICIÓN DE FLUJO DE AIRE POR PLACA DE ORIFICIO ISO 5167-2



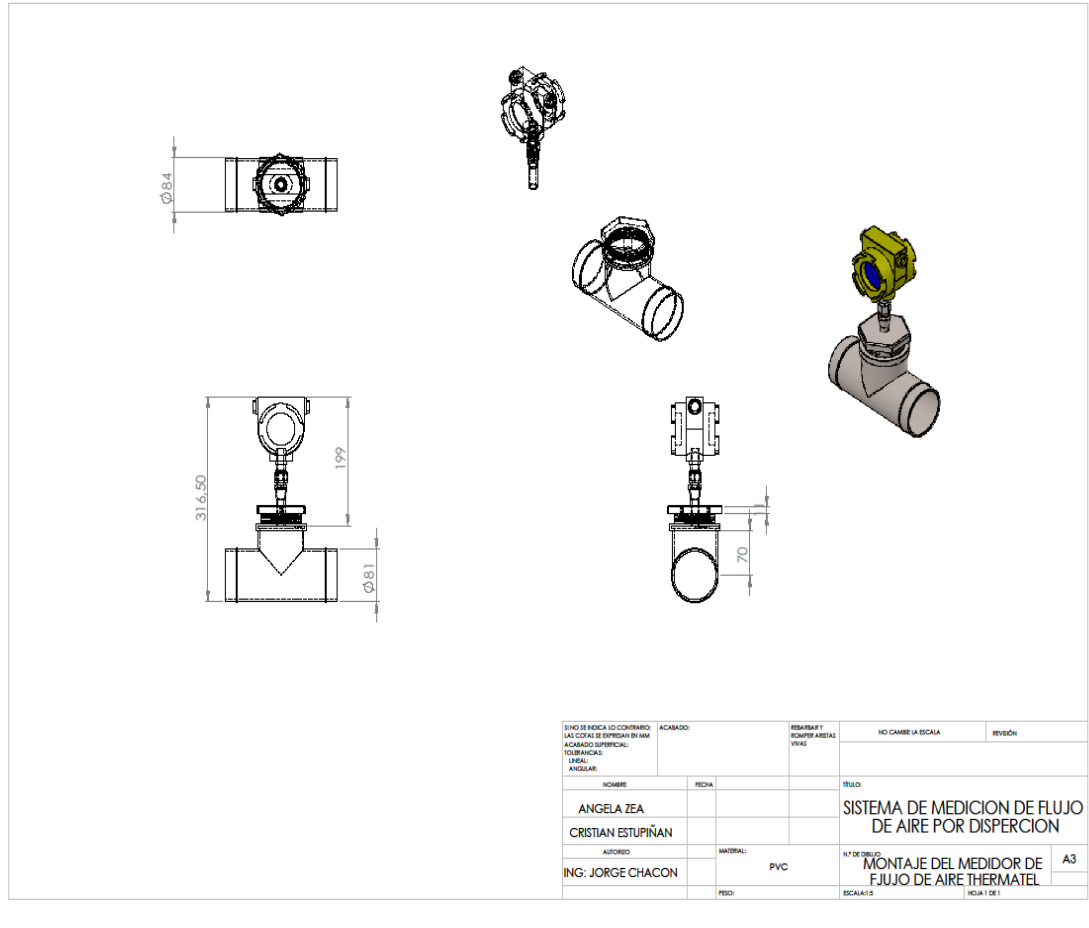
B3 MONTAJE DE LA BRIDA Y LA PLATINA DE ORIFICIO SEGÚN ISO 5167-2

COMPONENTES

1. FILTRO AIRE
2. CONEXION DE PVC POR NORMA ISO 5167-2
3. BRIDA Y PLACA DE ORIFICIO SEGUN LA NORMA ISO 5167-2
4. AMORTIGUADOR DE PULSOS
5. DESVIACION A 90°
6. CONEXION PVC
7. CODO FLEXIBLE
8. ENTRADA AL MOTOR
9. MOTOR
10. DINAMOMETRO

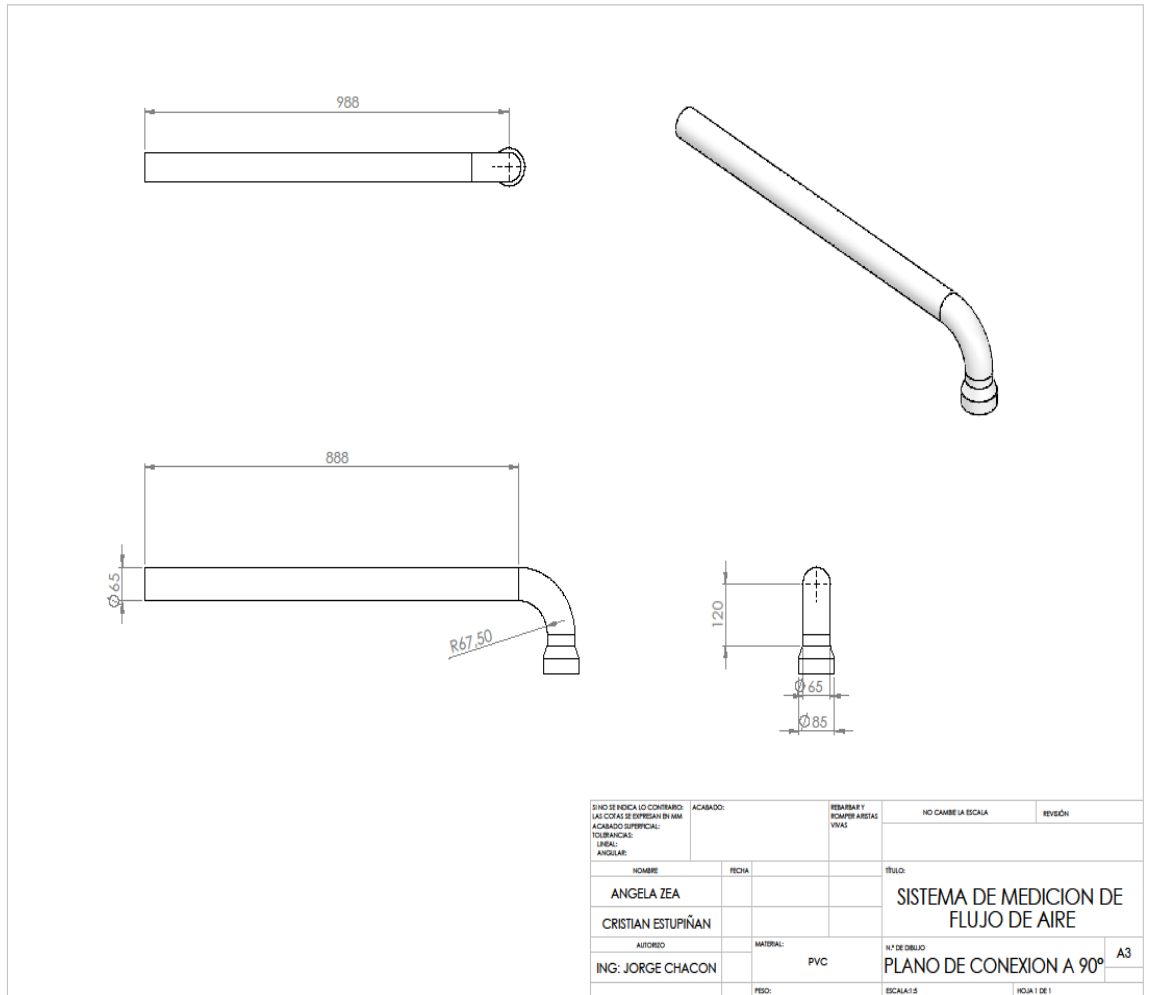
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	RESERVAR Y COMPROBARIAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
NOMBRE: ANGELA ZEA	FECHA:		TITULO: SISTEMA DE MEDICION DEL FLUJO DE AIRE POR PLACA DE ORIFICIO ISO 5167-2	
AUTORIZADO: ING. JORGE CHACON	MATERIAL:		N° DE ORIJEN: PLANO DE MEDICION DE FLUJO PLACA DE ORIFICIO	A3
	PESO:		ESCALA: 1:50	HOJA 1 DE 1

