

**DISEÑO DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL ÁREA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN
INTERNA.**

**MICHEL EUGENIO REYES CANCHILA
GUILLERMO ANDRÉS ANAYA ACEVEDO**

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

2.008

**DISEÑO DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL ÁREA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN
INTERNA.**

**MICHEL EUGENIO REYES CANCHILA
GUILLERMO ANDRÉS ANAYA ACEVEDO**

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

**Director
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO
Ingeniero Mecánico**

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

2.008

DEDICATORIA

A Dios, Jehová
A mis padres, con todo mi amor
A mis, hermanos
A toda mi familia

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Luis Chacón Velasco, Ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A mis padres y familiares.

A todos mis amigos.

Michel E. Reyes C.
Guillermo A. Anaya A.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PRELIMINARES	3
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	10
2.1 FUNDAMENTOS	10
2.1.1 Parámetros de funcionamiento	11
2.1.2 Celdas de ensayo de motores	11
2.1.3 Características	13
2.1.4 Pruebas a realizar en las celdas de ensayo	14
3. SISTEMAS BÁSICOS DE LAS CELDAS DE ENSAYO	18
3.1 CONFIGURACIÓN	19
3.1.1 Tamaño general de celda	20
3.1.2 Solución adoptada	23
3.2 DINAMÓMETRO	27
3.2.1 TIPOS	27
3.2.2 ¿1 ^{ER} , 2 ^{DO} , 3 ^{ER} O 4 ^{TO} CUADRANTE?	37
3.2.3 Selección de los dinamómetros	37
3.2.4 Algunas consideraciones adicionales	37
3.2.5 Solución adoptada y equipo seleccionado	38

3.3 SISTEMA DE ANCLAJE MOTOR-DINAMÓMETRO	47
3.3.1 Consideraciones prácticas en la selección del anclaje	47
3.3.2 Solución adoptada y equipo seleccionado	50
3.4 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR	50
3.4.1 Características y tipos	51
3.4.2 Velocidades de flujo en los sistemas de enfriamiento de agua	55
3.4.3 Solución adoptada y equipo seleccionado	55
3.5 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN	59
3.5.1 Generalidades	60
3.5.2 Condiciones del aire para la combustión	61
3.5.3 Suministro de aire para la combustión centralizado	62
3.6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE	64
3.6.1 Sistema de almacenamiento de combustible	65
3.6.2 Líneas de combustible subterráneas	65
3.6.3 Sistemas de suministro de combustible	66
3.6.4 Medidores de consumo de combustible	67
3.6.5 Medición del consumo de combustibles gaseosos	72
3.6.6 Solución adoptada y equipo seleccionado	77
3.7 SISTEMA DE ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE	82
3.7.1 Instrumentación para la medición de las emisiones de escape	84
3.7.2 Emisiones particuladas	87
3.7.3 Solución adoptada y equipo seleccionado	90
3.8 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN, ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	90
3.8.1 El enfoque tradicional	90
3.8.2 Adquisición de datos, acondicionamiento de señal y presentación de datos	91
3.8.3 Solución adoptada y equipo seleccionado	94
3.9 SENSORES	98

3.9.1 Solución adoptada y equipo seleccionado	100
3.10 SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE FUEGO Y SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD	103
3.10.1 Tipos sistemas de extinción de fuego	103
3.10.2 Solución adoptada para sistema de extinción de fuego	105
3.10.3 Solución adoptada para la señalización de seguridad	107
3.11 SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	109
3.11.1 transferencia de calor en la celda	110
3.11.2 Estimativos de transferencia de calor	114
3.11.3 Solución adoptada y equipo seleccionado	117
3.12 SISTEMA DE ESCAPE PARA LAS CELDAS DE ENSAYOS	133
3.12.1 Tipos de sistemas de escape para celdas de ensayos	134
3.12.2 Solución adoptada para el sistema de escape	122
3.13 ILUMINACIÓN	136
3.13.1 Cálculo de luminarias y configuración	138
3.14 RUIDO EN LA CELDA DE ENSAYOS	142
3.14.1 Ruido del sistema de escape	143
3.14.2 Coeficientes de absorción	144
3.15 FACTORES DE INFRAESTRUCTURA (CIVILES)	145
3.15.1 Puertas, muros y ventanas	145
3.15.2 Pisos y techo	146
3.15.3 Polipasto y viga	147
3.15.4 Solución adoptada y equipo seleccionado	147
4. LABORATORIOS DEL CIDEMC	151
4.1 GENERALIDADES	151
4.2 LABORATORIO DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL	153
4.2.1 Fundamentos	153
4.2.2 Configuración y tamaño de laboratorio	155

4.2.3	Equipo necesario para el laboratorio de sistemas de inyección	157
4.2.4	Equipo seleccionado	157
4.3	LABORATORIO DE ELECTRÓNICA	159
4.3.1	Fundamentos	159
4.3.2	Configuración y tamaño de laboratorio	161
4.3.3	Equipo necesario para el laboratorio de electrónica	162
4.3.4	Equipo seleccionado	146
4.4	LABORATORIO DIDÁCTICO DE MOTORES Y SISTEMAS DEL VEHÍCULO	163
4.4.1	Fundamentos	167
4.4.2	Configuración y tamaño del laboratorio	168
4.4.3	Equipo necesario para el laboratorio didáctico	169
4.4.4	Equipo seleccionado	170
4.5	LABORATORIO DE COMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO (CAR)	175
4.5.1	Fundamentos	175
4.5.2	Configuración y tamaño de laboratorio	179
4.5.3	Equipo necesario para el laboratorio de c.a.r.	180
4.5.4	Equipo seleccionado	180
4.6	LABORATORIO DE ESTUDIO DE LA COMBUSTIÓN EN M.C.I.	182
4.6.1	Motor con ventanas ópticas	182
4.6.2	Materiales para las ventanas ópticas	183
4.6.3	arreglos para los accesos ópticos	185
4.6.4	operación de los motores de investigación con accesos ópticos	185
4.6.5	técnicas ópticas	186
4.6.6	Equipo necesario para el estudio de la combustión	187
4.6.7	equipo seleccionado	188
4.6.8	Configuración y tamaño de laboratorio	191
4.7	LABORATORIO CFR PARA ESTUDIO DE COMBUSTIBLES	192
4.7.1	Número de octano: poder antidetonante de los carburantes	193

4.7.2	Número de cetano: facilidad de ignición	195
4.7.3	Equipo necesario para el estudio de combustibles	194
4.7.4	Equipo seleccionado	196
4.7.5	Configuración y tamaño del laboratorio	198
4.8	LABORATORIO FLUJOS ESTACIONARIO Y PULSANTE	200
4.8.1	Equipo necesario para el laboratorio de flujos	203
4.8.2	Equipo seleccionado	204
4.8.3	Configuración y tamaño del laboratorio	204
4.9	INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA	205
4.9.1	Taller de mecanizado básico	206
4.9.2	Sala de desarmado y armado de motores	209
4.9.3	Salón de conferencias	211
4.9.4	Bloque de oficinas para investigadores	212
4.9.5	Biblioteca especializada	212
4.9.6	Zona de esparcimiento y recreación	213
5.	TAMAÑO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LOTE DISPONIBLE PARA LA EDIFICACIÓN	214
6.	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA FÍSICA DEL COMPLEJO	216
7.	PRESUPUESTO	217
8.	DILIGENCIAMIENTO DE FORMATOS BPPI-UIS ACORDADOS	226
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	227
	BIBLIOGRAFÍA	230
	ANEXOS	232

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fluidos que intervienen en una sala de ensayos	12
Figura 2. Gráfico típico de potencia y par obtenidos en pruebas de laboratorio	16
Figura 3. Configuración general de una celda de ensayos de MCI	19
Figura 4. Dimensiones recomendadas para salas de control	21
Figura 5. Tamaño y configuración general de las celdas MEC, MECH y Grupo electrogeno	24
Figura 6. Tamaño y configuración general de Celdas Semianecóicas	25
Figura 7. Sala de diagnóstico. a) Vehículos livianos. b) Vehículos pesados	26
Figura 8. Primeros Tipos de dinamómetro. a) Freno de cuerda b) Freno prony	27
Figura 9. Dinamómetro hidráulico	28
Figura 10. Dinamómetro asíncrono	29
Figura 11. Dinamómetro de corrientes de Eddy	30
Figura 12. Dinamómetro de rodillos: a) En detalle, b) En operación	32
Figura 13. Cuadrantes de operación de dinamómetro	34
Figura 14. Curvas típicas de varios tipos de freno	35
Figura 15. Carta de operación Dynoroad 202/12 SL	40
Figura 16. Dinamómetro A.C de AVL	42
Figura 17. Eje transmisor	42
Figura 18. AVL 20" Zoll Motorcycle Chassis Dynamometer	43
Figura 19. AVL 48" Zoll Compact 4WD Chassis Dynamometers	44
Figura 20. Dinamómetro de rodillos modelo VLT 248950	44

Figura 21. Características principales de los dinamómetros de chasis para motocicletas y vehículos livianos	45
Figura 22. Características principales del dinamómetro de chasis para vehículos pesados	45
Figura 23. AVL 570 Single Cylinder Compact Test Bed	46
Figura 24. Sistema equivalente al anclaje del motor	47
Figura 25. Relación entre transmisibilidad y frecuencia	49
Figura 26. Soportes para el motor	50
Figura 27. Placa base	50
Figura 28. Columna de enfriamiento	52
Figura 29. Circuito de agua de enfriamiento despresurizado	53
Figura 30. Circuito abierto con intercambiadores de calor	54
Figura 31. Modelo ConsysCool 553-200	58
Figura 32. Modelo ConsysLube 554-200	58
Figura 33. Características de un ducto de acondicionamiento de aire	61
Figura 34. Esquema de la unidad de acondicionamiento de aire (ConsysAir)	64
Figura 35. Apariencia de la unidad ConsysAir.	64
Figura 36. Tanque de combustible típico.	65
Figura 37. Medidor Volumétrico	68
Figura 38. Medidor de combustible de pesaje directo	69
Figura 39. Medidor de combustible gravimétrico	69
Figura 40. Medidor Flowtron	71
Figura 41. Medidor de flujo por efecto Coriolis	72
Figura 42. Mapa de medidores por capacidad y presión	73
Figura 43. Componentes del sistema de suministro de gas para un vehículo	76
Figura 44. Esquema del sistema de suministro de gas para un MCI	77
Figura 45. Configuración de tanques cisterna subterráneos	78
Figura 46. Esquema de sistema de suministro de combustibles líquidos	79
Figura 47. Modulo de medición de combustible	80

Figura 48. Medidor de caudal de gas RPH000SMA	81
Figura 49. Analizador de gas Hartridge	85
Figura 50. Túnel de dilución	86
Figura 51. AMA i60™ - Exhaust Measurement System	89
Figura 52. Esquema del sistema de análisis de gases	89
Figura 53. Ruta de adquisición de datos	92
Figura 54. Carta de registro en pantalla	93
Figura 55. Interfaz del Puma Open en diversas pruebas	95
Figura 56. Sistema EMCOM 400	96
Figura 57. Equipo de adquisición PULSE 3560 D	97
Figura 58. Analizador de redes e interfaz de su software	98
Figura 59. Micrófono de medición modelo 4949	101
Figura 59. Micrófono de medición modelo 4949	102
Figura 61. Medidor de nivel de sonido Modelo 2260	102
Figura 62. Medidor de intensidad de sonido	103
Figura 63. Sistema tipo Inergen	105
Figura 64. Sistema tipo microniebla	106
Figura 65. Señales de seguridad	108
Figura 66. Modelo simplificado de un motor de 100 kW	111
Figura 67. Modelo simplificado de un sistema de escape de un motor de 100 kW	113
Figura 68. Celda de ensayos simplificada para cálculos de transferencia de calor	114
Figura 69. Esquema del sistema de ventilación en las salas de ensayos	117
Figura 70. Esquemas de sistemas de escape para celdas de ensayos	136
Figura 71. Ejemplo de ventana de cuarto de control	146
Figura 72. Ejemplo de una celda de ensayos para MCI	147
Figura 73. Detalle de puerta y recubrimiento especial en las celdas Semianecoicas	148
Figura 74. Sistema de combustible Diesel	153
Figura 75. Configuración y tamaño del laboratorio de inyección	156

Figura 76. Equipo EPS 815 con sistema KMA	158
Figura 77. Unidad de Control del Motor	160
Figura 78. Configuración y tamaño de laboratorio para ECU	162
Figura 79. Digitalizador PCI 5114	164
Figura 80. Generador PXL 4140	165
Figura 81. Estación Mod. 738 AOYUE y plataforma ES328	166
Figura 82. Configuración y tamaño de laboratorio didáctico de motores y sistemas del vehículo	169
Figura 83. Entrenador didáctico de inyección electrónica	171
Figura 84. Entrenador de carga con alternador	172
Figura 85. Entrenador de arranque	172
Figura 86. Entrenador en aire acondicionado vehicular	174
Figura 87. Carburador didactico	175
Figura 88. Clúster de servidores	176
Figura 89. Configuración y tamaño laboratorio de cómputo científico	179
Figura 90. (a) Motor monocilindrico para investigación. (b) Juego de componentes transparentes	189
Figura 91. Sistema VisioScope	190
Figura 92. Interface del sistema VisioScope	190
Figura 93. Thermovision Software	191
Figura 94. Sistema VisioKnock	191
Figura 95. Configuración y tamaño del laboratorio para el estudio de la combustión	192
Figura 96. Motor CFR F-1/F-2 junto con el sistema OCTATEST	197
Figura 97. Motor CFR F-5 junto con el sistema CETATEST	197
Figura 98. Configuración y tamaño del laboratorio CFR para el estudio de combustibles	199
Figura 99. Banco de Flujo Estacionario (montaje para caracterizar culata)	202
Figura 100. Gráfica de desempeño del soplador HSI modelo 81	204

Figura 101. Configuración y tamaño del laboratorio para flujos estacionario y pulsante	205
Figura 102. Configuración y tamaño del taller de mecanizado	208
Figura 103. Juego maestro de herramientas marca PROTO de 584 piezas	210
Figura 104. Configuración y tamaño sala desarmado y armado	211
Figura 105. Bloque de cuatro puestos de trabajo	212
Figura 106. Ubicación geográfica específica del Parque Tecnológico de Guatiguará	214
Figura 107. Vista aérea del Parque Tecnológico de Guatiguará	215
Figura 108. Área cubierta y área urbanizada del CIDEMC	223

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tamaños de Celdas Semianecóicas	21
Tabla 2. Dimensiones de vehículos	24
Tabla 3. Cuadrantes de operación de los dinamómetros	34
Tabla 4. Disponibilidad de dinamómetros para diferentes aplicaciones	36
Tabla 5. Modelos de dinamómetros disponibles de avi	39
Tabla 6. Mediciones y sensores más comunes	99
Tabla 7. Código de colores de seguridad según NFPA 704	109
Tabla 8. Estimativos de transferencia de calor al aire de ventilación	115
Tabla 9. Máxima velocidad recomendada en ductos de ventilación	116
Tabla 10. Cargas de calor en 1 ^{er} piso	132
Tabla 11. Cargas de calor en 2 ^{do} Piso	132
Tabla 12. Cargas de calor en el 3 ^{er} piso	133
Tabla 13. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles ponderados dB(A)	142
Tabla 14. Coeficientes de absorción para algunos materiales	144
Tabla 15. Fragmento del catálogo de productos loadmate.	149
Tabla 16. Área cubierta	224
Tabla 17. Salarios aproximados del personal de CIDEMC	224

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Distribución en planta del centro	223
Anexo B. Planos hidráulicos, de redes de combustible y eléctricos	228
Anexo C. Apariencia del complejo	248
Anexo D. Cotización de equipos requeridos para dotación del centro	256
Anexo E. Diligenciamiento de formatos bppi-uis acordados	293

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL ÁREA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*

AUTORES:

MICHEL E. REYES; GUILLERMO A. ANAYA**

PALABRAS CLAVES

Motores de Combustión Interna, Investigación de Motores, Ensayos de Motores, Desarrollo de Motores.

DESCRIPCIÓN

Con el presente trabajo de grado se expone una alternativa de solución para que la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander (UIS), disponga de un Centro para el estudio de Motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA), que permita a través de la investigación y el desarrollo solucionar problemas generados por el uso de los mismos; además de la producción de profesionales con más calidad en el área.

El centro se denominará CIDEMC: Centro de Investigación y Desarrollo en Motores de Combustión, el cual contará con varias celdas de prueba para todo tipo de motores, laboratorios de apoyo a los mismos, biblioteca especializada, auditorio de conferencias, sala de computo de alto rendimiento, cafetería, zona de recreación, entre otras más. El complejo albergara a diferentes profesionales en la materia tales como ingenieros doctores, técnicos, estudiantes de pregrado y de postgrado; ellos estarán en la capacidad de operar las 24 horas generando soluciones y conocimiento en las MCIA.

La tesis inicia con el reconocimiento de la necesidad, la formulación de las ideas para solucionarla y la presentación de los objetivos a alcanzar. En la siguiente parte se dan las generalidades de una sala de ensayos y una breve teoría acerca de los motores y sus parámetros. Seguidamente se describen las celdas de ensayos para motores y los laboratorios complementarios y se hace la selección de los equipos que requiere cada recinto. Luego se propone una distribución en planta del complejo para después presentar los planos respectivos. Finalmente se elabora un presupuesto aproximado de toda la infraestructura y se diligencian de forma parcial los formatos para la consecución del proyecto.

*Tesis de grado

**Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Director: Ph. D. Jorge Luis Chacón. Codirector: Ricardo Cruz Hernandez

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF A TECHNOLOGICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER IN THE AREA OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES*

AUTHORS

MICHEL E. REYES; GUILLERMO A. ANAYA **

KEYWORDS

Internal Combustion Engines, Engine Research, Engine Testing, Development Engine.

ABSTRACT

In this graduation thesis the possibility for the Mechanical Engineering School of the Industrial University of Santander to have a center for studying Alternative Internal Combustion Engines that allowed the solution of the problematic they generate, by means of research and development, is shown.

The Center renamed it CIDEMC: Research and Development Center in Internal Combustion Engine, this is endowed with more test of cells to all kind of engine, laboratories, specialized library, auditorium conference, room high-performance computing, cafeteria, recreation area, in other. Complex host to various professionals in the area as engineers doctors, technical, students graduate students and undergraduates; this select group of people will be able of work the 24 hours generating solutions and knowledge in MCIA.

The thesis starts by assessing the need itself and formulating the ideas for solving it and presenting the main goals. In the next part a background of a testing room and a brief history of engines and their parameters is presented. Next, test cell for engines and complementary equipments for every place are selected. Then, a distribution in the plant of complex is suggested and the respective drawings are then presented. Finally an approximate budget for the whole facility is made and the forms for the realization of the project are partially filled out.

*Graduation thesis

**School of Mechanical Engineering. Faculty of Physical Mechanical Engineering
Director: Ph. D. Jorge Luis Chacón. Codirector: Ricardo Cruz Hernández

INTRODUCCIÓN

El motor de combustión interna (MCI) ha sido desde su creación uno de los artefactos mas relevantes en la vida de las personas. Permitió el transporte y la industrialización del mundo hasta tal punto de volverse indispensable en nuestro accionar. Sin embargo, en la actualidad los altos costos de su fuente energética y la normativa de emisiones, hacen que sea necesario implementar instituciones a nivel local y nacional que permitan el estudio de estas máquinas para que sean más eficientes, menos contaminantes, flexibles en cuanto al uso de combustibles alternativos y menos ruidosos, entre otras características.

Para generar estos resultados se requiere un trabajo de investigación y desarrollo en el área que soporte verdaderos programas de análisis y estudio de los diferentes elementos involucrados en el MCI.

En nuestro medio no contamos con la infraestructura necesaria para realizar esta labor, lo cual dificulta enormemente su ejecución, razón por la cual propone el siguiente proyecto de grado titulado “DISEÑO DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL ÁREA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA” cuyas memorias se han organizado de la siguiente forma: El primer capítulo presenta las preliminares del proyecto, es decir la identificación del problema, las posibles estrategias de solución y los objetivos de la idea. El capítulo 2 esta dirigido a establecer las generalidades de una sala de ensayos describiendo sus características y funciones principales, además de brindar una breve discusión de los parámetros de funcionamiento de los MCI. El capítulo 3 define de manera detallada los sistemas básicos de una celda de pruebas de motores y la de los laboratorios complementarios, además expone la selección de equipos

correspondientes a cada módulo. El capítulo 4 se dedica a los laboratorios y la infraestructura complementaria como lo son la biblioteca, gimnasio, sala de juntas, etc. El siguiente capítulo nos expone el dimensionamiento y ubicación geográfica del lote objetivo para la edificación. En el capítulo 6 se presenta la distribución en planta de la edificación para cada piso y los planos respectivos. El capítulo 7 presenta un presupuesto aproximado, tanto de la obra civil como de los equipos requeridos por las instalaciones. Finalmente, en el último capítulo se diligencian de forma parcial los formatos para la presentación de proyectos de inversión en el banco de programas y proyectos de inversión de la UIS (BPPI-UIS).

1. PRELIMINARES

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad los motores de combustión interna (MCI) son parte fundamental en el desarrollo socioeconómico del país y del mundo entero, ya sea siendo utilizados en el transporte de carga, de pasajeros, en construcción y en aplicaciones industriales de todo tipo.

La Universidad Industrial de Santander y, por consiguiente la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM), es consciente de tal hecho, razón por la cual cree que sus estudiantes deben ser capacitados de la mejor manera para afrontar las diversas problemáticas que se presentan en torno a dichas máquinas. Además se considera que es necesario que la UIS preste un servicio técnico y muy calificado a la sociedad que le permita crear credibilidad en el área, no solo a nivel regional sino nacional e internacional.

¿Existe en la actualidad en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS un centro en el área de MCI en el que se puedan desarrollar actividades de investigación y desarrollo?

Lamentablemente la respuesta a ésta pregunta es no. Y es ahí en donde radica la problemática, ya que actualmente la EIM no cuenta con un laboratorio que ofrezca las posibilidades y garantías necesarias para el estudio profundo de las MCI, mucho menos se tienen las posibilidades de crear verdaderas líneas de investigación que estén a un nivel internacional, ni tampoco hay la tecnología necesaria para ofrecer un servicio técnico de alta calidad a la industria. Esto genera otros problemas en la región como son: el incontrolable nivel de las emisiones, la ineficiencia de las máquinas frente a los costos actuales del petróleo, la imposibilidad de contar con un

diagnóstico científico certificado que de fe del verdadero estado operativo de las MCI, ausencia de laboratorios para analizar y probar combustibles alternativos entre otros. Es por esto que el presente trabajo de grado propone el diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de los MCI, el cual estará adecuado técnica y metodológicamente para realizar todo tipo de estudios y pruebas experimentales que sirvan de soporte para los programas de pregrado y postgrado en la EIM y otras ciencias e ingenierías a fines, así como también para la prestación de servicios técnicos certificados al sector productivo.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

La UIS y su EIM comparten la misión común de brindar una formación integral a sus estudiantes, así como, también, de atender las necesidades de la industria y de la comunidad en general. En aras de contribuir a estos propósitos se desarrolla el presente trabajo de grado como primer paso para dar solución de manera directa a la problemática expuesta con anterioridad. Existen muchas razones para resolver el inconveniente que nos atañe, entre las cuales están:

- Producción de profesionales en Ingeniería Mecánica con una formación de mayor calidad en el área.
- Disponibilidad de un centro certificado con capacidad para prestar servicios a la sociedad de manera eficaz y eficiente.
- Capacidad para desarrollar estudios que contribuyan a controlar las emisiones contaminantes y el consumo de combustible de los MCI.
- Puesta en marcha de investigaciones para buscar maneras de hacer más eficientes las Maquinas Térmicas Alternativas (MTA).
- Generar soporte técnico a programas de combustibles alternativos.
- Entablar relaciones de cooperación científica y tecnológica con otras universidades en el ámbito nacional e internacional, que permitan que

estudiantes y profesores extranjeros vengan a la UIS y viceversa (intercambios).

- Desarrollo de proyectos destinados a ser soporte de empresas de base tecnológica.

Es decir, este centro estaría en concordancia con la misión institucional de la UIS que se enfoca en la docencia, la investigación y la extensión.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo general. Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander en cuanto a la formación integral de sus estudiantes, además de atender y dar solución a necesidades de la industria y comunidad en general, mediante la propuesta de mejoramiento de la infraestructura para la investigación, desarrollo y extensión en el área de los Motores de Combustión Interna de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ◆ Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna, lo cual comprenderá:
 - ❖ Determinar espacios (áreas y características), equipos, instrumentación y elementos requeridos por cada una de las celdas y salas que conformarán el Centro en cuestión, las cuales son :
 - Celda para Motores de Ignición por Chispa (MICH) de potencia máxima 250 HP (186.5 KW), torque de 500 N.M (368 lb-ft) y velocidad máxima de 10000 r.p.m.
 - Celda para MICH de potencia máxima 450 HP (335 KW), torque de 732 N.M (540 lb-ft) y velocidad máxima de 10000 r.p.m.

- Celda para Motores de Ignición por Compresión (MIC) de potencia máxima 250 HP (186.5 KW), torque de 1355 N.M (1000 lb-ft) y velocidad máxima de 3500 r.p.m.
- Celda para MIC de potencia máxima 540 HP (400 KW), torque de 3390 N.M (2500 lb-ft) y velocidad máxima de 4000 r.p.m.
- Laboratorio para el estudio de la combustión provista de un motor monocilindrico de investigación que cuente con partes transparentes y acceso a sistemas ópticos para el análisis de la combustión.
- Laboratorio para el estudio de combustibles que cuente con motores tipo CFR (Cooperative Rating Research) para la determinación del número de octanos y número de cetanos.
- Laboratorio de sistemas de inyección Diesel en banco universal con capacidad de análisis hasta de 12 cilindros.
- Laboratorio para el estudio de las unidades ECU de los MCI de última generación.
- Sala de armado y desarmado de motores y de sus subsistemas.
- Celda de pruebas para grupos electrógenos con potencia máxima de 100 KVA.
- Celda de pruebas para grupos electrógenos con potencia máxima de 500 KVA.
- Sala de diagnóstico y desempeño para motos, automóviles, camperos, microbuses y camiones medianos con motores a gas, gasolina y diesel dotada con un dinamómetro de rodillos y equipos periféricos necesarios.
- Sala de diagnóstico y desempeño para buses, camiones y tractocamiones dotada igualmente con un dinamómetro de rodillos y equipos necesario.

- Laboratorio para flujo estacionario y pulsante para la caracterización de culatas, elementos y singularidades de los sistemas de admisión y escape.
- Dos cámaras semianecóicas (una para motores diesel y otra destinada a motores a gasolina) para la medida del ruido en el escape y atenuación acústica de silenciadores de escape en motores.
- Una sala didáctica con MCI en corte y entrenadores de sistemas del motor.
- Dos salas de almacenaje de equipos, una para recepción y etiquetado y otra para entrega de motores.
- Taller de mecanizado básico (torno, fresadora, limadora, etc.).
- Sala de computo científico con 15 puestos de trabajo dotada con equipos de alto desempeño con las siguientes especificaciones técnicas:
 - Procesador Intel Xeon de 64 bit con 4 núcleos; 3.2 GHz.
 - Sistema operativo: Puede trabajar con Windows Vista Ultimate Original, Windows Vista Busines Original, Windows XP Professional Original, Windows XP Profesional X64 edition Original, compatible con Windows Vista y Red Hat enterprise Linux WSU4 (EM64T), MAC OS.
 - Memoria RAM de 64 GB.
 - Disco duro con capacidad de 2 TB (hasta 5 unidades de disco).
 - Mouse de 3 botones y teclado multimedia.
 - Tarjeta de video de 512 MB.
 - Monitor LCD de 17 pulgadas y mayores con resolución mínima de 1024x768 píxeles.

Además esta sala debe dotarse de plotter, impresoras multifuncionales y tablero electrónico los cuales son equipos necesarios para su correcto funcionamiento.

- Sala para teleconferencias con capacidad para 15 o más personas.
 - Bloque de oficinas (de 10 a 15) para los investigadores con todos los requerimientos necesarios.
 - Biblioteca especializada.
 - Zona de esparcimiento y recreación, la cual albergará:
 - **Cafetería:** Área en la que se ubicara un pequeño establecimiento con su respectiva sala de mesas con capacidad para 20 personas en la cual se ofrecerán bebidas y alimentos al personal del complejo.
 - **Módulos de tenis de mesa:** Formado por 3 mesas para la práctica de este deporte con sus respectivos accesorios.
 - **Mesas de billar:** Dotada de 3 mesas (1 de billar y 2 de pool) con los accesorios respectivos.
 - **Gimnasio:** Zona conformada por máquinas para ejercitar el cuerpo como lo son bicicletas estáticas, trotadores de cinta, pesas entre otras. Su capacidad será para unas 15 personas aprox.
 - **Módulos de juegos de mesa:** Espacio destinado para entretenimiento en mesa como lo es el ludo, ajedrez, dama, futbolito entre otros.
 - ❖ Determinar el área del lote disponible para la edificación.
 - ❖ Presentar una propuesta de ubicación en planta de las celdas y salas según sus características y disponibilidad del área del lote.
 - ❖ Diseño y presentación de los esquemas eléctrico, sanitario y de redes de combustible.
- ◆ Realizar un presupuesto aproximado de la propuesta de la edificación.

- ◆ Diligenciar los formatos para la presentación de proyectos de inversión en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS (BPPI-UIS), exceptuando los siguientes formatos: ID-06, ID-07, ID-08, PE-02(sección B), PE-03, PE-04,PE-05, PE-06, PE-08, FS-01, FS-02, EBI-01, EBI-06, EBI-07, EBI-08, EBI-10; además de la parte referente a medida y forma de pago, correspondiente al módulo de “Consideraciones generales para las especificaciones técnicas de las obras de adecuaciones civiles”. Todo lo anterior por que consideramos que estos aspectos demandan estudios muy detallados y avanzados en mercadotecnia, costos y finanzas que deben ser trabajados por profesionales de otras áreas.

2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

2.1 FUNDAMENTOS

Los MCI 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-corredera. 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.

Las principales clasificaciones se realizan según sea el proceso de combustión o según el modo de realizar el ciclo. Según la primera los motores pueden ser de encendido provocado (MEP) o de Ignición por compresión (MIC). El motor MEP o de OTTO se basa en la inflamación por un frente de llama, producido por una chispa, de una mezcla de aire y combustible comprimida. Los MIC o de DIESEL son aquellos en los que se comprime fuertemente una masa de aire hasta tal punto que se garantiza la auto inflamación al inyectar el combustible. La segunda clasificación se realiza según sean los motores de 4 tiempos o de 2 tiempos, de acuerdo al número de carreras del émbolo en cada uno de los ciclos de funcionamiento de dichos motores.

El desempeño de este tipo de motores es definido 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 potencia sobre la cual la operación de un motor es satisfactoria.

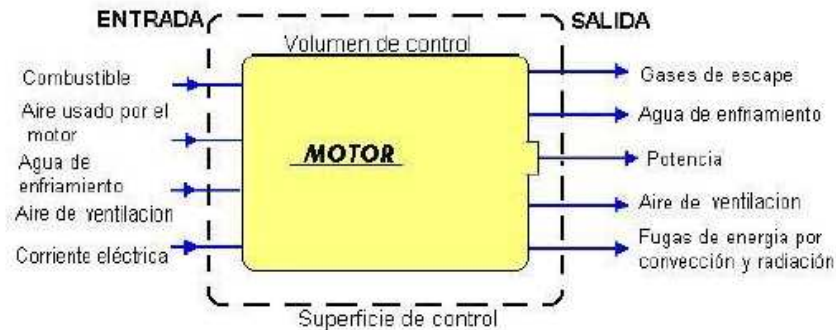
2.1.1 Parámetros de funcionamiento. Normalmente cuando se habla de motores se comenta sobre las revoluciones desarrolladas, el par y la potencia que es capaz de alcanzar, estos tres parámetros proporcionan una idea razonable sobre las características de operación del motor; no obstante la información es mucho más precisa, si son medidas las cantidades de aire y combustibles tomadas por el motor.

Conocidos estos dos últimos valores se puede determinar otros parámetros de funcionamiento del motor como la eficiencia volumétrica, el Consumo Específico de Combustible (CEC).

La Presión Media Efectiva al Freno (PMEF), la Eficiencia térmica y las emisiones contaminantes que arrojan. 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. Estos lugares son básicamente recintos donde se prueban y analizan los diferentes parámetros de funcionamiento de los motores a través de 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, de entre los cuales algunos son mostrados en la figura 1.

Figura 1. Fluidos que intervienen en una sala de ensayos



Fuente: PLINT Michael, engine Testing Theory and practice. Inglaterra. Butterworth Heinemann. 1995. P.2

Midiendo la energía térmica de los fluidos que intervienen se puede obtener la eficiencia térmica del motor:

$$\eta = \frac{POTENCIA\ PRODUCIDA\ NETA}{PODER\ CALORIFICO\ COMBUSTIBLE}$$

Por otro lado, definido el motor y los ensayos a realizar, se puede definir el freno 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 diseñar y montar una sala de ensayo, en primer lugar, se debe saber qué es una sala de ensayo y, de igual modo, conocer su función. Por otro lado, antes de empezar el diseño e instalación de la misma, sería oportuno realizar una serie de preguntas que permitieran predefinir como va a ser, por ejemplo:

- ✚ ¿Que propósitos se persiguen con la sala?
- ✚ ¿Es la confidencialidad una consideración importante?

- ✚ ¿Puede haber un futuro requerimiento para instalar equipos adicionales que impliquen requerimientos de espacio y otros servicios.
- ✚ ¿Cómo manipular los motores en el montaje?
- ✚ ¿Como se realiza el transporte de los equipos en las salas?
- ✚ ¿Cuántos combustibles diferentes se prueban para el uso regular?
- ✚ ¿Que demanda de agua y suministro eléctrico existe?
- ✚ ¿La calidad del agua?
- ✚ ¿El suministro eléctrico es de regeneración?
- ✚ ¿Cuál es el efecto o impacto sobre el medio ambiente?
- ✚ ¿El ruido es un problema?

Todas estas preguntas nos ayudarían a diseñar de la manera más precisa la celda de ensayos que necesitamos.

2.1.3 Características. Las salas de ensayos de MCI 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.

La capacidad de inflamación de los combustibles en tal ambiente es claramente un peligro, y las regulaciones locales de incendio deben cumplirse de acuerdo con las normas que las autoridades pertinentes recomienden durante la etapa de diseño.

En general las celdas suelen tener una puerta de acceso por la que tienen paso los motores y diferentes equipos, mientras que el operador puede entrar por una puerta anexa. Hay un doble cristal sellado en las ventanas frente a la mesa de control. Estas mesas o armarios están junto a la pared y

montan la instrumentación, registradores de los diferentes instrumentos de control y medida, etc. Las señales recibidas a través de los diversos transductores del motor (presión, temperatura, par de rotación, revoluciones etc.) son reflejadas en los aparatos de registro y control que se alojan generalmente en unos armarios de control, mediante una serie de cables que comunican con la unidad de adquisición de datos. La anterior es la celda de propósito general, sin embargo existen otras en que su configuración cambia un poco para medir parámetros no tan habituales pero que igual siguen siendo celdas de ensayo. Tal es el caso de la celda Semianecoica, la de grupo electrógeno y la celda de diagnóstico y desempeño de MCI. La celda semianecoica esta pensada para hacer pruebas de ruido a motores. En ellas paredes y techo se llenan con material absorbente de sonido, mientras el piso es reflectivo, ya que de esta forma se simula más exactamente las condiciones reales de un motor en operación.

La sala de diagnóstico y desempeño, por su parte, es una sala en donde se hacen pruebas de motores en chasis, es decir, a vehículos sin desmontar el motor. Ellas están formadas por un dinamómetro de rodillos en los cuales el automotor ubica sus ruedas y tracciona haciendo girar dichos rodillos, los que a su vez comunican con el freno dinamométrico; adicionalmente se ubican los sensores que registran otros parámetros además de los que registra el freno. De esta forma se obtienen valores de las variables físicas de interés medidas directamente de las ruedas del automotor.

En el caso de la celda de grupo electrógeno, el lugar esta destinado para prueba y análisis de plantas generadoras de electricidad mediante MCI. Adentro de la sala encontraremos equipo eléctrico para medición y diagnóstico de variables de potencia eléctrica.

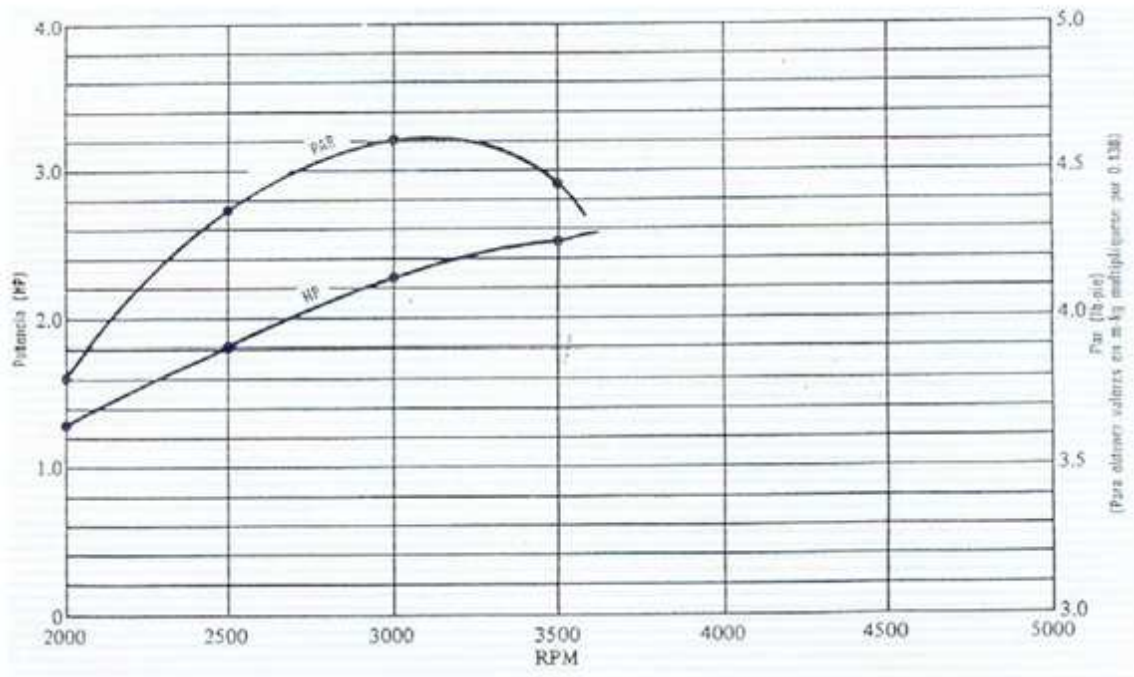
2.1.4 Pruebas a realizar en las celdas de ensayo. En un banco de ensayos de MCIA se realizan esencialmente cuatro tipos de pruebas, las

cuales por lo general buscan conocer el comportamiento de las variables más importantes del motor, como lo son Par y Potencia a diferentes velocidades de rotación, véase figura 2. Estas pruebas se realizan de acuerdo a la norma SAE J1349 (ISO 1585), cuya equivalente en la norma ICONTEC es la NTC 1930, la cual especifica una base para la medición de potencia de MIC de cuatro tiempos, de dos tiempos y DIESEL, naturalmente aspirados y sobrealimentados, con y sin enfriamiento de aire. También existen pruebas para medir el gasto de combustible y de aire del motor.

La medida del gasto de combustible es de interés tanto para conocer el consumo de combustible como para determinar el dosado y el consumo específico del motor. Esta medida consiste en determinar el tiempo empleado por el motor, funcionando de manera estable, en consumir una determinada cantidad de combustible. En motores de combustión interna alternativos, se recomienda un tiempo de medida comprendido entre 30 y 60 segundos. Los métodos más usados para llevar a cabo estas medidas son: métodos gravimétrico y volumétrico.