B4 MONTAJE DE MEDIDOR DE FLUJO DE AIRE THERMATEL

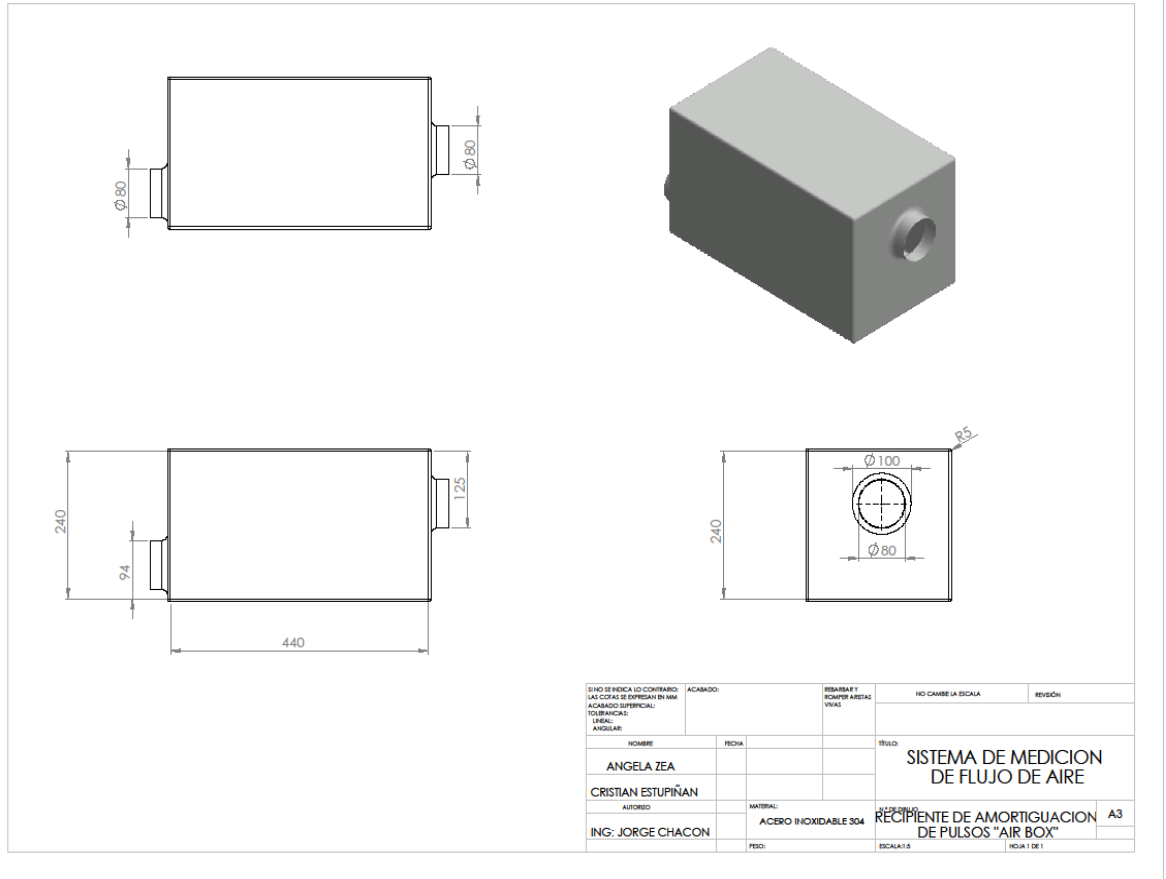


FINO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOURBANCAL LINEAL ANGULAR		ACABADO:	REBARBAR Y RODEAR ARESTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FECHA			TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE MEDICION DE FLUJO DE AIRE POR DISPERSION	
CRISTIAN ESTUPIÑAN				N° DE DIBUJO:	
AUTOREO		MATERIAL:	PVC	MONTAJE DEL MEDIDOR DE FLUJO DE AIRE THERMATEL	
ING. JORGE CHACON		FEBO:		ESCALA: 1:5	A3 HOJA 1 DE 1