La medida del gasto de aire en motores es una medida de gran importancia pero a la vez una labor de considerable dificultad. El método más simple de medir el gasto de aire es hacerlo pasar por algún elemento de medida que produzca una diferencia de presión en el fluido, de modo que pueda ser registrada con algún transductor de presión. Por su puesto, este instrumento debe producir una diferencia de presión que debe estar acotada para garantizar, por un lado, unas pérdidas de carga mínimas en el sistema de admisión que no altere el funcionamiento del motor, y por otro, condiciones de flujo incompresible que permitan utilizar la ecuación de *Bernoulli* sin errores apreciables.

Figura 2. Gráfico típico de potencia y par obtenidos en pruebas de laboratorio



Fuente: RAYMOND, G. Wasdyke. Motor de gasolina de cuatro tiempos, operación, prueba y evaluación. Editorial Limusa, México: 1976. p E6-2

A continuación se describen los tipos de pruebas a realizar en los motores:

- **PRUEBA N° 1:** Par de rotación y velocidad con el acelerador totalmente abierto.
- **PRUEBA N° 2:** Par de rotación a velocidad constante y apertura variable del acelerador.
- **PRUEBA N° 3:** Par de rotación, consumo de aire y consumo de combustible con acelerador totalmente abierto y velocidad variable.
- **PRUEBA N° 4:** Par de rotación, consumo de aire y consumo de combustible a velocidad constante y apertura variable del acelerador.

Respecto a las pruebas acústicas en MCI, éstas se encuentran reguladas en base a la norma ISO 5725 cuya correspondiente norma en nuestro país es la NTC 4194. Dicha norma contempla los lineamientos que se deben seguir en

el equipo de medida y adecuación del recinto de prueba, como lo es la ubicación de los micrófonos, el método de medición y la instrumentación requerida.

Respecto a las pruebas de emisiones, estas son hechas de acuerdo a un grupo de normas: NTC 4983, NTC 4231 y NTC 5365 las cuales establecen la metodología para la determinación de las concentraciones de diferentes contaminantes en los gases de escape de los vehículos accionados a gasolina y Diesel, realizadas en condiciones de marcha mínima o ralenti y velocidad de crucero y cuyo resultado será comparado con lo establecido en la reglamentación ambiental vigente. Este tipo de pruebas esta de acuerdo a las normativas nacionales e internacionales debido a que el objetivo es acreditar el Centro.

3. SISTEMAS BÁSICOS DE LAS CELDAS DE ENSAYO

Para obtener las curvas de funcionamiento de un motor es necesario instalarlo en un banco de pruebas o de ensayo, el cual esta caracterizado básicamente por las siguientes características y sistemas:

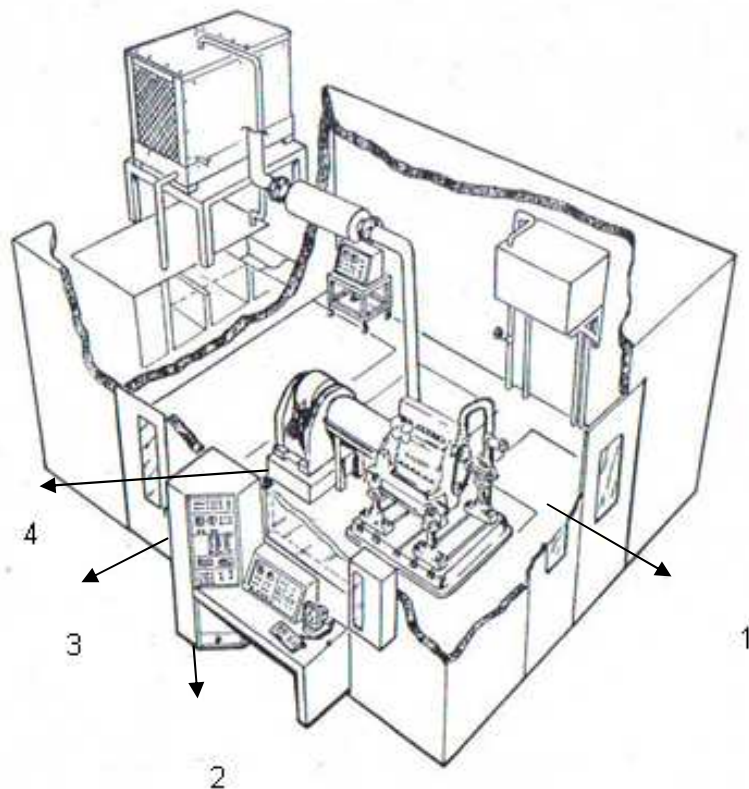
- ✚ Configuración
- ✚ Dinamómetro
- ✚ Sistema de soporte del motor
- ✚ Sistemas de enfriamiento del motor
- ✚ Sistema de acondicionamiento de aire de combustión
- ✚ Sistema de combustible
- ✚ Sistema de análisis de gases
- ✚ Sistema de automatización, adquisición de datos y control
- ✚ Instrumentos de medición de variables físicas (sensores)
- ✚ Sistema de seguridad industrial de extinción de incendio
- ✚ Sistema de ventilación y aire acondicionado
- ✚ Sistema de escape
- ✚ Iluminación
- ✚ Ruido
- ✚ Infraestructura(civil)

A continuación se detalla cada uno de estos subsistemas, estableciendo los requerimientos de diseño en base al estándar **NFPA 37** (Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engine and Gas Turbines), y el libro Engine Testing de Michael Plint y Antony Martyr entre otras fuentes.

3.1 CONFIGURACIÓN

La sala debe disponer de al menos una salida directa (1) lo mas corta posible a un área abierta. El diseño de la sala debe permitir el control de las instalaciones desde el exterior de la misma (2). Este hecho obliga a instalar todos los armarios de control (3) en el exterior de la misma y disponer de al menos una ventana (4) que permita el control visual de la instalación en todo momento como nos lo muestra la figura 3.

Figura 3. Configuración general de una celda de ensayos de MCI



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and Practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 13

Los mismos comentarios hechos anteriormente respecto a la distribución de los espacios, son valederos para la celda de grupos electrógenos.

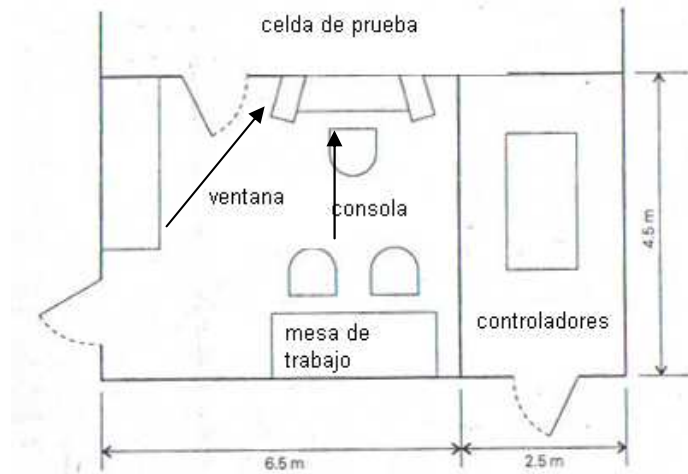
La cámara semianecóica presenta en general la misma disposición, sin embargo, el dinamómetro debe ser claramente aislado acústicamente para evitar errores de medición. Para trabajar en motores y transmisiones el freno se localiza en un recinto adyacente al lugar donde se ubica el motor a probar, uniéndose por un largo eje de acoplamiento, cuyo diseño puede presentar problemas.

En cuanto a la sala de diagnóstico y desempeño, toda la instrumentación y equipo de prueba estará en una amplia sala sin divisiones, distribuidos adecuadamente por zonas de acuerdo a su función. Se debe contar con un amplio portón de acceso con salida directa al exterior de la edificación para el ingreso cómodo de los vehículos a probar, será un espacio monovolumen que albergará los vehículos y todos los equipos y personal necesario para su funcionamiento.

3.1.1 Tamaño general de celda. Una celda estrecha en la cual no nos podamos mover cómodamente es una fuente permanente de peligro e inconvenientes. Un volumen pequeño de la celda dificulta el control del sistema de ventilación. Una buena recomendación es 1m de espacio despejado alrededor de la mesa de prueba, con una altura suficiente para ubicar sobre y a lo largo del eje del montaje una viga con su polipasto que permitan levantar el motor por encima del dinamómetro.

Debe tenerse en cuenta que las dimensiones (para las cuales no hay una reglamentación como tal) deben de ser suficientes no solo para el montaje de los elementos, sino también para los acoplamientos de futuros equipos no previstos en el diseño inicial. Michael Plint recomienda las dimensiones según se resume en la figura 4.

Figura 4. Dimensiones recomendadas para salas de control



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and Practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 26

En cuanto al tamaño de la celda semianecóica, las dimensiones que podemos encontrar en la industria son muy variadas, desde muy pequeñas hasta grandes recintos acústicos, sin embargo en general las celdas semianecóicas se clasifican de acuerdo a su tamaño en 3 grupos, según nos lo muestra la tabla 1.

Tabla 1. Tamaños de Celdas Semianecóicas

Tamaño	limite de baja frecuencia	Grado	Dimensiones (Pulgadas)
Pequeña <math><1\text{ft}^3</math>	250 HZ	Ingeniería	10" x10" x7"
Mediana <math><2\text{ft}^3</math>	100 HZ	Ingeniería	18" x18" x10"
Grande >math>>25\text{ft}^3</math>	100 HZ o menos	Ingeniería/ Precisión	28" x28" x15"

Fuente: Tomado pagina Web ETS-LINDGREN

Además se puede hacer uso de las siguientes reglas para determinar las dimensiones correspondientes a un proyecto dado a partir de datos geométricos y la longitud de onda a baja frecuencia de la fuente.

Longitud/ancho (ID) = mayor dimensión de la fuente + λ

Altura (ID)= máx. altura de la fuente + 1 m + $\lambda/2$

Altura (ID)= mayor dimensión de la fuente + λ

De donde:

λ = longitud de onda de baja frecuencia

Mayor dimensión de la fuente: $\text{sqrt} [(l/2)^2 + (w/2)^2 + (h)^2]$; donde:

l= largo, w= ancho, h= altura de la fuente.

Lo que se mencionó anteriormente también se aplica a las celdas de ensayos de grupos electrógenos.

La sala de diagnóstico y desempeño, es en general más grande, que las de propósito general, debido a que ella albergara un vehículo completo. Por lo tanto, debe permitir cómodamente el ingreso de la gama de automotores a probar, además de permitir el libre tránsito de los operarios alrededor de la sala. Por consideraciones de distribución de espacios, en el diseño del plano de la edificación, se decidió dividir ésta sala en dos áreas; en una estarán ubicados dos dinamómetros de rodillos, uno para motocicletas y otro para vehículos pequeños y medianos tales como, automóviles, camionetas y comerciales livianos con tracción delantera, trasera o 4x4, en la otra, un solo dinamómetro de rodillos para vehículos pesados como buses, camiones y tractocamiones. En ambas, el área de la sala está determinada por el tamaño del vehículo o vehículos que debe albergar.

Espero recuerde que muchos de los equipos de la celda requieren calibración momento a momento y, por consiguiente, debe existir un acceso adecuado para los ingenieros encargados de la calibración de instrumentos.

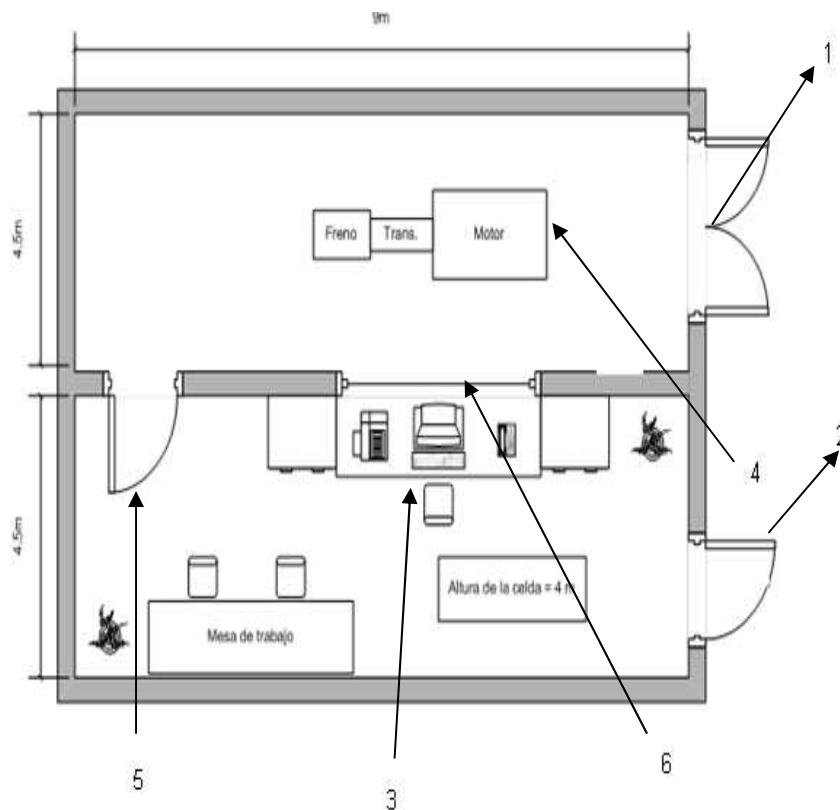
3.1.2 Solución adoptada. Dentro de la literatura referente al tema no hay dimensiones específicas, solo recomendaciones de tamaño aproximado. Se optó por tener en cuenta dichas recomendaciones y hacer alguna labor de campo (medidas tomadas en Laboratorio del ICP y de la Escuela de Ing. Mecánica) que permitiera comparar de alguna manera dimensiones y, con base en eso elegir la más adecuada. Se determinó finalmente la siguiente configuración según la figura 5 para las celdas de prueba MIC, MICH y del grupo electrogénico, a excepción de la celda para motores de 2 tiempos, la cual por el tamaño de sus equipos queda reducida a la mitad. Las dimensiones quedan como generales para algunos laboratorios, con algunas excepciones también.

Para las celdas semianecóticas fue seleccionado un tamaño medio basado en la tabla 1 y una configuración como la mostrada en la figura 6.

En las salas de diagnóstico y desempeño, como ya se dijo antes, el tamaño está determinado por las dimensiones de los vehículos que debe albergar teniendo en cuenta que debe haber un espacio libre alrededor de ellos de al menos 3 metros para la fácil movilización de personal y equipos a través de la sala y una altura mínima de 1 metro sobre ellos, suficiente para su correcta ventilación.

Después de indagar las diferentes dimensiones de vehículos en el mercado, obtuvimos los valores máximos de longitud, anchura y altura que estos podrían alcanzar, véase la tabla 2.

Figura 5. Tamaño y configuración general de las celdas MEC, MECH y Grupo electrogeno



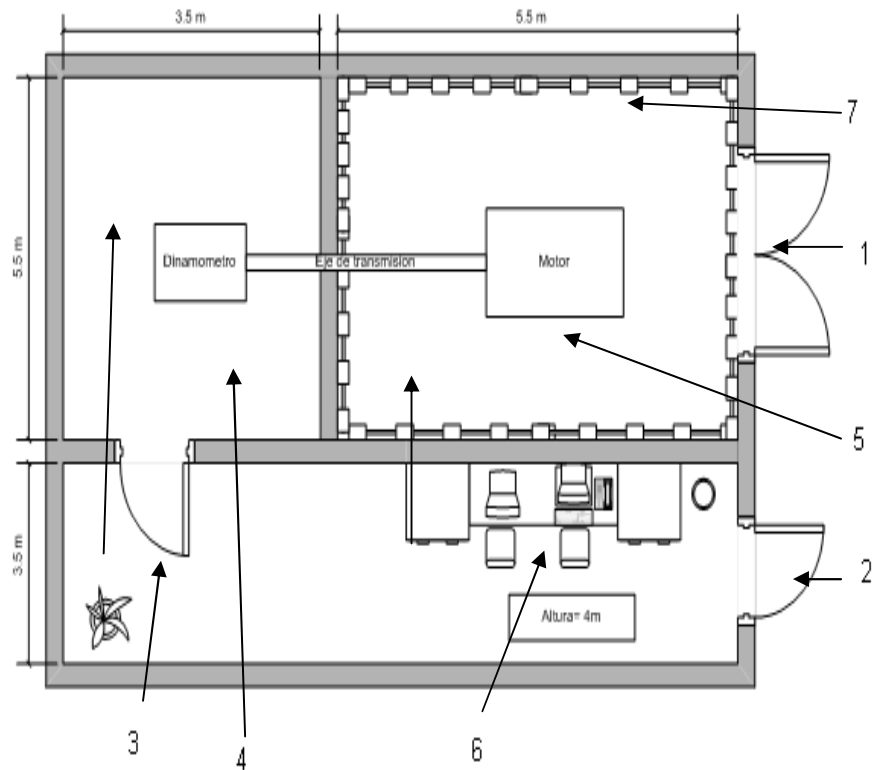
- 1. Puerta para entrada y salida de equipo
- 2. Puerta para entrada del personal técnico
- 3. Estacion de control y monitoreo
- 4. Conjunto motor-dinámometro
- 5. Puerta interna de acceso
- 6. Ventana de observacion

Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

Tabla 2. Dimensiones de vehículos

Tipo de vehículo	Largo máx.	Ancho máx.	Altura máx.
Motocicleta / Ciclomotor	2,5 m	1,0 m	1,0 m
Automóvil/Camioneta/Comercial liviano	5,5 m	2,0 m	2,0 m
Bus / Camión / Tractocamión	12,0 m	2,5 m	4,0 m

Figura 6. Tamaño y configuración general de Celdas Semianecóicas



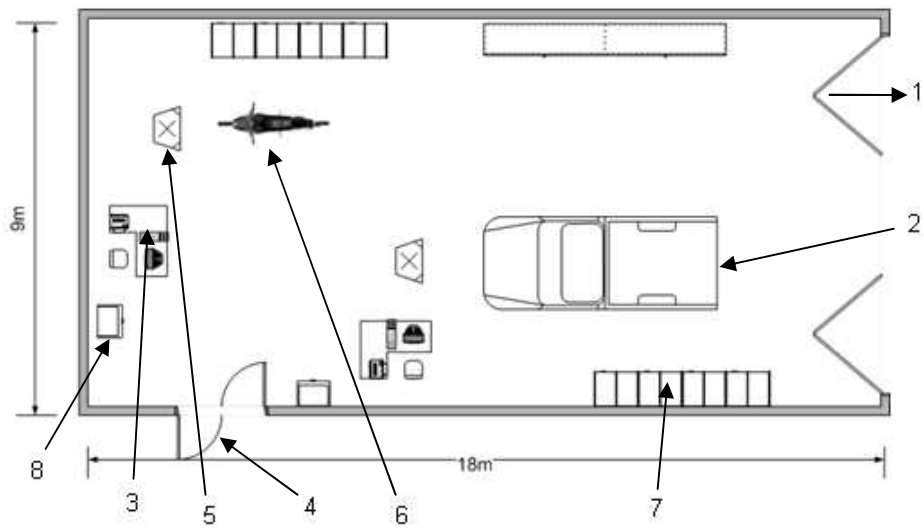
- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Puerta para entrada y salida de equipo | 5. Recinto aislado para motor |
| 2. Puerta para entrada del personal técnico | 6. Estación de control y monitoreo |
| 3. Puerta interna de acceso | 7. Material acústico absorbente |
| 4. Recinto para dinamómetro | |

Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

De manera que para la sala de vehículos livianos, si montamos los dinamómetros uno delante de otro (ver figura 7), la longitud mínima debe ser de $3 + 2,5 + 3 + 5,5 + 3 = 17$ metros, el ancho mínimo de $3 + 2 + 3 = 8$ metros y la altura mínima de $1 + 2 = 3$ metros. En el caso de la sala de vehículos pesados la longitud mínima es de $3 + 12 + 3 = 18$ metros, el ancho mínimo de $3 + 2,5 + 3 = 8,5$ metros y la altura de $1 + 4 = 5$ metros.