B5 PLANO DE CONEXIÓN PVC 90°

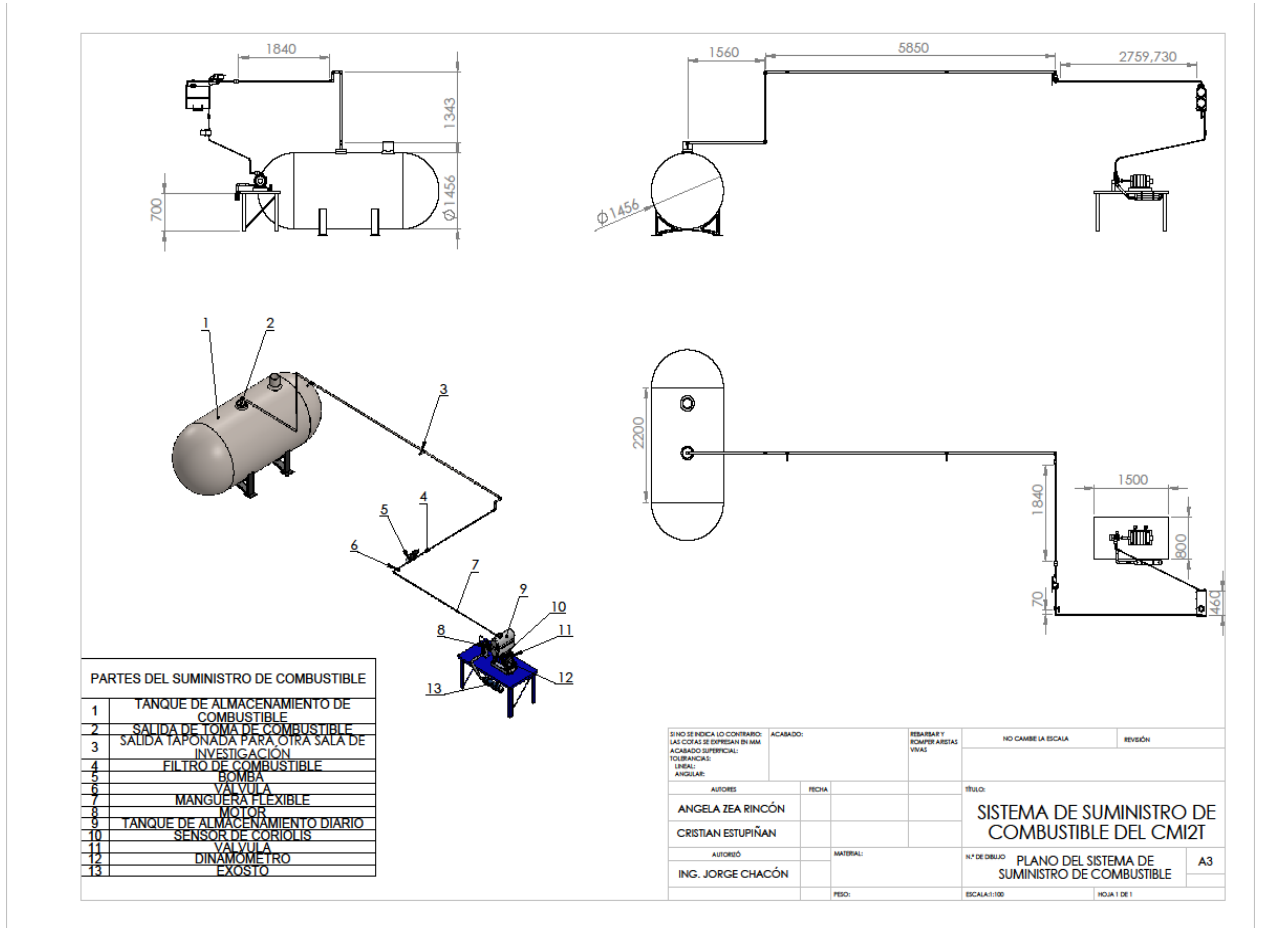


B6 RECIPIENTE DE AMORTIGUACIÓN DE PULSOS AIR BOX

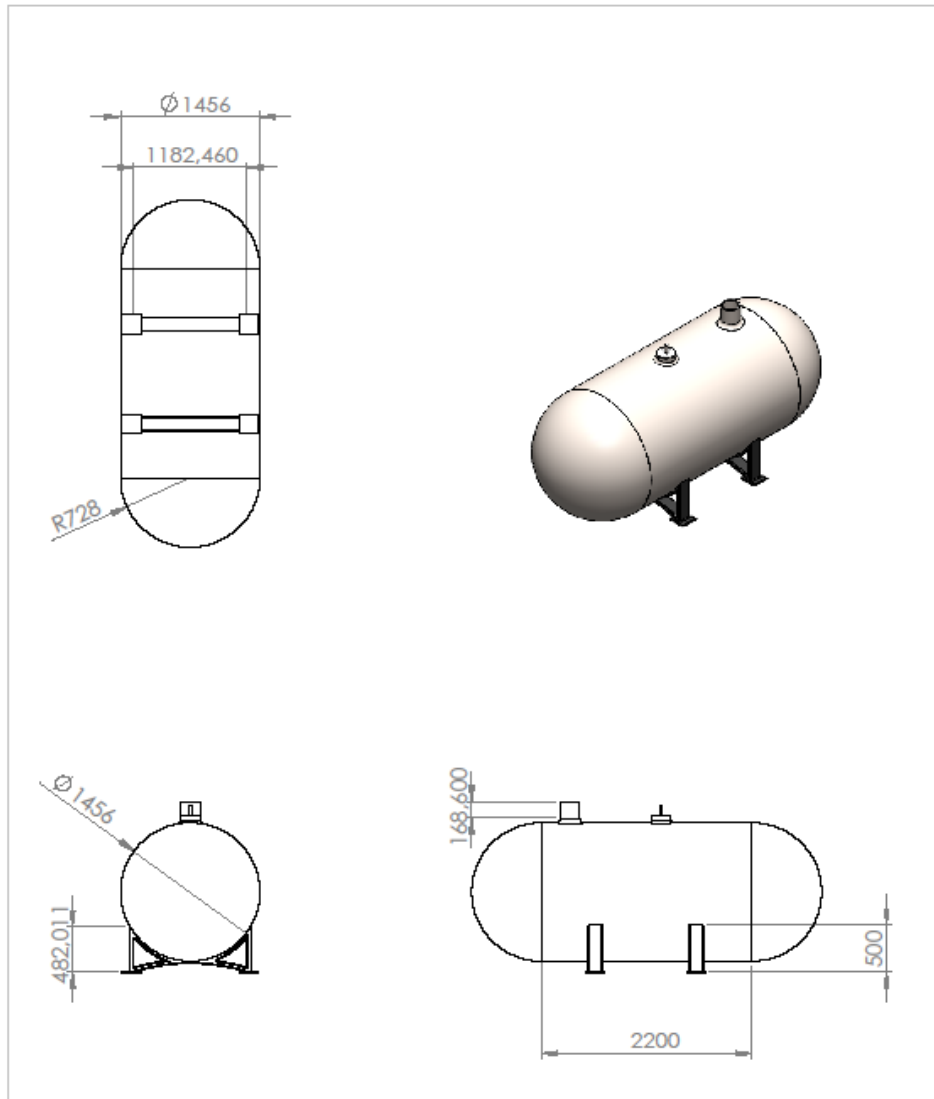


Anexo C. Plano Del Sistema De Suministro De Combustible

C1 PLANO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

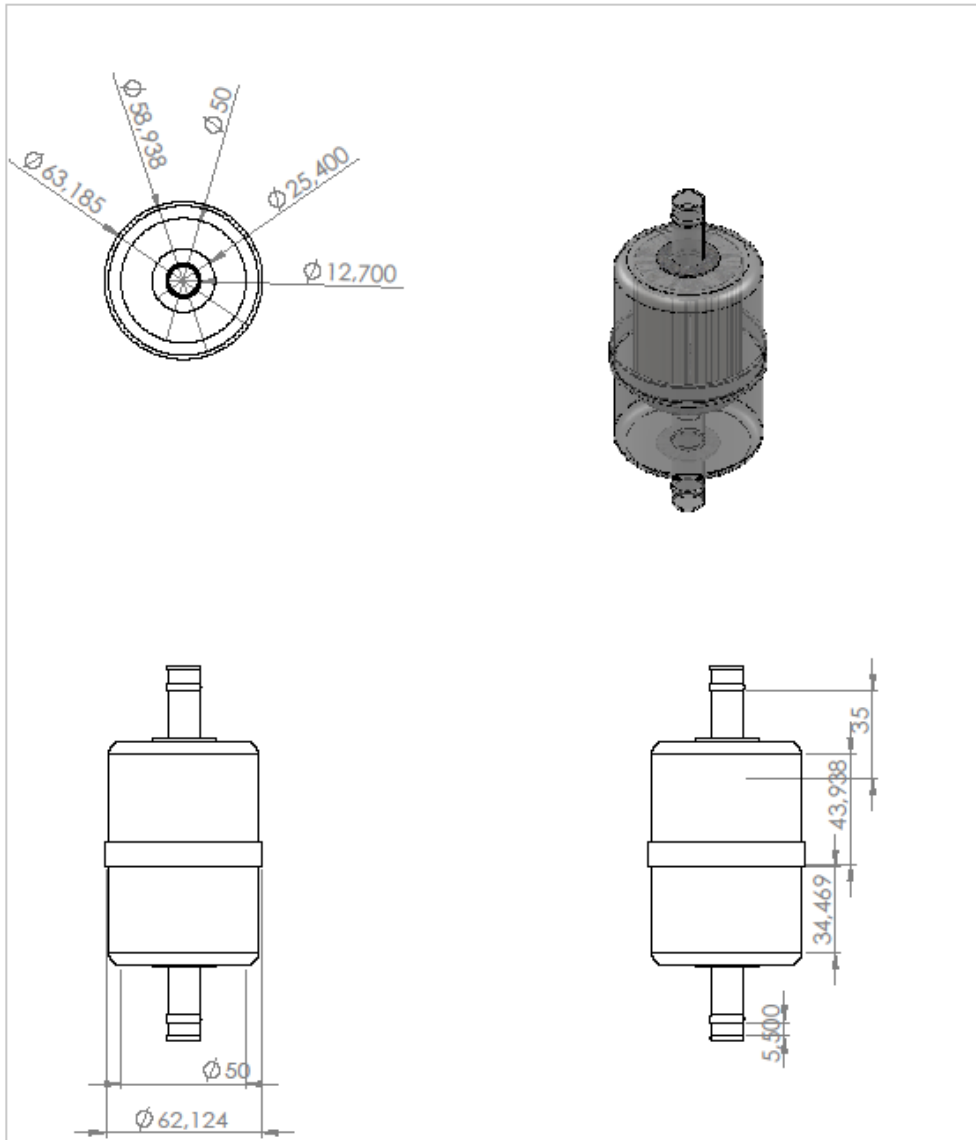


C2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE



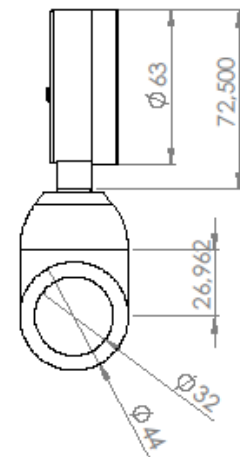
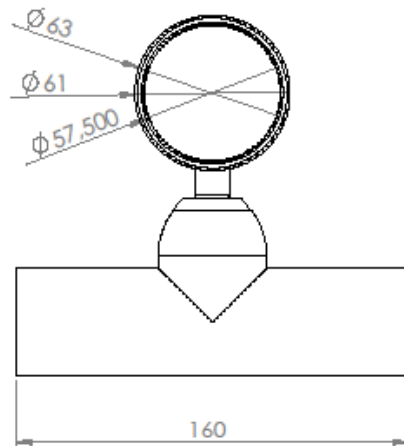
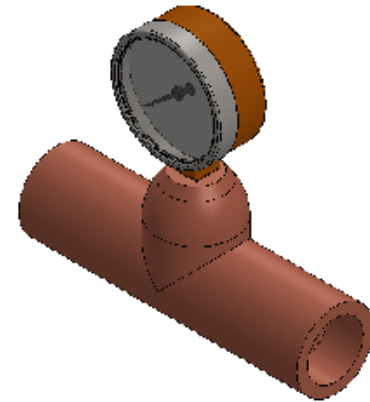
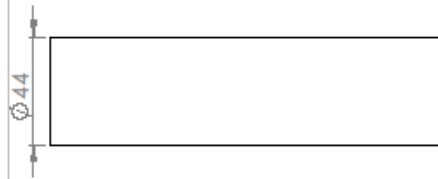
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	