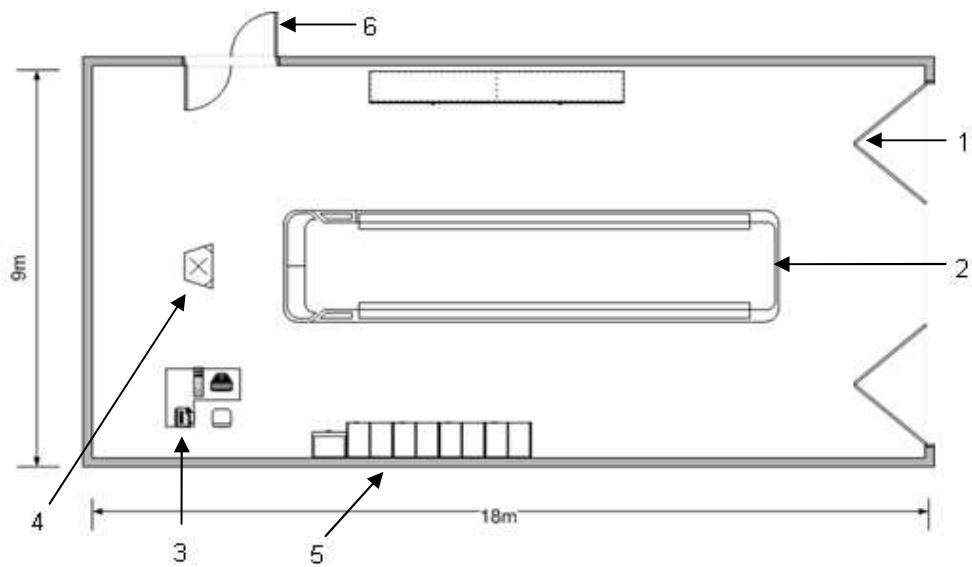
Debido al diseño modular de la edificación se escogieron unas dimensiones para las salas de diagnóstico y desempeño de 18 metros de largo, 9 metros de ancho y 5 metros de altura, las cuales cumplen con los requerimientos mínimos de ambas.

Figura 7. Sala de diagnóstico. a) Vehículos livianos. b) Vehículos pesados



a)

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Puerta de ingreso de vehículos | 5. Ventilador de aire forzado |
| 2. Vehículo a evaluar | 6. Moto |
| 3. Estación de control y monitoreo | 7. Armarios de Control |
| 4. Puerta de ingreso personal técnico | 8. Gabinete de herramientas |



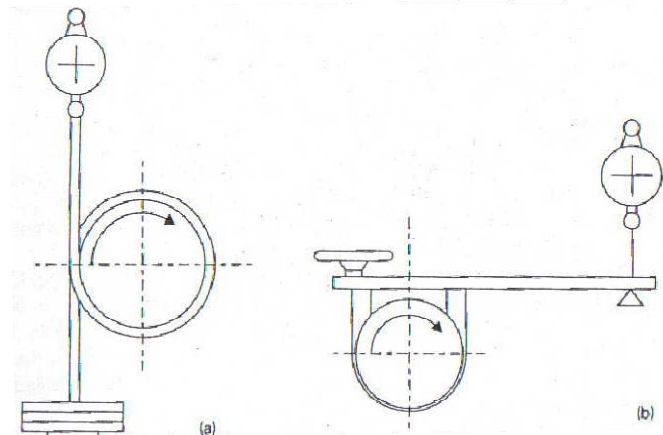
b)

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Puerta de ingreso de vehículos | 4. Ventilador de aire forzado |
| 2. Vehículo a evaluar | 5. Armario de control |
| 3. Estación de control y monitoreo | 6. Puerta de ingreso de operarios |

3.2 DINAMÓMETRO

Un dinamómetro es un dispositivo que tiene por objeto medir importantes variables dentro de un motor de combustión interna, entre las cuales podemos mencionar: potencia, torque y velocidad. La más primitiva forma de dinamómetro, el freno de cuerda, data de los primeros años del siglo pasado. Un dispositivo extremadamente peligroso, sin embargo capaz de dar mediciones exactas de potencia. El sucesor, es el freno prony, también basado en la fricción mecánica y semejante al freno de cuerda, requiere enfriamiento por agua introducida en el hueco del tambor del freno y removida por una pala, ambos se muestran en la figura 8. En la actualidad se tiene varias clases de dinamómetros mucho mejores y más eficientes.

Figura 8. Primeros Tipos de dinamómetro. a) Freno de cuerda b) Freno prony



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and Practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 120

3.2.1 Tipos. Existen varias clases de dinamómetros, entre los cuales los más relevantes se mencionan a continuación:

a) Dinamómetros hidráulicos

Los dinamómetros hidráulicos, ver figura 9, se caracterizan por ser de construcción fácil y sencilla, poseen una respuesta casi cuadrática, suelen ser más baratos que los otros tipos de frenos y de fácil mantenimiento pero en contra tienen la desventaja de tener una difícil automatización. Están formados por un rotor con paletas semielípticas en forma de bolsas, las cuales al girar arrastradas por el eje del motor, producen un movimiento toroidal intenso en el agua existente en la cavidad formada por el rotor y el estator, que actúa como resistencia al giro y básicamente es lo que permite medir la potencia en el dispositivo a través de una celda de carga.

Figura 9. Dinamómetro hidráulico



Fuente: Tomado de www.avl.com

b) Dinamómetros eléctricos

Están constituidos por un generador, que absorbe la potencia del motor por su eje y genera corriente continua, provocando un par de vuelco sobre el estator (carcasa) que, como en los casos anteriores, esta balanceado. La potencia absorbida se puede medir al igual que en los dinamómetros anteriores, mediante una celda de carga, que mide el par torsor creado, o bien mide la energía eléctrica generada (potencia eléctrica suministrada), éste tipo de dinamómetro es en general robusto, fácil de automatizar y también se puede emplear en sentido inverso como arranque del motor de

combustión o como motor de arrastre. Como principales inconvenientes de estos frenos se puede mencionar el tamaño, el reducido rango de velocidad, el precio y la elevada inercia, que puede ocasionar vibración torsional y una pobre respuesta a cambios de velocidad, lo que los descarta para ensayos en transitorios.

c) Dinamómetros eléctricos tipo asíncronos

Estos dispositivos, véase la figura 10, consisten esencialmente de un motor de inducción, que gracias a la tecnología actual, ofrecen las mismas características de funcionamiento que los dinamofrenos con la ventaja adicional de menor inercia; la velocidad del motor de inducción se controla regulando la frecuencia de la tensión de alimentación, por lo que la fuente de alimentación comprende un rectificador, un circuito intermedio y un inversor de tensión para generar la tensión de frecuencia variable.

Estos frenos presentan ciertos tipos de ventajas respecto a otros tipos de frenos: menor inercia por lo tanto una mejor respuesta dinámica, permiten la automatización, el control sobre varias variables, permite una amplia gama de características par/velocidad e instalación mecánica sencilla.

Figura 10. Dinamómetro asíncrono



Fuente: Tomado de www.cmt.com

d) Dinamómetro electromagnético, de Foucault o de corrientes de Eddy

Consta de un rotor con aspecto de dientes anchos y paso largo, formando polos magnéticos, por contra en el estator existen una o varias bobinas de campo que son excitadas con una pequeña corriente continua; cuando se produce esa excitación de las bobinas, se crea un campo magnético que une al rotor con el estator, siendo en las cabezas de los dientes donde se producen ciertas concentraciones de flujo la cual al girar el rotor en cualquiera de ambas direcciones crea corrientes de Foucault cerca de la periferia interna del estator, así tiende a impedir el giro del rotor y puede absorber potencia, pudiendo graduarse mediante la regulación de la corriente de excitación.

La potencia del motor absorbida por el freno se convierte íntegramente en calor, que es evacuado por medio de un caudal de agua de refrigeración que circula en el espacio anular existente entre rotor y estator. De acuerdo con las características funcionales existen unos dinamómetros sencillos y de gran versatilidad, capaces de cubrir una amplia gama de ensayos, siendo hoy día uno de los elementos más utilizados en ensayos de motores, pero desafortunadamente, su precio es mayor que el de los frenos hidráulicos, la figura 11 nos muestra su apariencia.

Figura 11. Dinamómetro de corrientes de Eddy



Fuente: Catálogo Engine Test Bed Instrumentation AVL

e) Dinamómetros oleohidráulicos

En estos el motor que esta acoplado al freno que acciona una bomba de aceite, la cual impulsa el aceite hasta una válvula, donde es laminado y la energía absorbida por el aceite se transforma en calor. Presenta ventajas tales como: absorben alto par a baja velocidad, tienen bajo momento de inercia, se autolubrican, no sufren corrosiones como los hidráulicos, tienen un alto amortiguamiento torsional, gran estabilidad y construcción muy sencilla y compacta. Pero por el contrario, presenta la desventaja de que su aceite se calienta mucho y, esto lo conduce, a su degradación y pérdida rápida de sus propiedades.

f) Dinamómetro de polvo magnético

Este dispositivo trabaja con una sustancia denominada polvo férrico, la cual se encuentra sometida a un campo magnético, por lo que se comporta como tal, siendo su viscosidad creciente con la intensidad del campo, el principio de frenado es debido al rozamiento de las partículas del polvo por la acción del campo magnético. Básicamente este freno consta de un rotor que gira dentro de un estator magnetizado por una bobina, al excitarse la bobina, el polvo magnético del entrehierro establece un vínculo mecánico entre el eje y la carcasa. Siendo esta la que transmite el par a una célula de carga extensiométrica que junto al acondicionador que lleva constituyen un sistema de medida de fuerzas de precisión.

g) Dinamómetros de chasis o de rodillos

Básicamente son dinamómetros eléctricos acoplados a unos cilindros o rodillos sobre los cuales van montados los vehículos, véase la figura 12, de manera que su superficie tenga íntimo contacto con las ruedas. De acuerdo al tipo de prueba a desarrollar el movimiento se transmite de las ruedas a los rodillos y de estos a los dinamómetros o viceversa. La idea es poner a funcionar el vehículo en condiciones similares a las que encontraría en el manejo cotidiano por carretera mientras éste se encuentra estático, y así,

diagnosticar su desempeño. Para este fin estos dinamómetros deben ser capaces de simular las cargas producidas por las pendientes propias de una carretera, así como también, las cargas inerciales debidas al peso y a la aceleración del vehículo.

Figura 12. Dinamómetro de rodillos: a) En detalle, b) En operación.



a)



b)

Fuente: Tomado de la página www.vltest.com

En la actualidad estos dinamómetros son usados cada vez con mayor frecuencia debido a los desarrollos técnicos y legislativos que se vienen dando:

Técnicos: la necesidad de perfeccionar el complejo motor y todos los sistemas de gestión del vehículo que son demandados por los usuarios de las carreteras modernas, el desempeño económico en la prueba de resistencia, investigaciones de ruido, vibración y aspereza (NVH), prueba de emisiones, revisión del desempeño bajo condiciones extremas, etc.

Legislativos: la necesidad de cumplir con los siempre mas rigurosos requerimientos legales del gobierno factores tales como seguridad vehicular, desempeño de los frenos, NVH, consumo de combustible, emisiones del escape, etc.

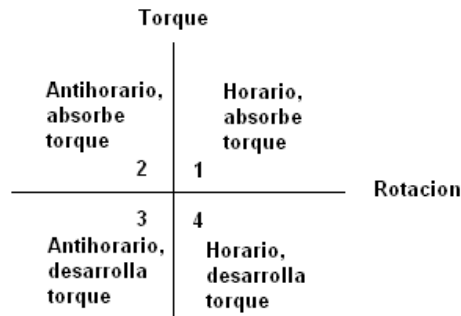
Estos requerimientos han invocado la existencia de una jerarquía de dinamómetros y cámaras de pruebas de creciente complejidad:

- Probadores de freno
- Puesta apunto y valoración en servicio
- Pruebas al final de la línea de producción
- Instalaciones para pruebas de emisiones
- Instalaciones para la acumulación de kilómetros
- Cámaras de pruebas anecóica, NVH
- Cámaras climatizadas y túneles de viento

3.2.2 ¿1^{ER}, 2^{DO}, 3^{ER} O 4^{TO} Cuadrante?. La figura 13 ilustra en un diagrama los 4 cuadrantes en el cual un dinamómetro puede ser requerido para operar. Muchas máquinas de evaluación toman lugar en el primer cuadrante, con funcionamiento antihorario cuando se observa el giro del volante. En comparativamente raras ocasiones es necesario para una instalación de prueba contar con maquinas que funcionen en ambas direcciones; una solución es emplear un dinamómetro acoplándolo a ambos extremos montados en una mesa giratoria. Los grandes motores marinos son usualmente reversibles.

Todos los tipos de dinamómetros son capaces de funcionar en el primer o segundo cuadrante. Los dinamómetros hidráulicos son esencialmente diseñados para una dirección de rotación, siendo difícil que funcionen en reversa sin dañarse. Cuando son diseñados específicamente para rotación bidireccional ellos pueden ser más que una máquina de simple dirección de potencia equivalente. El sistema de medición de torque debe operar en ambas direcciones. Las Máquinas de corrientes de Eddy son inherentemente reversibles.

Figura 13. Cuadrantes de operación de dinamómetro



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and Practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995.

Cuando es requerido operar en el 3^{er} y 4^{to} cuadrante, es decir, que el dinamómetro absorba y genere potencia, la elección está limitada a máquinas de corriente directa o alterna, o a máquinas híbridas o hidrostáticas. Estas máquinas son generalmente reversibles y por ende operan en los 4 cuadrantes. Hay un incremento de requerimiento para la operación en los 4 cuadrantes como resultado de la creciente evaluación transitoria, con esto se logran rápidos cambios de carga y, a menudo, torques reversibles. La tabla 3 resume los aspectos mencionados anteriormente.

Tabla 3. Cuadrantes de operación de los dinamómetros

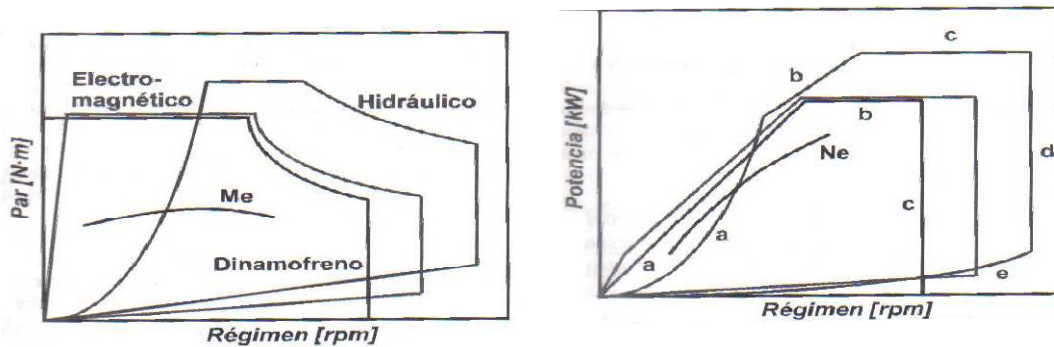
Tipo de maquina	Cuadrante
Hidráulico de lamina tipo compuerta	1 o 2
Hidráulico de llenado variable	1 o 2
Hidráulico de llenado variable con perno	1 o 2
Hidráulico tipo disco	1 y 2
Hidrostático	1,2,3,4

Tipo de maquina	Cuadrante
Eléctrico d.c.	1,2,3,4
Eléctrico a.c.	1,2,3,4
Corrientes de eddy	1 y 2
Freno de fricción	1 y 2
Freno de aire	1 y 2
Híbrido	1,2,3,4

Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 127

3.2.3 Selección de los dinamómetros. En la selección de un dinamómetro es necesario conocer las curvas características de funcionamiento del motor con el fin de cubrir todos los posibles puntos de funcionamiento del mismo. En la figura 14 se puede observar una serie de curvas características del mapa de utilización de diferentes tipos de freno, cuyos límites de funcionamiento son los siguientes:

Figura 14. Curvas típicas de varios tipos de freno



Fuente: Ruiz/Bermudez/Broatch/Tormos/Serrano/Lopez. *Practicas de Motores de Combustión*. México D.F. Alfaomega 2005. p 87

- **Línea de máximo régimen:** Línea vertical que corresponde con la máxima velocidad admisible en el freno como consecuencia de los esfuerzos centrífugos que se originan.

- **Línea de potencia máxima:** Es la potencia que puede absorber el freno, generalmente limitado por la capacidad de este para disipar el calor.
- **Línea de par mínimo:** El empleo del freno por debajo de esta línea puede dar lugar a errores, como consecuencia de la falta de precisión originada por la fricción de sus órganos, puesto que tienen el mismo orden de magnitud que la potencia a medir.
- **Línea de par máximo en la célula de carga o en la balanza:** Máxima lectura de que es capaz el elemento de medida.
- **Línea de par máximo del freno:** Curva límite que da el máximo par resistente que puede oponer el freno para distintos regímenes de giro.

La tabla 4 muestra los varios tipos de dinamómetros e indica sus aplicaciones para varias clases de motor. En muchos casos se pueden hacer selecciones muy diferentes y será necesario considerar las características especiales de cada tipo de dinamómetro y evaluar la relativa importancia de estos en el caso particular.

Tabla 4. Disponibilidad de dinamómetros para diferentes aplicaciones.

	Motores hasta 50kW	Motores automóvil 50-500kW	Motores marinos y estacionarios 500-5000kW	Motores marinos 5000-50000kW	Turbinas a gas
Hidráulicos	A	A	A	A	A
Hidrostático.	NA	B	NA	NA	NA
Eléctricos D.C.	A	A	A	NA	NA
Eléctricos A.C.	B	A	NA	NA	NA
Corriente de Eddy	A	A	NA	NA	B
Refrigerados por aire	B	NA	NA	NA	B
Híbridos	NA	B	NA	NA	NA

Fuente: PLINT Michael. Engine Testing Theory and practice. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 132

3.2.4 Algunas consideraciones adicionales. La elección final de dinamómetro para una aplicación dada puede ser influenciada por alguno de los siguientes factores:

- **Factor de carga.** Si la maquina permanecerá largos periodos fuera de uso la posibilidad de corrosión debe ser considerada, particularmente en el caso de que sea hidráulica o maquina de corrientes de Eddy de cavidad mojada.
- **Sobrecargas.** Si es necesario considerar la sobrecarga ocasional de la maquina, un dinamómetro hidráulico puede ser preferible, en vista de las grandes tolerancias a tales condiciones. Se debe al mismo tiempo inspeccionar que los sistemas de medición de torque tengan capacidad adecuada.
- **Grandes y frecuentes cambios en la carga.** Esto puede ocasionar grandes problemas con maquinas de corrientes de Eddy, debido a la expansión y contracción con posible distorsión de las laminas perforadas.
- **Un Amplio rango de los tamaños de los motores probar.** Puede ser difícil tener buen control y una adecuada exactitud cuando se evalúen motores pequeños; al mismo tiempo el bajo nivel de torque absorbido por el dinamómetro puede ser también gran inconveniente.
- **Como son los motores a ser arrancados?** Si se tiene un dinamómetro que no sea capaz de arrancar el sistema, es necesario fijar un arrancador separado al eje del dinamómetro. Esto significa un mantenimiento extra y puede incrementar la inercia.
- **Es adecuado el suministro de agua de enfriamiento y de calidad satisfactoria?** Agua dura ocasionara bloqueo de los orificios de enfriamiento y agua tratada puede generar corrosión. Esto es una buena razón para la elección de dinamómetros de C.D. o C.A. a pesar de los costos extra.

- ***Esta la presión del agua de suministro sujeta a súbitas variaciones?*** Súbitos cambios de presión o pulsaciones regulares afectaran la estabilidad de control de los dinamómetros hidráulicos. Los de corrientes de Eddy e indirectamente las maquinas enfriadas por agua no son afectadas si se hace el suministro a una presión que este encima de los niveles de emergencia.
- ***Es el voltaje del suministro eléctrico propenso a variar como resultado de otras cargas en el mismo circuito?*** Con la excepción de frenos de aire y maquinas hidráulicas manualmente controladas, todos los dinamómetros son afectados por interferencia eléctrica y cambios de voltaje.
- ***Es sugerido usar un sistema de entrada de eje para acoplamiento del motor y dinamómetro? Existen algunas características especiales o cargas frontales o cargas axiales asociadas con el acoplamiento del sistema?*** Tales características deberían ser discutidas con el fabricante del dinamómetro antes de tomar una decisión.

Finalmente, y quizás sea lo mas importante, se debe tener en cuenta el nivel de experiencia y habilidad técnica del personal de pruebas. Técnicas usadas en simples frenos hidráulicos pueden generar dificultades en la operación de una maquina eléctrica controlada por computador. El suministro de un nuevo dinamómetro debería estar acompañado de adiestramiento básico en operación, calibración y seguridad de la nueva maquina. Una cuidadosa inspección debería ser hecha a nivel técnico, incluyendo disponibilidad de personal y facilidades de servicio local, ofrecidos por el fabricante.

3.2.5 Solución adoptada y equipo seleccionado. De acuerdo a la información anterior se determina que los dinamómetros más opcionados son los eléctricos y los de corrientes de Eddy. Sin embargo el eléctrico de

corriente directa es costoso, presenta un reducido rango de velocidad y gran inercia, por lo cual se descarta. Así, quedan los dos restantes, de los cuales aunque el eléctrico de corriente alterna sea más costoso, sus otras características como menor inercia y el hecho de poder refrigerarse con aire lo hacen más atractivo. Este último aspecto simplifica mucho el montaje, ya que se ahorra el circuito de enfriamiento por agua. La tabla 5 nos suministra los modelos de dinamómetros A.C del fabricante AVL de la cual realizaremos nuestra selección.

Tabla 5. Modelos de dinamómetros disponibles de avl

TIPO DYNOROAD	POTENCIA NOMINAL(KW)	TORQUE NOMINAL(N.M)	MAXIMA VELOCIDAD(R.P.M.)	MASA INERCIAL MOTOR(Kgm ²)
102/20 SL	120	100	20000	0,05
102/12 SL	120	255	12000	0,13
104/8 SL	120	509	8000	0,35
202/12 SL	220	525	12000	0,32
204/8 SL	220	934	8000	0,94
208/3,5 SL	220	1867	3500	3,3
302/10 SL	330	700	10000	0,53
304/8 SL	330	1400	8000	1,9
308/3,5 SL	330	2801	3500	6,4
402/10 SL	440	934	10000	0,69
404/8 SL	440	1867	8000	2,5
404/6 SL	440	2334	6000	3,5
404/4,2 SL	440	2801	4200	4,5
408/3,5 SL	440	3735	3500	10,6
504/4,6 SF	500	3700	4600	7,7
604/5,5 SO	660	3500	5500	7,2
604/3,5 IO	660	4400	3500	10,7

Fuente: Tomado de www.avl.com

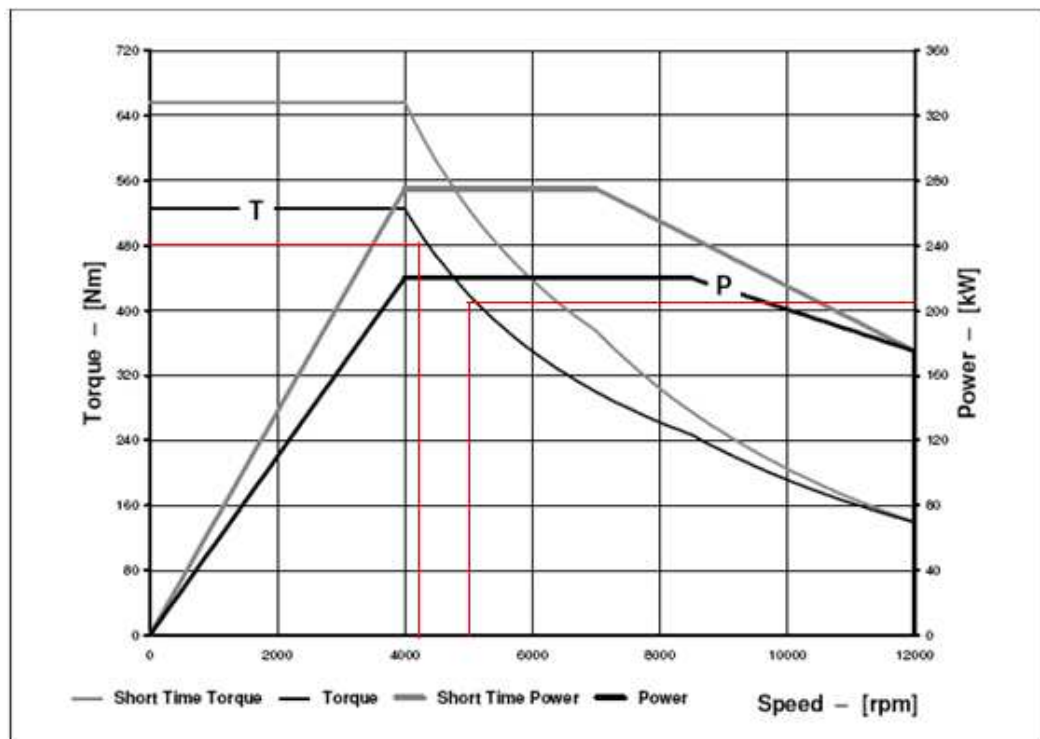
Se tendrán en cuenta los requerimientos de la celda de ensayos MICH No 1, para realizar la selección del dinamómetro respectivo. Esto plantea que el equipo debe ser capaz de medir potencias de hasta 190 KW, Par de 500 N.M. y velocidades de 10000 RPM. Debe tenerse en cuenta que la potencia

y el par no se produzcan a esas velocidades, por lo general ocurren a valores mucho más bajos. Lo que se pretende con ese rango de velocidad es analizar procesos más críticos a esos regímenes, tales como la renovación de carga de aire. De la tabla 5, se escoge el **Dynoroad 202/12 SL**.

Para argumentar mejor la selección del equipo, se seleccionará un modelo específico de vehículo que llevaría el banco a su límite, con potencia igual o muy cercana a la máxima de la celda. Para ello, se toma la Durango Limited 4 x 2 de Dodge con una potencia 210 kW a 5200 RPM y Par de 480 N.M a 4200 RPM.

A continuación se presenta la carta de operación de esta máquina, la cual nos permitirá saber si es posible analizar un motor con el dinamómetro seleccionado.

Figura 15. Carta de operación Dynoroad 202/12 SL



Fuente: Tomado de www.avl.com

La figura 15 muestra que la maquina responde a los requerimientos de potencia, torque y velocidad impuestos. Tengase en cuenta que el vehiculo elegido para el análisis es el más potente de su clase, con lo cual se garantiza el rango de operación proyectado. Para las demas celdas se procede de igual manera, generandose los siguientes resultados:

a) Selección para la celda de pruebas MICH No 1.

Se escogio una celda de pruebas para MICH de potencia máxima 250 HP (186.5 KW), par de 500 N.M (368 lb-ft) y velocidad máxima de 10000 r.p.m. Con base a la tabla 5 se selecciona el modelo **Dynoroad 202/12 SL**.

b) Selección para la celda de pruebas MICH No 2.

Este modulo de pruebas de MICH permite una potencia máxima 450 HP (335 KW), par de 732 N.M (540 lb-ft) y velocidad máxima de 10000 r.p.m. Entonces de la tabla 5 se escoge el modelo **Dynoroad 402/10 SL**.

c) Selección para la celda de pruebas MIC No.1

Esta celda de pruebas para motores Diesel maneja una potencia máxima 250 HP (186.5 KW), par de 1355 N.M (1000 lb-ft) y velocidad máxima de 3500 r.p.m. La tabla 5 indica que el modelo **Dynoroad 208/3.5 SL** es el apropiado.

d) Selección para la celda de pruebas MIC No. 2

Para esta propuesta el dinamómetro maneja una potencia máxima de 540 HP (400 KW), par de 3390 N.M (2500 lb-ft) y velocidad máxima de 4000 r.p.m. De la misma manera la tabla recomienda el modelo **Dynoroad 504/4.6 SF**.

e) Selección para cámara semianecoica No.1

La cámara semianecoica presenta límites de operación de potencia, par y velocidad iguales a la de la celda MICH No 2, por lo cual su equipo será

idéntico al de dicha celda con la particularidad que su eje de transmisión es mas largo y con ciertas características especiales.

f) Selección para cámara semianecoica No. 2

Esta cámara presenta capacidades de operación idénticas a las de la celda MIC No 2, por lo cual e igual que en el caso anterior, su equipo será igual al seleccionado para ésta. La apariencia de los dinamómetros seleccionados, es en general, la misma, ésta se muestra en la figura 16. La figura 17 ilustra el respectivo eje de transmisión.

Figura 16. Dinamómetro A.C de AVL



Figura 17. Eje transmisor



Fuente: Tomado de www.avl.com

g) Selección de los dinamómetros de chasis para salas de diagnóstico y desempeño.

Todos los dinamómetros de chasis deben tener la capacidad de realizar pruebas de desempeño y valoración de motores, así como también, de realizar los ciclos de prueba para el análisis de los gases de escape aprobados internacionalmente, tales como los recomendados por los estándares ECE/ EUDC en Europa y FTP/SFTP en Estados Unidos entre otros.

Para las motocicletas y ciclomotores el dinamómetro deberá poder soportar una carga en el eje de hasta 400 kg, y una potencia de 80 HP. El modelo

AVL 20" Zoll Motorcycle and Three Wheeler Chassis Dynamometer cumple con nuestros requerimientos. En la figura 18 se muestra una imagen del dinamómetro seleccionado.

Figura 18. AVL 20" Zoll Motorcycle Chassis Dynamometer



Fuente: Catalogo Dynamometer Chassis AVL

Para automóviles, camionetas y livianos en general con tracción delantera, trasera o 4x4 (vehículos de hasta 4000 kg y 250 HP), utilizaremos el **AVL 48" Zoll Compact 4WD Chassis Dynamometers for Passenger Cars and MD Vehicles.**

Este dinamómetro se puede apreciar en la figura 19.

En el caso de buses, camiones y tractocamiones, en donde es necesario que el dinamómetro soporte una carga de al menos 15000 kg y una potencia al freno de 600 HP, además de tener la capacidad de analizar vehículos 6x4 (tractocamiones). AVL no tiene una opción satisfactoria, por esta razón escogemos un producto de otro fabricante. El dinamómetro de chasis modelo **VLT 248950** de **Van Leeuwen Test Systems B.V.** de Holanda, cumple satisfactoriamente con nuestras necesidades. El dinamómetro se aprecia en la figura 20.

Figura 19. AVL 48" Zoll Compact 4WD Chassis Dynamometers



Fuente: Catalogo Dynamometer Chassis AVL

Figura 20. Dinamómetro de rodillos modelo VLT 248950



Fuente: Catalogo Van Leeuwen Test Systems B. V.

Cabe resaltar que todos estos sistemas vienen con sus equipos auxiliares (gabinetes de control y poder, computador de interface, software, dispositivos de calibración, sistemas de automatización, cables de conexión, ventilador de gran flujo, etc.). A continuación se muestran las principales características de los sistemas anteriores, véanse las figuras 21 y 22.

Figura 21. Características principales de los dinamómetros de chasis para motocicletas y vehículos livianos.

Type	20" Motorcycle	48" Compact	48" Compact
Application	Exhaust emission analysis	Exhaust emission analysis and performance tests	Exhaust emission analysis and performance tests
Vehicle type	Motorcycles	Cars and optional motorcycles	Cars and light commercial vehicles
Dynamometer	AC-drive	AC-drive	AC-drive
Roller diameter	508 mm	1220 mm	1220 mm
Track size	300 mm	2300 mm	2743 mm
Min. simulation mass	100 kg	454 kg optional 150 kg	454 kg
Max. simulation mass	450 kg	2722 kg	5400 kg
Max. axle load	450 kg	4500 kg	4500 kg
Max. dyno power	65,5 kW	258 kW	258 kW

Fuente: Tomado de la página www.avl.com

Figura 22. Características principales del dinamómetro de chasis para vehículos pesados.

Modelo	VLT 038950	VLT 068950	VLT 148950	VLT 248950
Carga máxima de eje en test	3000 kg / 6600 lbs	6000 kg / 13200 lbs	14000 kg / 30800 lbs	24000 kg / 52800 lbs
Velocidad máxima en el eje de carga	150 km/h a 3 t	150 km/h a 6 t	100 km/h a 14 t	90 km/h a 24 t
Velocidad máxima en el eje de carga	175 km/h a 2 t	175 km/h a 3 t	120 km/h a 10 t	100 km/h a 14 t
Velocidad máxima en el eje de carga	200 km/h a 1 t	200 km/h a 2 t	160 km/h a 6 t	160 km/h a 6 t
Número de rodillos	cuatro (4)	cuatro (4)	cuatro (4)	seis (6)
Diámetro x longitud del rodillo	320 x 700 mm	400 x 900 mm	400 x 1100 mm	400 x 1100 mm
Capacidad de elevación del eje del vehículo	4000 kg	7000 kg	16000 kg	16000 kg **
Medidas de los rodillos interiores / exteriores	800 / 2200 mm	700 / 2500 mm	800 / 3000 mm	800 / 3000 mm
Distancia de los rodillos de centro a centro	500 mm	550 mm	630 mm	630 mm
Número de frenos de corriente	un (1)	un (1)	dos (2)	tres (3)
Máxima potencia de freno	300 kW / 400 hp	300 kW / 400 hp	600 kW / 800 hp	750 kW / 1000 hp
Número de frenos de disco de mantenimiento / divergencia	cuatro (4)	cuatro (4)	seis (6)	ocho (8)
Bomba hidráulica para elevar y mantener los frenos	1.5 kW - trifase	3 kW - trifase	3 kW - trifase	3 kW - trifase
Rodillos regulables del doble eje trasero para distancia entre ejes	no disponible	no disponible	no disponible	1150 - 1550 mm
Ventilador de refrigeración auxiliar 380/400 voltios trifase	ø500 mm - 0.5 kW *	ø630 mm - 0.5 kW *	ø630 mm - 0.5 kW *	ø630 mm - 0.5 kW *
Note * doble velocidad ** segundo eje no necesita elevador.				
Estructura auxiliar opcional para montar en suelo de cemento	VLT 03806/T2	VLT 06806/T2	VLT 14806/T2	VLT 24806/T2
Estas estructuras auxiliares se proporcionan con dispositivos de bloqueo para mantener el vehículo durante la prueba, pregunte los detalles.				

Fuente: Tomado de la página www.vltest.com

h) Selección para la celda de pruebas destinada a motores de 2 tiempos

Para esta celda el fabricante AVL ofrece un banco modular con todos los elementos necesarios para hacer las pruebas. Es decir, se trata de un equipo completo y compacto a escala pequeña que solo necesita un lugar para ser instalado. Tal equipo se denomina **AVL 570 Single Cylinder Compact Test Bed** con el equipo **AVL 577 oil and water Conditioning Unit**, véase la figura 23. Sus características más importantes son: permite ensayos de un gran rango de tamaños de motores (de 4 y 2 tiempos) monocilindricos y pequeños motores multicilindricos, sistema de soportes antivibracion, solo requiere agua de enfriamiento y suministro eléctrico para su operación, puede medir un torque máximo de 120 N.M de 0 a 3000 RPM, al igual que una potencia de 38 KW de 3000 a 7000 RPM. Su peso es de 3400 Kg.

Figura 23. AVL 570 Single Cylinder Compact Test Bed



Fuente: Tomado de www.avl.com

En las celdas para el estudio de grupos electrógenos no se requieren dinamómetros ya que la finalidad de estas es analizar el funcionamiento del motor de combustión en función de los parámetros eléctricos dados por el generador el cual hace las veces de freno, aumentando o disminuyendo el par sobre el motor dependiendo de la carga eléctrica exigida.

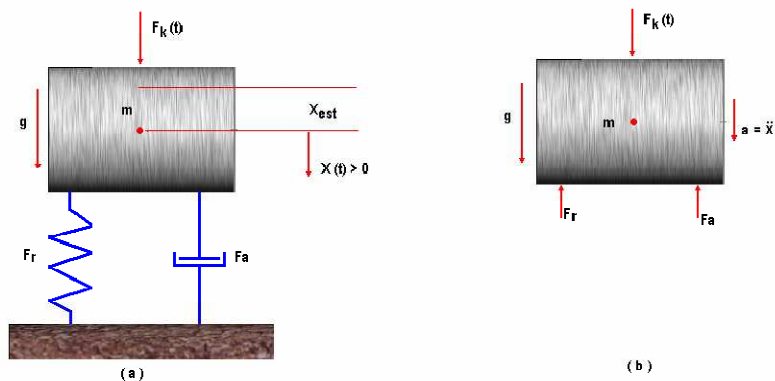
3.3 SISTEMA DE ANCLAJE MOTOR-DINAMÓMETRO

3.3.1 Consideraciones prácticas en la selección del anclaje. A la hora de escoger la estructura que mantendrá las vibraciones del equipo en niveles adecuados, es necesario hacer un breve análisis del problema para entenderlo y así poder hacer la elección más idónea. En esta situación se realiza un tratamiento simple con oscilaciones solo en la dirección vertical, con lo cual se obtienen resultados satisfactorios; sin embargo existen casos que requieren un tratamiento más detallado y esta simplificación no es viable.

Téngase en cuenta las siguientes variables:

- m : masa del sistema [Kg]
- k : constante de rigidez del resorte [N.m⁻¹]
- c : constante de amortiguamiento [N. s. m⁻¹]
- $F_k(t)$: fuerza alternativa de inercia [N]
- F_r y F_a : fuerza del resorte y del amortiguador respectivamente [N]
- x : desplazamiento del centro de gravedad respecto a la posición de equilibrio estático [m]
- x_{est} : deformación en la condición de equilibrio estático

Figura 24. Sistema equivalente al anclaje del motor



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 70.

Si realizamos sumatoria de fuerzas en la dirección vertical según la segunda ley de Newton obtenemos la ecuación diferencial que define el movimiento de la masa:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = f \cdot \text{sen} \omega t$$

La solución para estado estable es:

$$x = \frac{f/k}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_o^2}\right)^2 + \frac{\omega^2 c^2}{m^2 \omega_o^4}}} \text{sen}(\omega t - A)$$

Donde c es el coeficiente de amortiguación. Si se define la relación adimensional de amortiguamiento como $C^2 = c^2 / 4mk$, la ecuación se puede escribir como:

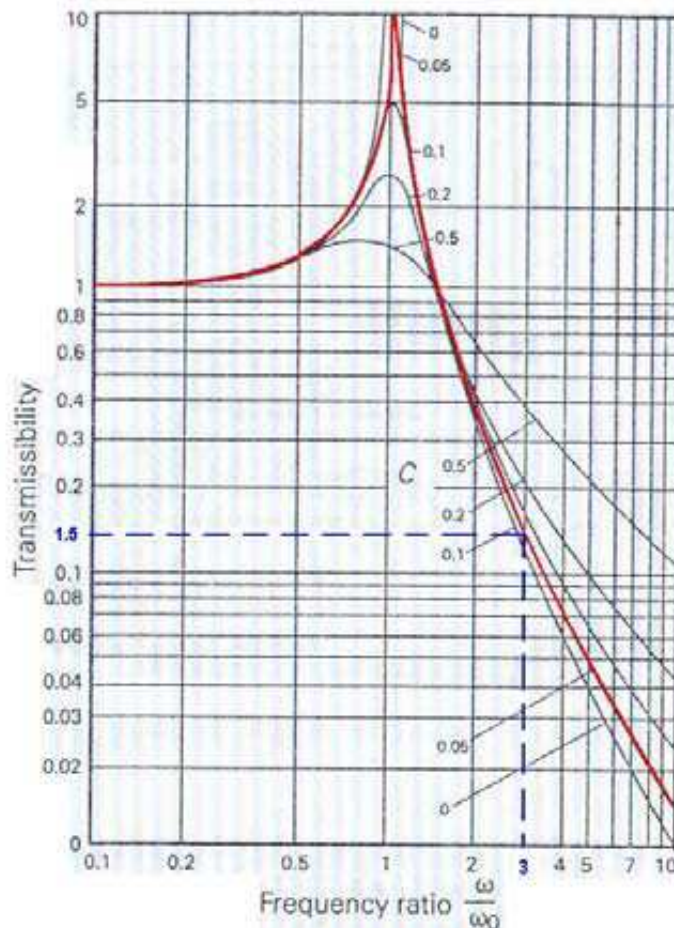
$$x = \frac{f/k}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_o^2}\right)^2 + 4C^2 \frac{\omega^2}{\omega_o^4}}} \text{sen}(\omega t - A)$$

La amplitud de la oscilación esta dada por la primera parte de esta expresión, la cual es graficada en la figura 25 junto con la curva de condición no amortiguada, con respecto al valor del coeficiente de transmisibilidad, que es la relación entre la fuerza transmitida al piso y la fuerza alternativa de inercia. Esta gráfica muestra el comportamiento de diferentes materiales usados como elemento amortiguador del sistema a diferentes frecuencias, de esta manera se ve que para un mismo valor de c , entre más valor de transmisibilidad mayor vibración. De esto es evidente que para el menor valor de ω/ω_o (criterio de diseño del sistema), se debe escoger el material de más bajo c . Una muy buena consideración práctica es diseñar el sistema tal que la mínima velocidad del motor (ω) no debe ser menor a tres veces la

frecuencia natural del sistema (w_0), correspondiendo a una transmisibilidad de alrededor de 0.15 (tomado de *Engine Testing, Theory and Practice*, página 72 y 73).