CRISTIAN ESTUPIÑAN					
AUTOREO		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4	
ING. JORGE CHACÓN		ACERO INOXIDABLE CON DOBLE RECUBRIMIENTO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE		
		PESO:	ESCALA:1:50	HOJA 1 DE 1	

C3 FILTRO DE COMBUSTIBLE



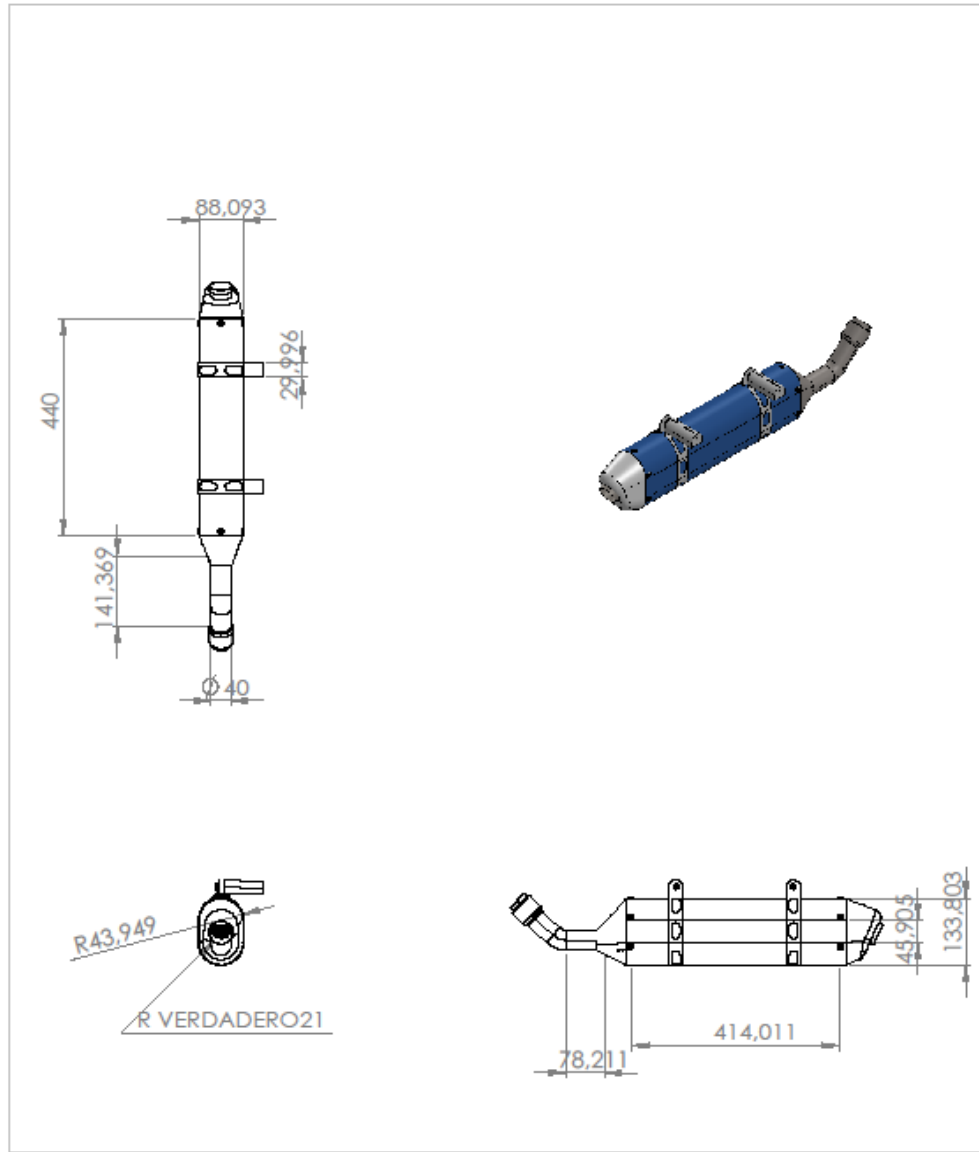
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO: SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	
ANGELA ZEA					
AUTORSO		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	FILTRO DE GASOLINA
ING. JORGE CHACÓN				ESCALA: 1:2	A4
		PESO:			HOJA 1 DE 1

C4 MANÓMETRO



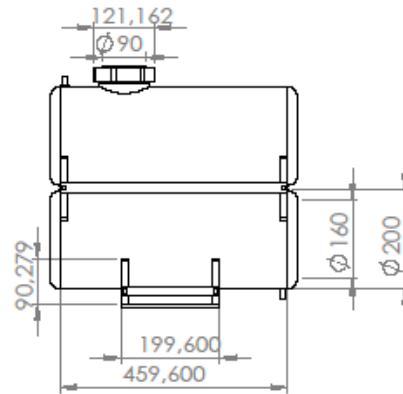
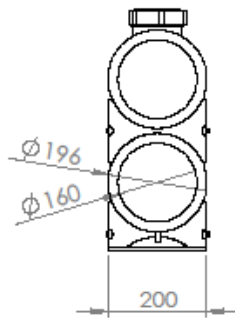
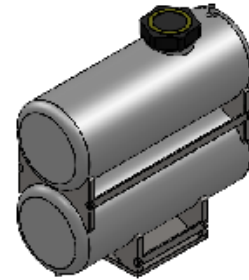
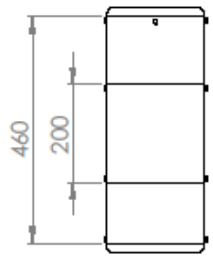
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RIBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FECHA			TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE MANOMETRO	
CRISTIAN ESTUPIÑAN					
AUTOREO		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4	
ING. JORGE CHACÓN					
		PESO:	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	

C5 EXOSTO



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	
CRISTIAN ESTUPIÑAN				N.º DE DIBUJO	A4
AUTOREO		MATERIAL:		EXHOSTO	
ING. JORGE CHACÓN		PESO:		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1