Con base a la recomendación hecha por Plint, $w/w_0= 3$, se concluye que a la hora de la selección se debe buscar que este cociente sea 3 o mayor. El valor w_0 es la frecuencia natural del equipo a seleccionar, que debe ser suministrado por el fabricante.

Figura 25. Relación entre transmisibilidad y frecuencia



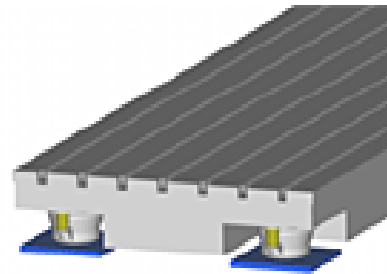
Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 72

3.3.2 Solución adoptada y equipo seleccionado. Se opta por el sistema de placa base y soportes debido a que es una solución simple y mucho más flexible en cuanto a montaje que las demás. El conjunto se selecciona de la empresa AVL. Sus características más relevantes son: baja frecuencia natural (3Hz aprox.), control de nivel vertical independiente, gran nivel de exactitud en los montajes (± 0.1 mm), dimensiones: L= 4500 mm, W=1500 mm, H=300 mm y máxima carga de 2850 kg. Con el w_0 del equipo y sabiendo que la velocidad de rotación mínima de un MCIA esta alrededor de las 840 RPM (14 Hz); se calcula $w/w_0 = 4.7$, lo cual nos indica que se hizo una correcta selección. Las figuras 26 y 27 nos muestran el sistema.

Figura 26. Soportes para el motor



Figura 27. Placa base



Fuente: Tomado de www.avl.com

Para las celdas semianecoicas se utiliza la misma solución, sin embargo, al estar el techo y las paredes cubierto de material acústico frágil, no se podrá utilizar el sistema de polipasto y viga. En estos casos se utiliza una pequeña grúa móvil que ingresa a la celda, hace el montaje y se retira.

3.4 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR

En el caso de las celdas de ensayos, el motor se encuentra estacionario y enclaustrado en un recinto cerrado, por lo tanto no hay la suficiente velocidad de transferencia de calor entre el aire y el sistema radiador - ventilador para que éste último cumpla satisfactoriamente con su tarea de mantener un

intervalo constante de temperatura en el agua de enfriamiento. De esta manera es necesario acudir a sistemas de enfriamiento alternos que garanticen la correcta operación del motor durante los ensayos o pruebas.

3.4.1 Características y tipos. Los circuitos de agua de enfriamiento en las celdas de ensayos pueden ser clasificados como sigue, desde el más simple al más complejo:

- Módulos de servicio y columnas de enfriamiento.
- Circuitos de agua de enfriamiento con motor y dinamómetro despresurizados (en este arreglo el agua de refrigeración del motor y dinamómetro es enfriada por un mismo equipo).
- Circuitos abiertos que incorporan módulos de servicio con intercambiadores de calor independientes, tanto para refrigerante de motores, como para el aceite lubricante de los mismos.
- Circuito múltiple presurizado, usando torres de enfriamiento separadas o intercambiadores de calor para el uso con dinamómetros de corrientes de Eddy o máquinas de corriente alterna o directa enfriadas por agua.

a) Columnas de enfriamiento y módulos de servicio

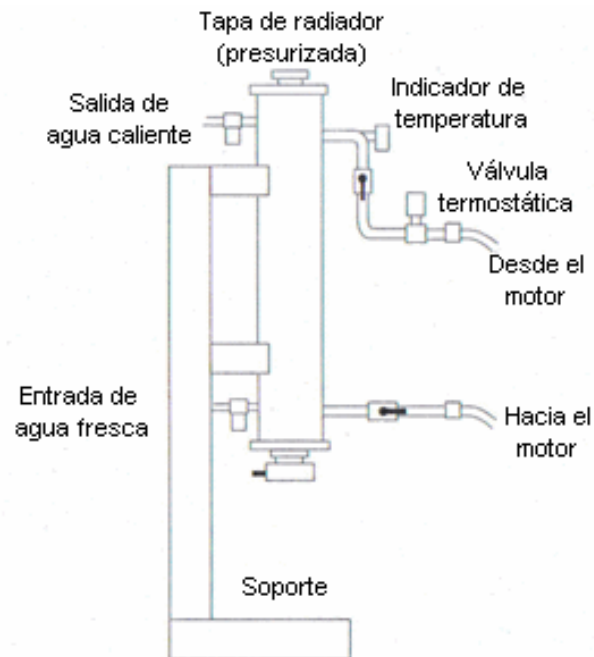
Si el motor no requiere un sistema de refrigeración especial, una solución simple y económica es una columna de enfriamiento, ver figura 28. Esta puede ser portátil y estar ubicada al lado del motor bajo prueba. Al alcanzar el motor su máxima temperatura, una válvula termostática se abre, permitiendo al agua fría entrar por el fondo de la columna y al agua caliente salir por la parte superior de la misma. La parte superior de la columna es sellada con una tapa estándar de radiador de automóvil para usar cuando el agua se empieza a rebosar.

b) Circuitos de agua de enfriamiento despresurizados o “abiertos”

En la figura 29, se muestra un sistema típico. Esta basado en un sumidero falso debajo del nivel del suelo y dividido en áreas frías y calientes por una

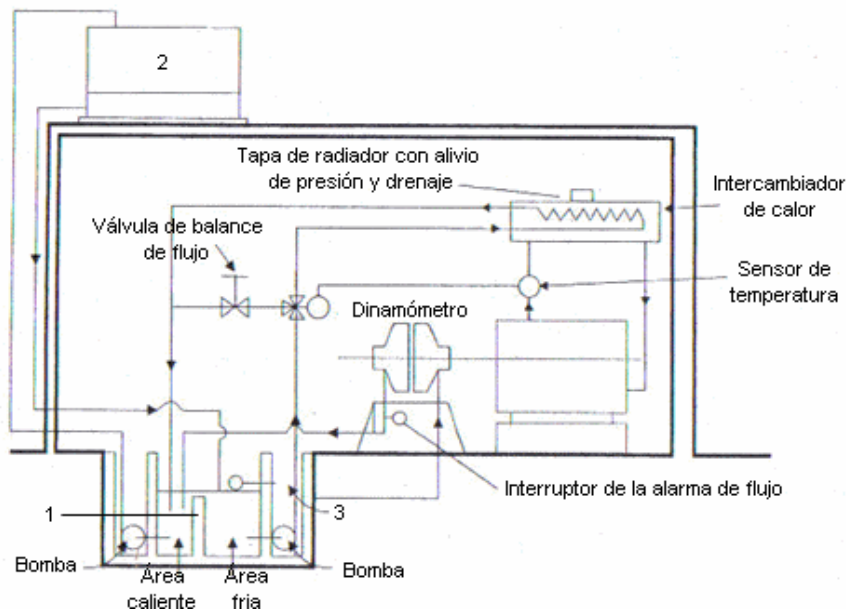
pared de partición (1). Debe haber una pequeña abertura en el fondo de la pared para propósitos de drenado y la parte superior debe quedar cerca de 50 mm debajo del nivel normal del agua. Una bomba saca agua del área bien caliente a través de una coladera y la descarga en un enfriador evaporativo externo (2). El agua enfriada retorna al área de agua bien fría. El agua para el enfriamiento del motor y dinamómetro es bombeada desde el área fría y drenada de regreso al área caliente. Hay una pérdida continua de agua debido a la evaporación y a pequeñas pérdidas en los drenajes mencionados anteriormente, su reposición es realizada por medio de una válvula flotación (3).

Figura 28. Columna de enfriamiento



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 103.

Figura 29. Circuito de agua de enfriamiento despresurizado.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 104.

c) Circuito abierto con intercambiadores de calor

La mayoría de las celdas de ensayos aíslan el circuito de agua de enfriamiento del motor del sistema de agua de enfriamiento general. Esto tiene las siguientes ventajas:

- Pueden ser usados refrigerantes especiales en el circuito del motor.
- Con un diseño y dimensionamiento correcto del sistema de enfriamiento secundario, se puede alcanzar un control de la temperatura del agua mucho mas preciso del que es posible lograr con un sistema abierto.
- Los circuitos secundarios para el control de la temperatura del aceite de lubricación, del combustible, etc. pueden funcionar a cualquier temperatura deseada.

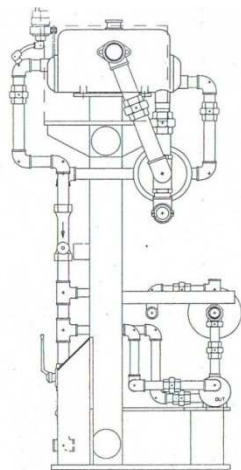
La figura 30 a) es una ilustración de un modulo típico de servicio que incorpora intercambiadores de calor para el agua de enfriamiento y el aceite

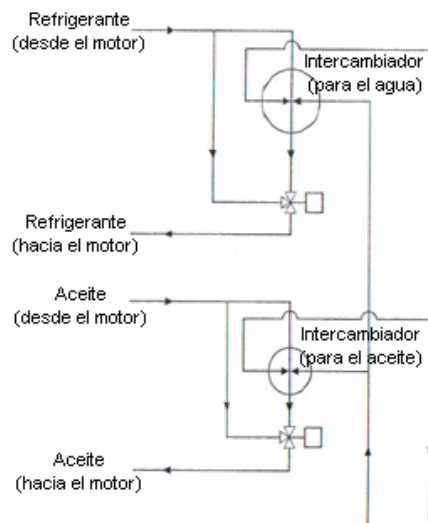
de lubricación, mientras que la figura 30 b) muestra un esquema simplificado del circuito. La combinación de tanque superior e intercambiador de calor es una característica particularmente útil. Este tiene una tapa y una válvula de alivio, y actúan en todo sentido como el equivalente de un radiador de motor convencional, lo que asegura que se mantenga la presión correcta. Si un motor se prueba sin su propia bomba de enfriamiento, el módulo debe ser acoplado a una bomba de impulsión externa. Para facilidad en el mantenimiento, deberá ser posible retirar el conjunto de tubos del intercambiador sin tener que desmantelar todo el sistema.

d) Circuitos múltiples de agua de enfriamiento presurizados

Mientras que todo dinamómetro hidráulico debe operar con una descarga libre de agua de enfriamiento, los dinamómetros de corrientes de Eddy deben ser usados con un sistema de enfriamiento presurizado cerrado. El diseño en tales sistemas es un área para especialistas. La especificación debe asegurar un flujo constante al dinamómetro a pesar de las variaciones en la carga térmica. El agua de enfriamiento debe ser tratada para evitar el taponamiento de los canales internos de la máquina.

Figura 30. Circuito abierto con intercambiadores de calor.





(a)

(b)

Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 105 y 106

3.4.2 Velocidades de flujo en los sistemas de enfriamiento de agua.

Para evitar la posibilidad de cavitación, la máxima velocidad del agua en un sistema de suministro no debe exceder los 3 m/s, pero no debe ser menor de 1.5 m/s, esto garantiza el arrastre hacia fuera de sedimentos depositados. Las velocidades en los drenajes por gravedad no deben exceder los 0.6 m/s. Es una buena práctica mantener las tuberías de los circuitos tan rectas como sea posible, además de usar curvaturas antes que codos.

3.4.3 Solución adoptada y equipo seleccionado.

Para los sistemas de refrigeración de los motores en las celdas de ensayo, se proyecta usar un circuito del tipo *abierto con intercambiadores de calor*; pero no como la unidad compacta que nos ilustra la figura 30 a), sino utilizando unidades tanto para aceite como para agua, independientes, con provisión de agua externa que se refrigera por una gran torre de enfriamiento común para todo el complejo. Lo anterior porque estos módulos nos brindan mucha mayor

flexibilidad a la hora del montaje y uso. AVL ofrece unidades separadas para tal fin, en módulos compactos que los hacen muy funcionales y prácticos.

Para el acondicionamiento del refrigerante del motor (agua) y del aceite, el fabricante presenta los modelos **ConsysCool 553** y **ConsysLube 554**, agua y aceite respectivamente. Antes de proceder a realizar cualquier selección, se debe realizar un pequeño cálculo de diseño térmico para las condiciones dadas, que nos ayudará a elegir la alternativa más adecuada.

Michael Plint y Anthony Martyr recomiendan en su libro "**Engine Testing, Theory**

and practice" que una buena aproximación es considerar un incremento de la temperatura del agua de enfriamiento al pasar por las camisas del motor de 10°C;

la temperatura de funcionamiento promedio de un motor de combustión interna es

de 85°C (358 K). Con base en los datos anteriores, tenemos:

1. Datos fluido por el casco (agua caliente del motor):

Temperatura de entrada: $t_{ec} := 365 \text{ K}$

Temperatura de salida: $t_{sc} := 355 \text{ K}$

Propiedades físicas del fluido: $\rho = 997.01$; $C_p = 4.199 \text{ KJ/kg.K}$

2. Datos fluido por los tubos (agua fría):

Temperatura de entrada: $t_{ef} := 296 \text{ K}$

Temperatura de salida: $t_{sf} := 310 \text{ K}$

Propiedades físicas del fluido: $\rho = 997.01 \text{ Kg/m}^3$; $C_p = 4.179 \text{ KJ/Kg K}$

3. Condiciones requeridas:

Se toma como potencia de diseño la correspondiente al motor de mayor tamaño. El intercambiador de calor para agua de enfriamiento se diseñará considerando la instalación de un motor a DIESEL de 540 HP (400 kW).

La potencia transformada en calor que debe ser transferida al fluido de enfriamiento es teóricamente considerada del 33 por 100 de la potencia desarrollada por el motor; por condiciones de seguridad se adoptara que por cada unidad de potencia desarrollada por el motor, el agua de enfriamiento debe absorber 0.5 unidades de calor. El calor transportado al agua de enfriamiento por el motor será:

$$Q = (0.5) (400) = 200 \text{ KW} = 2 \times 10^5 \text{ W}$$

4. Flujo másico y caudal necesario de fluido caliente:

$$m = \frac{Q}{(T_e - T_s)C_p}; m = 4.76 \text{ Kg/s}; \text{Flujo} = 4.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

5. Flujo másico y caudal necesario de fluido frio:

$$m = \frac{Q}{(T_e - T_s)C_p}; m = 3.41 \text{ Kg/s}; \text{Flujo} = 3.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Con base a la información anterior, de la serie ConsysCool 553, se escoge el modelo ConsysCool 553-350; esto debido a que sus características satisfacen todos nuestros requerimientos: capacidad de enfriamiento (350 KW), rango de temperatura de operación (10 – 140 °C), máximo flujo de agua caliente de ingreso ($5.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$) y máxima temperatura de agua de la red para enfriar de 30°C.

Para la selección de las demás unidades de este tipo, se procedió de forma semejante. El grueso de equipos seleccionados se presenta a continuación.

1) Para la celda de ensayos de MICH con potencia máxima de 250 HP:

- **ConsysCool 553-200 y ConsysLube 554-200**

2) Para la celda de ensayos de MICH con potencia máxima de 450 HP.

- **ConsysCool 553-350 y ConsysLube 554-400**

3) Para la celda de ensayos de MIC con potencia máxima de 250 HP.

- **ConsysCool 553-200 y ConsysLube 554-200**

4) Para la celda de ensayos de MIC con potencia máxima de 540 HP.

- **ConsysCool 553-350 y ConsysLube 554-400**

5) Para la celda semianecoica de MICH con potencia máxima de 450 HP.

- **ConsysCool 553-350 y ConsysLube 554-400**

6) Para la celda semianecoica de MIC con potencia máxima de 540 HP.

- **ConsysCool 553-350 y ConsysLube 554-400**

La apariencia de las unidades se ve en las figuras 31 y 32.

Figura 31. Modelo ConsysCool 553-200



Figura 32. Modelo ConsysLube 554-200



Fuente: Tomado de la página www.avl.com

3.5 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN

La influencia de las condiciones del aire para la combustión (presión, temperatura, humedad y pureza) en el funcionamiento de los motores, es tal que pequeñas variaciones en éstos parámetros pueden tener un muy 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 prácticas Europea y Americana). En la práctica, existe una compensación 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 combustión sea suministrado a condiciones constantes y controlables.

3.5.1 Generalidades. El método más simple y ampliamente usado de suministro de aire para la combustión, es el de permitir al motor tomar el aire directamente de el ambiente de la celda de ensayos. Esto tiene la gran ventaja de que los equipos de filtración y conducción del aire son los mismos del motor.

La mayor desventaja de extraer el aire del interior de la celda radica en las incontrolables variaciones en temperatura y calidad de este, que surgen debido a las corrientes de aire y otras perturbaciones presentes. Esto además, puede generar contaminación con gases, ya sean del escape del mismo motor o de otro tipo, como por ejemplo, los provenientes de chimeneas de fábricas cercanas. Estas desventajas se superan comúnmente mediante una provisión de aire atmosférico externo a la celda, el cual ingresa al sistema de admisión a través de un ducto que termina en forma de cono.

El consumo de aire del motor varía proporcionalmente con su velocidad, por lo que es necesario que un sistema de suministro de aire deba responder adecuadamente a ello, es esencial que dicho sistema no imponga cambios de presión en el aire de ingreso. Las pulsaciones de presión en el interior de los ductos también pueden generar perturbaciones serias.

Por último, en todo sistema diseñado para conducir aire acondicionado, dentro de la celda, se debe considerar el peligro de formación de condensado en el sistema durante los periodos de inactividad.

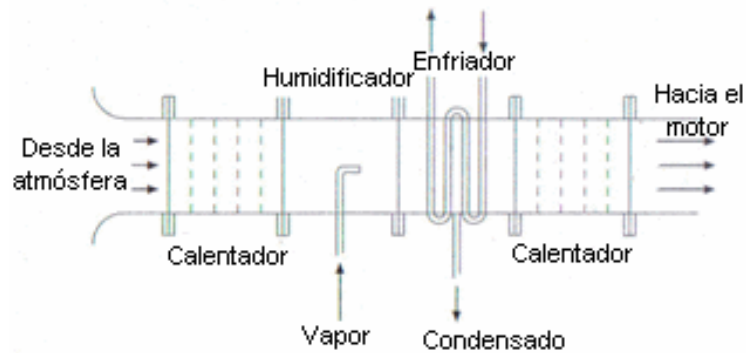
3.5.2 Condiciones del aire para la combustión. En muchos trabajos de I+D en motores, es inaceptable ignorar las condiciones atmosféricas del aire, o incluso monitorearlas para luego aplicar factores de corrección. Por ejemplo, en las pruebas en las que se investigan y evalúan muy pequeñas diferencias o mejoramientos en el rendimiento del motor, la humedad del aire para la combustión es un factor de gran importancia, como también lo es en el caso de las evaluaciones de emisiones y en trabajos que involucran el estudio de corrosión y condensación.

Los sistemas en los cuales se controla la temperatura y la humedad del aire, 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.

A continuación se listan los principales componentes que debe tener un sistema completo de acondicionamiento de aire para la combustión, véase la figura 33.

- Toma de aire de boca acampanada con rejilla.
- Un calentador, ya sea eléctrico o con agua caliente.
- Humidificador, comprende un generador de vapor y el inyector.
- Unidad de refrigeración, mediante un suministro de agua helada.
- Calentador secundario.
- Ventilador.

Figura 33. Características de un ducto de acondicionamiento de aire



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. England 1995. p 111.