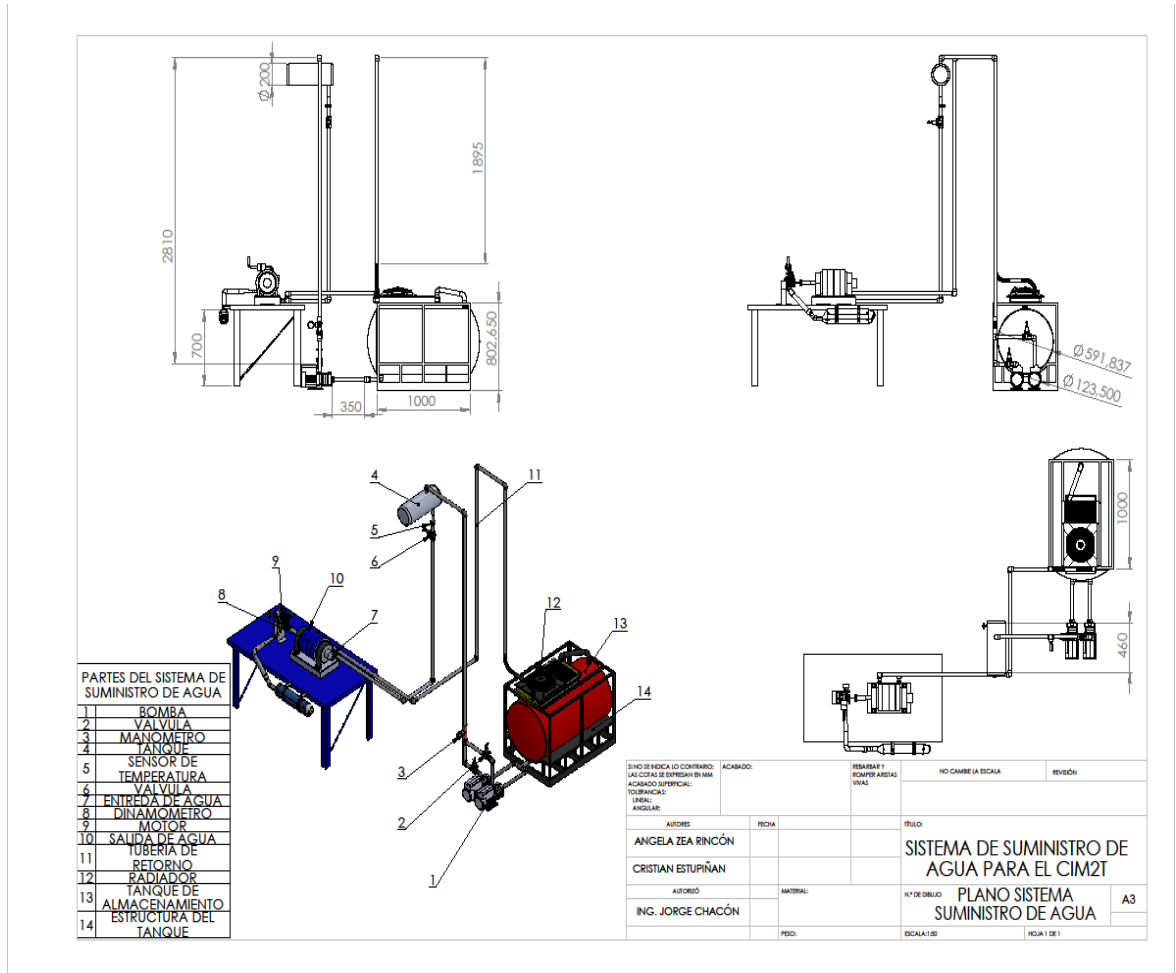
C6 TANQUE AUXILIAR PARA CONSUMO DIARIO



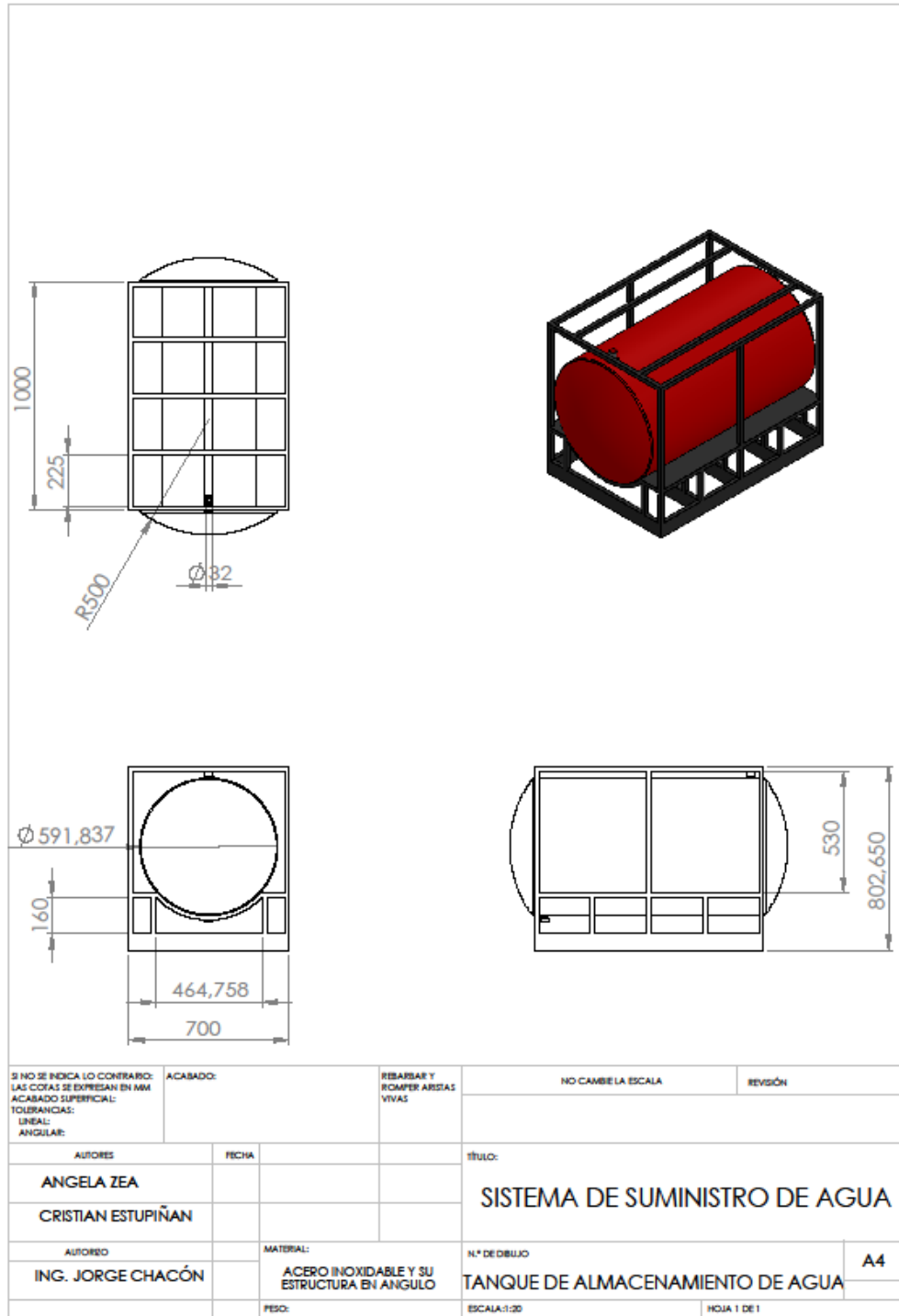
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO: SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	
ANGELA ZEA					
CRISTIAN ESTUPIÑAN					
AUTOREO	MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A4
ING. JORGE CHACÓN	ACERO INOXIDABLE		TANQUE DE COMBUSTIBLE DIARIO		
	PESO:	ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1	

Anexo D. Plano Del Sistema De Suministro De Agua

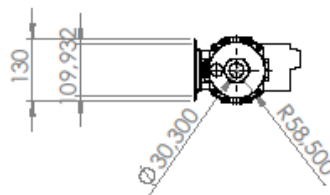
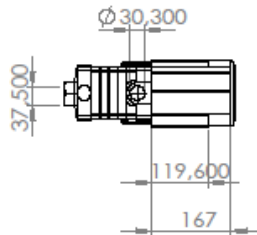
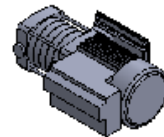
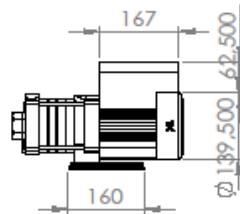
D1 PLANO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA



D2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

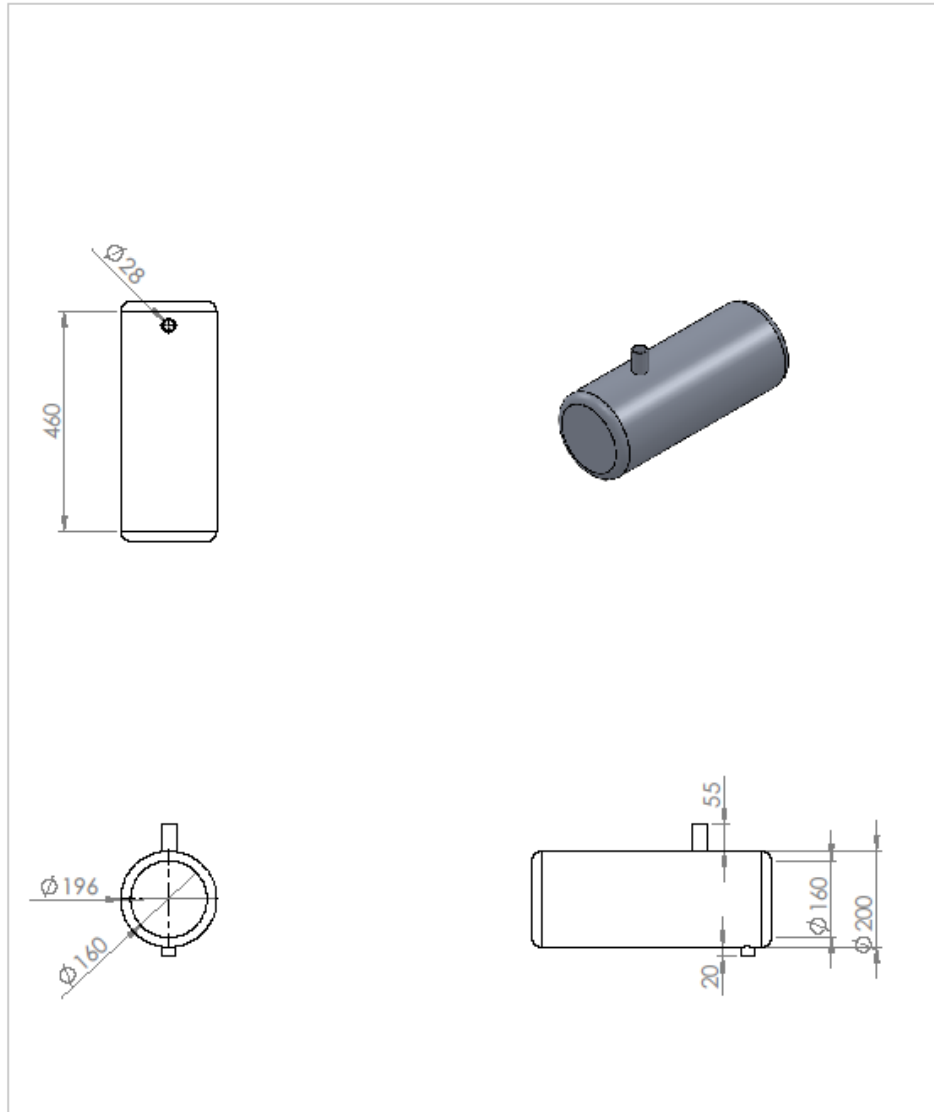


D3 BOMBA



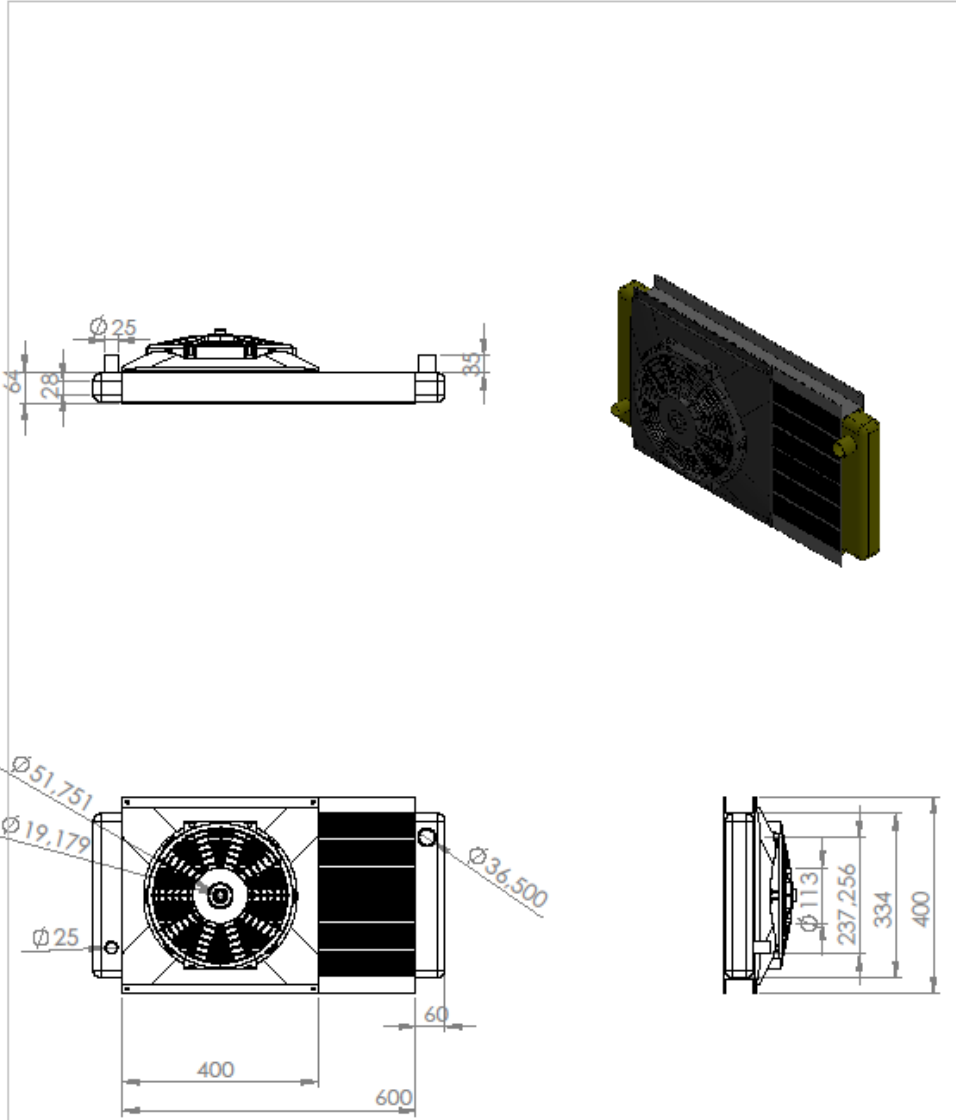
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RIBARSAE Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA	
CRISTIAN ESTUPIÑAN					
AUTOREO		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	BOMBA	A4
ING. JORGE CHACÓN		PESO:	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1	

D4 TANQUE DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICA



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA	
AUTORBO		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4	
ING. JORGE CHACÓN		ACERO INOXIDABLE	TANQUE DE AGUA		
	PESO:		ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1	