Es necesario incluir dos elementos calentadores, uno antes y otro después del humidificador. El primero es necesario cuando se requiere humidificar aire seco frío, puesto que si el vapor es inyectado en el aire frío, éste se sobresaturará. Por otra parte, con el fin de secar aire húmedo a un grado deseado, hay que enfriarlo hasta una temperatura más baja que la temperatura final deseada y luego recalentarlo aguas abajo del enfriador.

Cabe anotar que en el caso de grandes motores y turbinas de gas, los requerimientos energéticos para un sistema de acondicionamiento de aire, sobre todo para el enfriamiento, son bastantes importantes, por esta razón en muchos de estos casos no es realmente práctico implementar un sistema de este tipo y se deberá confiar en los factores de corrección.

3.5.3 Suministro de aire para la combustión centralizado. Las unidades centralizadas de acondicionamiento de aire para la combustión pueden ser diseñadas para suministrar aire a condiciones estándar a cierto número de celdas, esto a menudo resulta una solución efectiva a bajo costo. Sin embargo, si el rango de condiciones que se debe proveer no es el adecuado

para algunas celdas, será necesario el uso de unidades individuales de acondicionamiento.

3.5.4 Solución adoptada y equipo seleccionado. En este caso se seleccionó el método en el cual se toma aire a través de un ducto desde el exterior de la celda de ensayos, y luego se acondiciona antes de ingresarlo al motor. Con esto se evita el tener que tratar con las variaciones de temperatura del aire interior y la contaminación con gases de escape. Para acondicionamiento de aire de admisión de este tipo, AVL también ofrece equipos. Se trata de la línea ConsysAir, que presenta unidades compactas y modulares muy prácticas. Antes de realizar la selección, se hará un estimativo de la rata de flujo másico de aire, necesario para el correcto funcionamiento de un motor dado. Luego este valor será comparado con los rangos de flujo másico que ofrecen los equipos; esto garantiza una correcta selección de las unidades.

Tómese de referencia el motor de más capacidad en la celda MIC 1, cuyas características: 250 HP de potencia, 3500 RPM máximas, turbocargado y cilindrada de 7.2 litros serán tenidas en cuenta en el cálculo. El flujo másico de aire de un motor puede ser calculado de:

$m = (\eta_v \rho_i V_s N) / (n_s 60)$ [Kg/s]; donde:

ρ_i = Densidad de entrada (Kg/m³)

η_v = Eficiencia volumétrica basada en condiciones a la entrada del manifold

V_s = Cilindrada

N = Velocidad del motor

n_s = Costante ($n_s= 1$ para motores 2 tiempos; $n_s= 2$ para motores 4 tiempos).

Para el caso que se analiza:

$\rho_i = 1.2$ Kg/m³, $\eta_v = 2.5$ (Tomado de Engine Testing, pagina 193), $V_s = 0.0072$ m³,

$N = 3500$ RPM y $n_s = 2$. Reemplazando se tiene:

$$m = (\eta_v \rho_i V_s N) / (n_s 60) = (2.5)(1.2)(0.0072)(3500) / (2)(60) = 0.63 \text{ m}^3/\text{s} = 2268 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Con base a este dato, se selecciona la unidad ConsysAir requerida. El modelo que se necesita es el **ConsysAir 2400**, cuyas características más relevantes son: rango de temperatura ajustable (15-30 °C) y flujo másico máximo de 2400 m³/h.

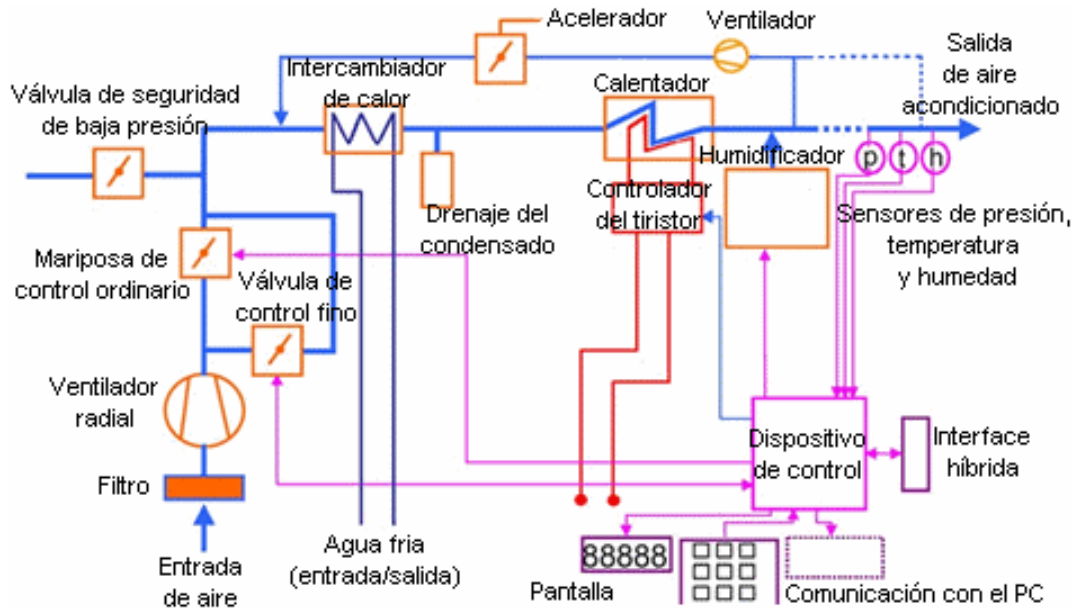
Para la selección de las demás unidades del mismo tipo, se procede de igual manera. Los equipos para cada celda serán:

- 1) Para la celda de ensayos de MICH con potencia máxima de 250 HP:
- **ConsysAir 1600**
- 2) Para la celda de ensayos de MICH con potencia máxima de 450 HP:
- **ConsysAir 2400**
- 3) Para la celda de ensayos de MIC con potencia máxima de 250 HP:
- **ConsysAir 1600**
- 4) Para la celda de ensayos de MIC con potencia máxima de 540 HP:
- **ConsysAir 2400**

La figura 34 muestra como opera la unidad y la figura 35, la apariencia del equipo.

Las celdas semianecoicas, las de grupo electrógeno y las salas de diagnóstico y desempeño no requieren de estos equipos; en su lugar, se utilizan simples conexiones de toma de aire ambiental externo a los recintos. Esto debido a que sus pruebas persiguen analizar otros parámetros que no requieren de un control tan minucioso de las condiciones del aire; cosa que es fundamental en los trabajos de investigación y desarrollo.

Figura 34. Esquema de la unidad de acondicionamiento de aire (ConsysAir)



Fuente: Tomado de la página www.avl.com

Figura 35. Apariencia de la unidad ConsysAir.



Fuente: Tomado de la página www.avl.com

3.6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Es el conjunto de tanques de almacenamiento, tuberías, bombas y demás accesorios que hacen posible el control, monitoreo y transporte del combustible desde el punto de almacenaje hasta los lugares donde se le requiera.

3.6.1 Sistema de almacenamiento de combustible. El almacenamiento de combustibles, se lleva a cabo básicamente a través de tanques, cuya capacidad varia de acuerdo a la autonomía que se requiera, en este caso para motores estacionarios. Existen muchas alternativas para estos dispositivos en cuanto a: materiales, configuración, tamaño, instalación y fabricación. Los hay cilíndricos horizontales y verticales, hechos de acero con soldadura especial verificada por rayos x y de fibra de vidrio, externos y soterrados y para uno o varios tipos de combustible.

Esta es un área sujeta a gran regulación gubernamental, tanto a nivel nacional e internacional, no obstante se puede decir que la figura 36, muestra un arreglo típico de un tanque de almacenamiento de gasolina o aceite combustible.

Figura 36. Tanque de combustible típico.



Fuente: Tomado de www.viarural.com.ar

3.6.2 Líneas de combustible subterráneas. El uso de tubería estándar de acero (no galvanizada) para líneas de combustible es una muy buena solución. El uso de conexiones roscadas no es recomendado, aunque en ciertas instalaciones se utilizan con gran precaución y con modernos sellantes. Estos son de gran utilidad donde el movimiento de la tubería es

significativo, particularmente movimiento inducido térmicamente. El uso de alguna clase de “juntura” de fibra, debe ser absolutamente prohibida, ya que la contaminación por fibra es difícil limpiar.

Preferiblemente toda línea de combustibles y en especial las subterráneas, deben ser construidas con juntas y pestañas soldadas. Líneas externas de combustible deben ser revestidas con bandas repelentes de agua y tener puntos de calentamiento en caso de que las temperaturas en el lugar bajen a un nivel en que la parafinación del combustible pueda producirse.

3.6.3 Sistemas de suministro de combustible. Existen ciertos requerimientos especiales para el sistema de suministro de combustible en una prueba de motor. La provisión debe tener en cuenta el uso de un número de diferentes combustibles. El sistema de combustible en una celda de ensayos puede variar mucho en complejidad. Para una prueba ocasional, un simple tanque de combustible del tipo usado por motores fuera de borda, de capacidad de no más de 10 litros, puede ser que sea todo lo necesario. En algunos casos el sistema puede ser limitado a una simple línea de combustible conectada a la bomba de inyección; sin embargo una celda de ensayos de propósito especial puede requerir el suministro de diferentes combustibles, medición de consumo transitorio y control de temperatura.

El suministro de combustible a una celda puede ser provisto bajo cabeza estática por medio de un pequeño tanque (tanque de diario) o por sistema de alimentación de combustible presurizado de una central de combustible. Modernas prácticas de seguridad dictan que tanques de diario deben ser ubicados fuera de la celda y provistos con una válvula de descarga para operación en caso de incendio y un rebosadero y sistema de retorno.

La mínima cabeza estática es comúnmente alrededor de 4.5 m. Dado que los tanques, por lo general son expuestos a la intemperie de condiciones

ambientales, deben ser protegidos de soleado directo y, en el caso de combustible diesel, revestidos con aislantes o con puntos de calentamiento.

Para contar con un sistema seguro y funcional, su diseño deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cada línea de combustible que penetra en las paredes de la celda deberán estar provistas con una válvula operada por solenoide normalmente cerrada interconectada con ambas: el sistema de control de la celda y el circuito de protección de fuego.
- Puede ser necesario proveer diversos suministros de combustible separados a una celda; una típica provisión debería tener 4 líneas, para Diesel, biodiesel, gasolina y biogasolina. Una quinta provisión, muy importante en nuestros días, sería la de Gas Natural Vehicular (GNV). Cada línea tendrá un subsistema montaje-pared y válvula de aislamiento, que permitirá hacer uso del combustible cuando se le requiera.
- Entrada de aire y bloqueo por vapor pueden ser un problema en el sistema. Una válvula de eliminación de aire debería estar fijada en un punto alto en el sistema, con un desbloqueo respiradero externo a la celda.
- Máxima velocidad en la línea de combustible recomendada es de 0.2 m/s.

3.6.4 Medidores de consumo de combustible. Una parte importante en los sistemas de suministro de combustible son los sensores que monitorean el consumo del mismo. Existen diversos tipos, los cuales se mencionaran a continuación:

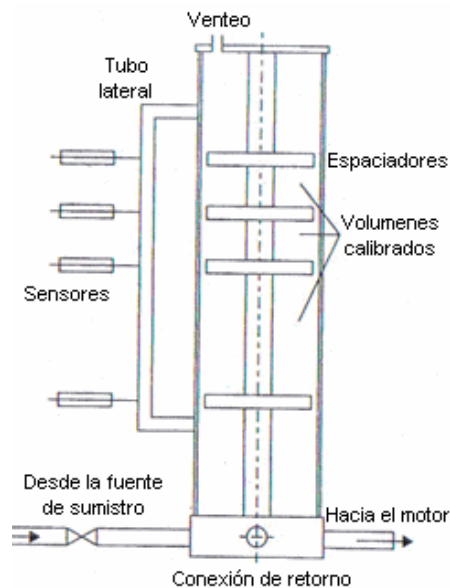
a) Medidores de flujo acumulativos

En el mercado hay diferentes tipos de medidores de combustible diseñados para la medición acumulativa. La figura 37 muestra un medidor volumétrico

en el cual un sistema óptico da una señal de tiempo precisa al inicio y final del volumen calibrado que haya sido seleccionado. Esta señal activa un contador, el cual da un valor preciso del número de revoluciones hechas por el motor durante el tiempo en que se consume el volumen de combustible medido.

Al mismo tiempo, con ayuda de un computador, se calcula el valor promedio del torque en el dinamómetro durante el ensayo. Según la experiencia, el periodo de consumo no debe ser menor de 30 segundos.

Figura 37. Medidor Volumétrico

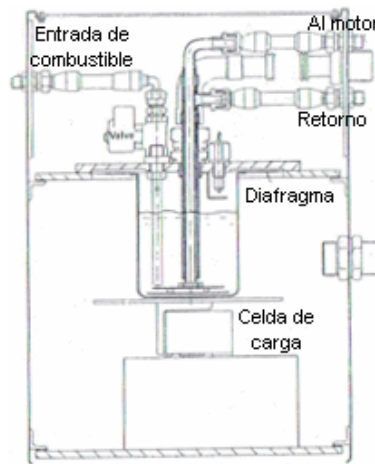


Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 171

En la figura 38 se muestra un medidor diseñado para medir la masa del combustible en vez de su volumen, consiste esencialmente de un vaso montado sobre una celda de carga, desde el cual el combustible es tomado por el motor. Las señales son procesadas de la misma forma que para el medidor volumétrico.

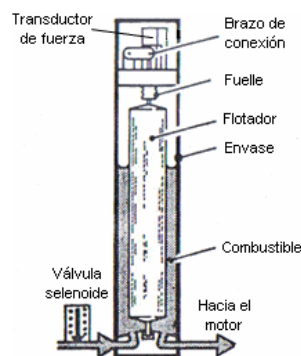
Un tipo adicional de medidor gravimétrico de combustible, ver figura 39, en el cual un flotador cilíndrico se suspende de un transductor de fuerza en un recipiente de la misma forma. El cambio en la fuerza de flotación, es entonces directamente proporcional al cambio de masa de combustible en el recipiente. Estos diseños de medidor tienen la ventaja particular de que son insensibles a la aceleración vertical, haciéndolos adecuados para usar en situaciones de movimiento.

Figura 38. Medidor de combustible de pesaje directo.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 172

Figura 39. Medidor de combustible gravimétrico.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 173.

Estos tipos de medidores gravimétricos tienen la ventaja sobre los de tipo volumétrico en que la masa medida puede ser escogida a voluntad, e igualmente el periodo de medición, independiente de la velocidad de consumo. El consumo específico de combustible es deducido directamente de la medición de solo tres cantidades: la masa del combustible consumido, las revoluciones del motor durante el ensayo y el torque medio. El poco numero de variables utilizada para la medición, hace que los medidores acumulativos sean los de mayor precisión; las mediciones de tasa incluyen cuatro o cinco, al igual que el caso de los medidores volumétricos.

b) Medidores de tasa

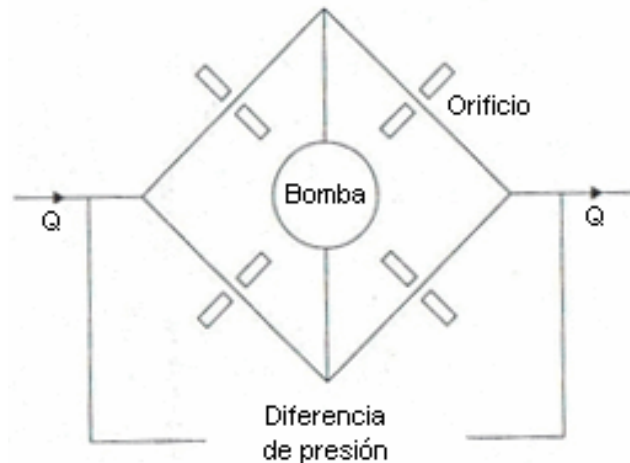
En el mercado hay gran variedad de diseños de medidores de tasa y escoger la unidad más adecuada para una aplicación dada no es fácil. Los siguientes factores necesitan ser tenidos en cuenta:

- volumétrico o gravimétrico
- nivel absoluto de precisión
- susceptibilidad a la temperatura y viscosidad del combustible
- diferencia de presión requerida para operar
- resistencia al desgaste y tolerancia a la suciedad
- lectura análoga o por conteo de impulsos
- conveniencia para uso estacionario o en vehículos.

Algunos diseños de medidores de combustible de desplazamiento positivo (volumétricos) hacen uso de un equipo de medición de cuatro pistones con cilindros dispuestos radialmente alrededor de un cigüeñal de tiro único. La rotación del cigüeñal es transmitida magnéticamente por un pulso de salida del transmisor de flujo, por lo que se puede indicar la cantidad acumulada de flujo y la velocidad instantánea de flujo. Una desventaja es la apreciable caída de presión requerida para mover la unidad de medición, ésta puede llegar a ser de aproximadamente 1 bar.

Un tipo de medidor conocido como “Flowtron” hace uso del principio del “puente de Wheatstone hidráulico”. En la figura 40 se muestra claramente que este dispositivo genera una señal para una diferencia de presión que es directamente proporcional a la velocidad del flujo másico. Sin embargo, este dispositivo es sensible a la viscosidad del combustible, puesto que el coeficiente de descarga de los orificios medidores es una función del Número de Reynolds.

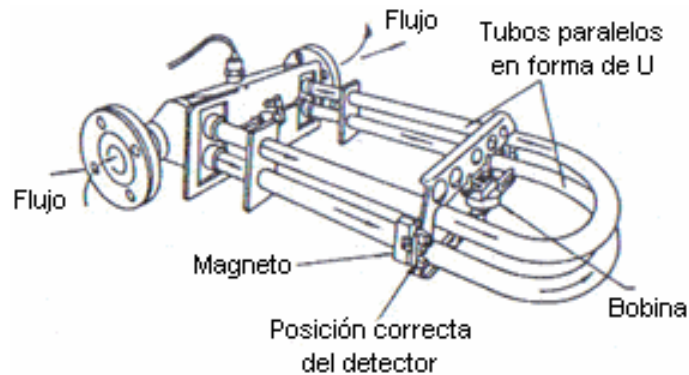
Figura 40. Medidor Flowtron.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 174.

Otros flujómetros de masa hacen uso del efecto Coriolis, en los cuales el combustible se hace pasar a través de un tubo vibrante en forma de U, ver figura 41. Estos flujómetros, recomendables para motores grandes, se caracterizan por tener un alto nivel de precisión y repetitividad, aunque se requiere cuidado en su instalación para evitar los efectos de la vibración externa.

Figura 41. Medidor de flujo por efecto Coriolis

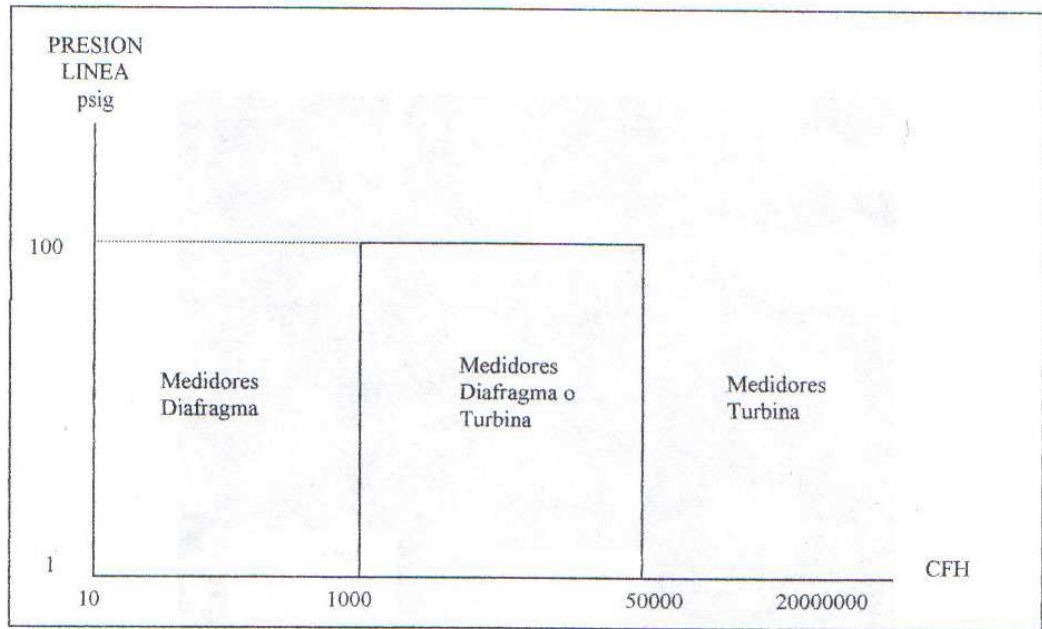


Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth Heinemann. London, England 1995. p 175.