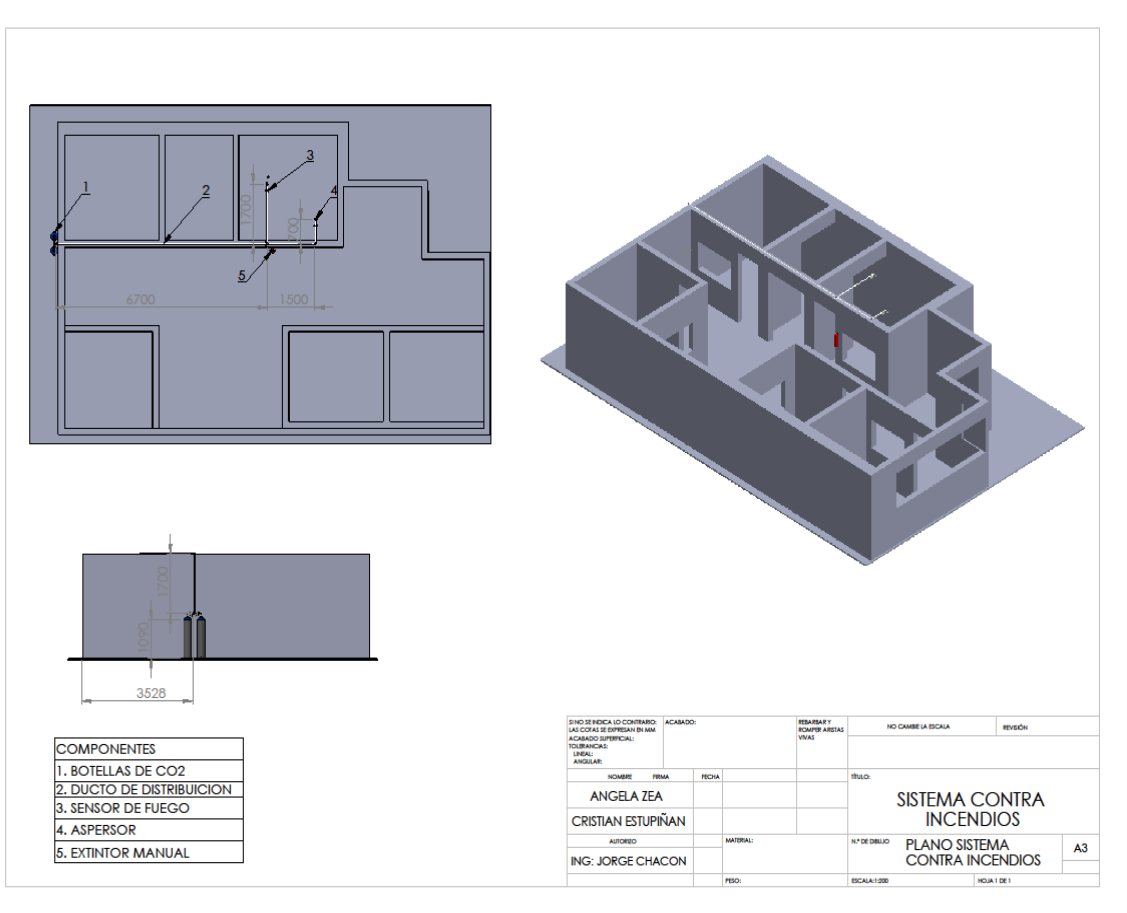
D5 RADIADOR



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES		FECHA		TÍTULO:	
ANGELA ZEA				SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA	
CRISTIAN ESTUPIÑAN				RADIADOR	
AUTOREO		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4	
ING. JORGE CHACÓN		PESO:	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1	

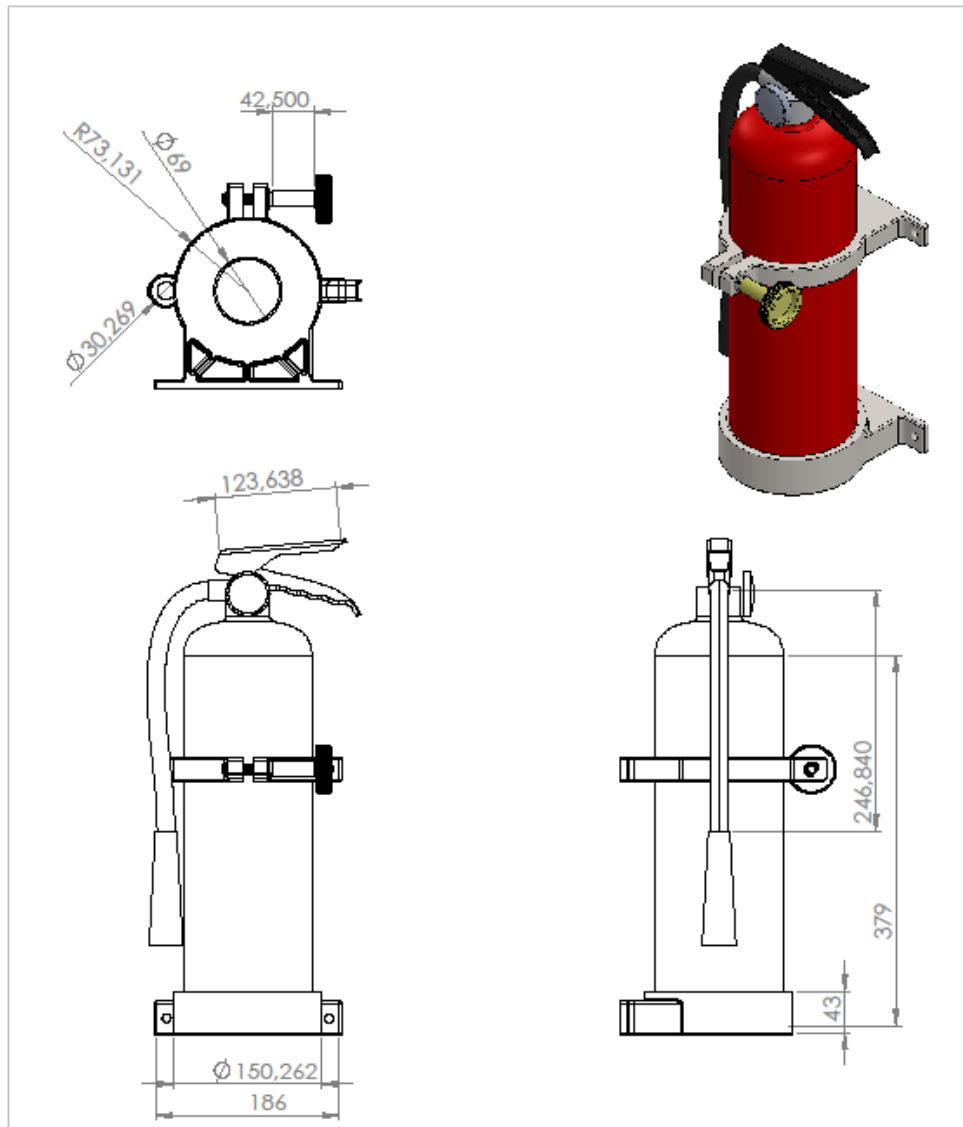
Anexo E. Sistema Contra Incendio CIM2T

E1 SISTEMA CONTRA INCENDIO CIM2T



COMPONENTES
1. BOTELLAS DE CO2
2. DUCTO DE DISTRIBUCION
3. SENSOR DE FUEGO
4. ASPERSOR
5. EXTINTOR MANUAL

E2 PLANO EXTINGUIDOR



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
AUTORES	FECHA			TÍTULO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS	
ANGELA ZEA				N.º DE DIBUJO EXTINTOR	
CRISTIAN ESTUPIÑAN					
AUTORDO		MATERIAL:		ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1
		PESO:			