Cuando no se requiera mucha exactitud, se pueden considerar los medidores de combustible que operan con el principio del “rotámetro”, en el cual un flotador cónico se mueve en un tubo vertical. Estos medidores solo pueden ser usados para aplicaciones estacionarias.

3.6.5 Medición del consumo de combustibles gaseosos. La medición del consumo de gases es un asunto más complejo que la medición de líquidos, dado que la densidad del gas es sensible tanto a la temperatura como a la presión, los cuales deben ser conocidos cuando el flujo es medido por unidad de volumen (como es usual en estos casos). También la diferencia de presión disponible para operar el medidor es limitada. Existen varios tipos de medidores en el mercado, sin embargo los mas usados son los de diafragma y turbina. La figura 42 indica los rangos de operación por capacidad y presión para cada tipo.

Figura 42. Mapa de medidores por capacidad y presión



Fuente: Tomado de Tesis: Conversión de un motor estacionario de gasolina a gas natural, prueba y evaluación. **Juan Carlos Villadiego Torres**. UIS, 2001. Página 115.

En el caso de los MCI que funcionen con éste combustible, ya sean estacionarios o de vehículos, la medición del consumo de gas natural comprimido (GNC) o gas licuado del petróleo (GLP) es un tema bastante complejo, ya que estos generalmente son almacenados en cilindros como un líquido bajo presión, luego reducidos de presión, vaporizados y calentados antes de alcanzar los cilindros del motor. El medidor de gas debe estar instalado en la línea entre el convertidor y el carburador (o sistema de admisión). Es esencial medir la temperatura del gas en este punto para lograr resultados precisos.

Dado que el medidor estará integrado al sistema GNV, a continuación se hace una breve explicación de los principales componentes con que debe contar un sistema de suministro de gas para un MCI.

a) Reductor de presión: Reduce la presión desde los 3000 psi en los cilindros de almacenamiento hasta aproximadamente 100 psi. Posteriormente, la presión es reducida entre 1.5 y 5 pulgadas de agua (0.05 – 0.2 psi aproximadamente) dependiendo de los requerimientos del motor. Tiene incorporado un circuito de calefacción para evitar el congelamiento del gas por la caída de presión que en él se lleva a cabo.

b) Controlador de la mezcla: Recibe la señal del sensor de oxígeno (sonda lambda) acerca del estado de la mezcla aire-combustible suministrada al motor y con base a ésta administra la válvula de control de flujo aumentando o restringiendo el paso de gas. Posee tres luces que indican el estado de la mezcla aire-gas.

- Roja: Mezcla pobre
- Amarilla: Mezcla estequiométrica
- Verde: Mezcla rica

c) Válvula de control de flujo: Controla el flujo de gas suministrado al motor por medio de la obstrucción proporcional respondiendo a las señales del controlador de mezcla. Esta ubicada entre el regulador de gas y el mezclador.

d) Sensor de oxígeno: Toma como señal de entrada la cantidad de oxígeno en los gases de escape, la velocidad del motor, la señal de presión del múltiple de admisión o la apertura de la mariposa de aceleración. Se instala en el múltiple de escape preferiblemente en el punto que los diseñadores de motores han destinado para este fin.

e) Mezclador: Se encarga de dosificar la cantidad de mezcla aire-gas que entra a la cámara de combustión de acuerdo a los diferentes requerimientos de potencia del motor.

f) Electroválvula de gasolina: Ubicada entre la bomba de gasolina y el carburador del motor. Se encarga de impedir el paso del combustible líquido

cuando el motor opera con gas natural. En los vehículos que operan con sistema de inyección de combustible, la electroválvula de gasolina es remplazada por un interruptor de 12 voltios que actúa directamente sobre la bomba eléctrica de combustible deteniendo su funcionamiento.

g) Electroválvula de gas: Dispositivo electromagnético, incorporado en el reductor de presión, que impide el paso de gas al detenerse el motor o cuando este funciona con gasolina.

h) Dispositivo electrónico de avance de chispa: Permite operar el motor con los adelantos de chispa requeridos para cada combustible. Existen diferencias dependiendo del tipo de encendido del motor

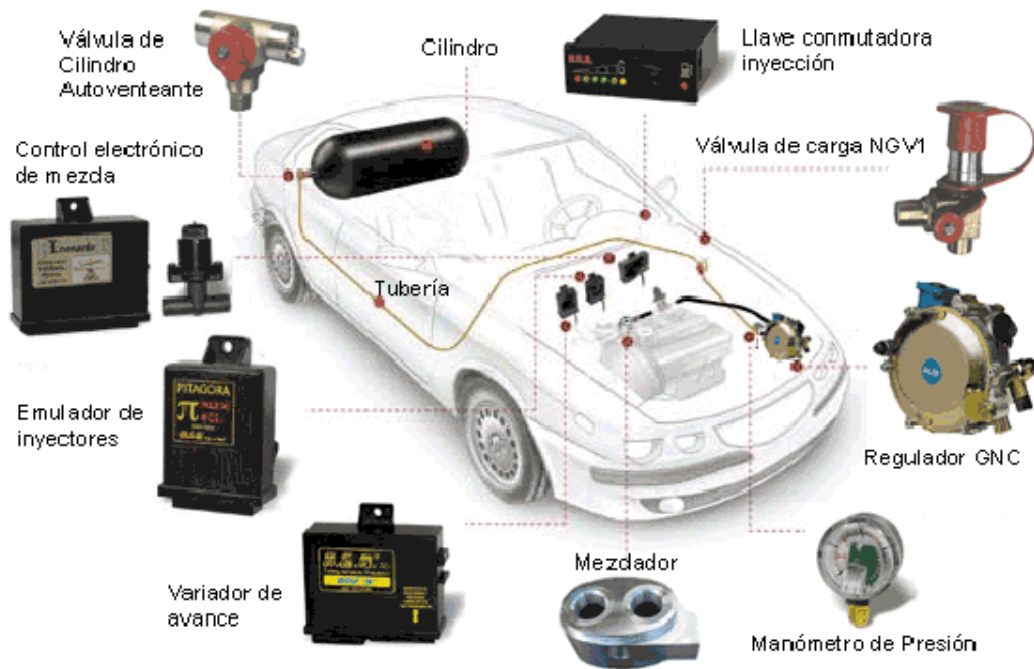
i) Conmutador gas-gasolina: Ubicado en la cabina del vehículo al alcance del conductor. Es un interruptor de tres posiciones con el cual el usuario selecciona el tipo de combustible a utilizar.

j) Emulador de inyectores: Dispositivo electrónico que corta el paso de corriente a los inyectores cuando el motor opera con gas, y los energiza cuando opera con gasolina. Utilizado en vehículos con inyección electrónica.

En la figura 43 se muestran todos los componentes antes mencionados.

La operación del sistema, ver figura 44, empieza con el suministro de gas que fluye desde la tubería de suministro de ½ pulgada de diámetro al regulador de presión pasando por la válvula de control de flujo y luego al mezclador.

Figura 43. Componentes del sistema de suministro de gas para un vehículo.

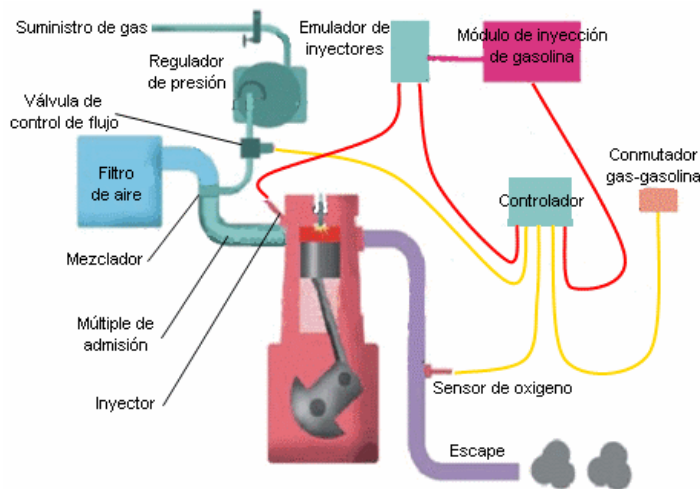


Fuente: Tomado de la página www.gastechcolombia.com

La cantidad de gas natural que llega al carburador a través del mezclador es controlada por la válvula de control y el controlador de mezcla, quien recibe las señales de la relación estequiométrica aire-gas dependiendo de las necesidades del motor. El gas pasa posteriormente al mezclador o dosificador de gas que se encuentra montado en la línea de aire de entrada al carburador del motor. Finalmente el gas pasa a través del carburador, el cual se encuentra libre de gasolina, para entrar al múltiple de admisión y luego a cada uno de los cilindros.

Si el vehículo es a inyección, se agrega al sistema el emulador de inyectores. Este, como se mencionaba anteriormente, desactiva los inyectores cuando se trabaja con gas. El ciclo de operación en este caso es el mismo.

Figura 44. Esquema del sistema de suministro de gas para un MCI.



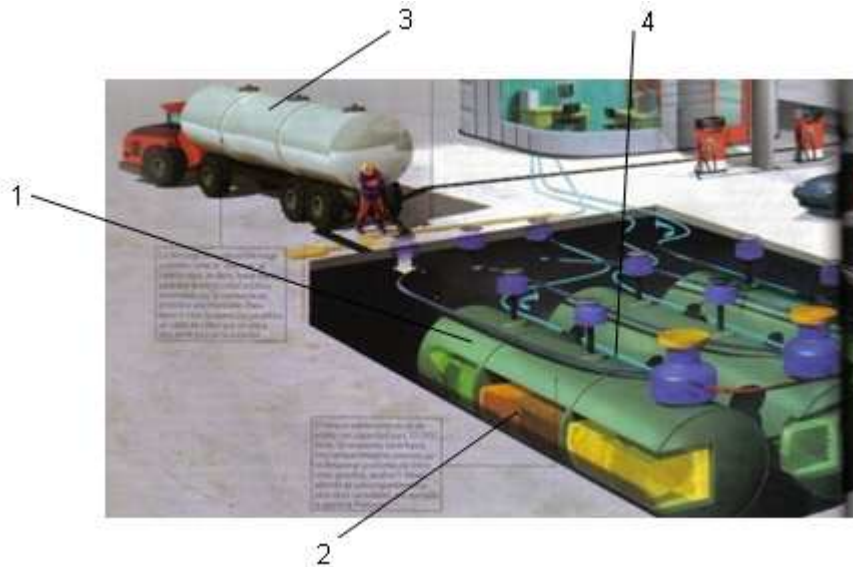
Fuente: Tomado de www.tencigas.com.br

Después de que la combustión se ha llevado a cabo en la cámara de combustión de los cilindros, los gases de escape son censados para medir el contenido de oxígeno sobrante o faltante en la mezcla que previamente se ha quemado. Esto se realiza con el propósito de que la válvula de control de flujo aumente o disminuya la entrada de gas al motor.

3.6.6 Solución adoptada y equipo seleccionado. El sistema de combustible diseñado está compuesto por un módulo para combustible líquido y otro para combustible gaseoso. El primero, véase figura 45, es un depósito subterráneo (1), conformado por un tanque cisterna dividido en tres compartimientos (2), iguales para almacenamiento de igual número de combustibles (Diesel, gasolina y un tipo de combustible alternativo). Éste será ubicado a una distancia prudente, tal que permita el cómodo abastecimiento por el carrotanque (3), y para que el proceso de llenado de los tanques de suministro diario (ubicados fuera de la celda de ensayos) se haga eficientemente, sin demasiadas pérdidas de presión. La capacidad total del tanque será de 10000 litros, mientras que los tanques de suministro diario

almacenaran 100 litros. Estos últimos deberán ser de acero integral con juntas soldadas de calibre 16 como mínimo (Norma NFPA 37, capítulo 5).

Figura 45. Configuración de tanques cisterna subterráneos

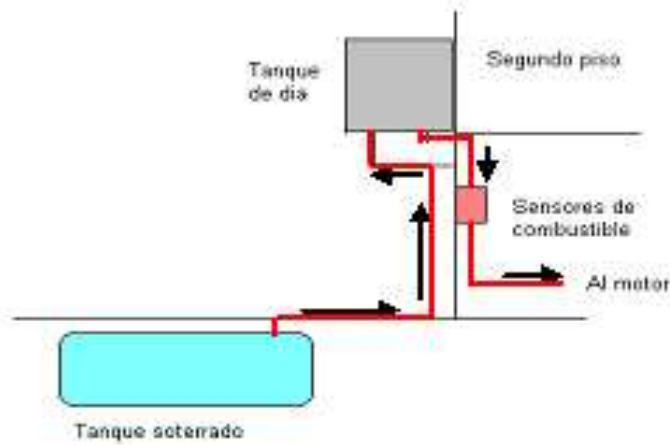


Fuente: Revista MUY interesante, año 22 núm. 258 edición 2007, pág. 17, C. México.

Para el transporte del combustible desde el tanque cisterna a los de suministro diario, se utilizan unas bombas que impulsan el combustible a través de la tubería (4) correspondiente. Dichos elementos de bombeo son manejados por un sistema de control automático, éstas conducen el combustible siempre y cuando el nivel de estos depósitos (de suministro diario) esté por debajo de un valor predeterminado. Con éste sistema se garantiza que la bomba sólo trabajará cuando sea estrictamente necesario.

El sistema de medición de combustible, el cual será seleccionado más adelante, debe estar ubicado en la línea que transporta el combustible desde el tanque de suministro diario hasta el motor, éste nos entrega la información acerca de la cantidad de carburante que esta utilizando el motor ya sea en un instante determinado o en cierto periodo de tiempo, véase figura 46.

Figura 46. Esquema de sistema de suministro de combustibles líquidos.



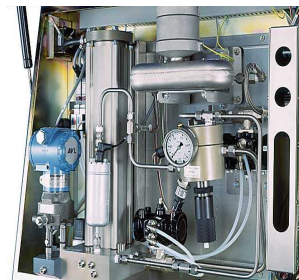
En cuanto al segundo módulo, el suministro de gas se realizará a partir de las líneas de suministro domiciliario, es decir, las celdas que así lo requieran tendrán una toma de gas natural proveniente de la red principal. Debido a que en éste caso, el gas natural se suministra a una presión mucho menor (alrededor de 38 psi) que la presión normal de operación a la que se encuentra cuando está almacenado en cilindros (alrededor de 3000 psi), se plantean algunas variantes, respecto a la configuración general de un sistema de suministro de gas natural para un vehículo. De esta manera, se debe eliminar la etapa de alta presión del regulador para poder permitir su operación, el resto de los elementos del sistema continúan operando normalmente. Teniendo en cuenta lo anterior, la tubería de gas se conecta directamente al regulador modificado y de éste al resto del equipo, el cual deberá estar instalado en el banco de pruebas para permitir su acople a los motores.

Por último, el medidor de flujo de gas debe ir instalado entre el mezclador y la válvula de control para realizar una medición correcta.

A continuación se seleccionaran los equipos para la medición de combustibles líquidos, el sistema de suministro de gas y el equipo de medición de consumo de combustibles gaseosos. Para el caso de los combustibles líquidos se opta por un medidor de tasa gravimétrico basado en el efecto coriolis, esto debido a que tienen la ventaja sobre los de tipo volumétrico en que la masa medida puede ser escogida a voluntad, e igualmente el periodo de medición, independiente de la velocidad de consumo. Además, son de elevada exactitud y permiten conocer el consumo instantáneo másico de combustible.

La empresa AVL ofrece un controlador de temperatura seguido de un medidor gravimétrico de medición continua, todo integrado en una sola unidad. Se trata del modelo **FLEXFUEL**, véase figura 47, este equipo es especialmente diseñado para salas de ensayo de investigación y desarrollo en MCI. Sus características mas relevantes son: gran rango de medición (0-125 Kg/h ó 0-165 l/h a 0.75 g/cm³), máxima frecuencia de medición (20 Hz), presión de suministro de combustible (0.1-0.8 bar), rango de suministro de combustible (-10 a 40 °C) y además permite medicion es por encima del valor nominal (+ 20 kg/h). Debido a su gran rango de medición, su aplicación cubre motores de todos los tipos, desde un motor monocilindrico hasta motores de 600 KW de potencia. Esto hace que las razones sean obvias para su selección.

Figura 47. Modulo de medición de combustible



Fuente: Tomada de la página www.avl.com

Para los combustibles gaseosos es necesario un sistema de suministro de gas que opere para todo el rango de motores de la celda, así como un medidor de flujo que de igual manera cumpla con ese requisito.

Para el sistema de GNV se seleccionó el Kit de última generación serie TL de la empresa GAZEL, la cual cuenta con una reconocida trayectoria nacional en el tema del Gas Natural Vehicular (GNV).

El medidor de flujo de gas que se utilizará será del tipo diafragma, esto debido a las condiciones de presión y flujo de gas natural que normalmente se dan a la salida del regulador (0.05 – 0.2 psi aproximadamente y 120 ft³/h), con lo cual el mapa de operación, figura 40, dice que debe ser un medidor de este tipo. Se seleccionó el medidor de gas para baja presión modelo **4 RPH000SMA** de la empresa ELSTER AMCO, véase figura 48. Sus características mas relevantes son: máxima presión de trabajo (0.05 bar) y máximo flujo de 10 m³/h. Estos datos son correspondientes con los requerimientos que se tienen.

Figura 48. Medidor de caudal de gas RPH000SMA



Fuente: Tomado de www.elster.com

Para todas las celdas que requieran suministro de combustible líquido, la configuración del sistema será la misma que se seleccionó anteriormente. En las celdas semianecoicas todo el montaje estará en el cuarto del

dinamómetro debido a las características especiales de las paredes de este recinto.

3.7 SISTEMA DE ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE

Este sistema consiste en el grupo de equipos que nos permiten analizar los componentes de los gases de escape de las maquinas de combustión interna. Es un sistema de suma importancia en la celda de prueba, ya que nos permite conocer los principales agentes contaminantes del medio ambiente, aspecto que sin duda regula el diseño de los motores. Además sirve para evaluar el estado de la combustión de la maquina y de esa manera emitir un diagnostico.

3.7.1 Instrumentación para la medición de las emisiones de escape.

Existe una variedad de instrumentos para medir los componentes de las emisiones de los motores a través de diversos métodos. A continuación se listan los tipos más comunes de instrumentos usados para realizar dicha labor.

- **Analizador de infrarrojo no disperso, NDIR.** Este instrumento hace uso de la propiedad de ciertos gases de el cual el monóxido de carbono y el dióxido de carbono son particularmente pronunciados ejemplos de la absorción selectiva de la radiación infrarroja sobre una gama estrecha de longitudes de onda. El gas para ser examinado es arrastrado a través de una celda de medición a través de la cual pulsos de banda ancha de luces infrarrojas son pasados, el grado de absorción de la energía es proporcional ala onda de la banda la cual es medida por un sistema de detectores y da una medida de concentración del gas correspondiente a la muestra.
- **Detector de luminosidad química CLD.** Este instrumento está basado en la reacción química entre el oxido nítrico y el ozono. El nitrógeno

compuesto en un escape de gas es una mezcla de NO y NO₂, descrito como NO_x. En el detector el NO₂ primero es convertido catalíticamente a NO y la muestra es reaccionada con ozono, generada por una descarga eléctrica a través de oxígeno, a baja presión en una cámara calentada al vacío.

La luz es medida por un multiplicador de foto e indica la concentración de NO_x en la muestra. Un desarrollo reciente, la Combustión de Respuesta Rápida CLD, utiliza una cámara miniaturizada de la reacción y tiene un tiempo de respuesta suficientemente rápido para permitir el examen de la variación ciclo por ciclo en emisiones de NO_x.

- **El detector de ionización de llama, FID**

La operación de este instrumento depende de la producción de electrones libres e iones positivos que sucede durante la combustión de hidrocarburos. Si la combustión sucede en un campo eléctrico el flujo actual entre ánodo y cátodo está cerca de ser proporcional al número de átomos de carbono que toman parte en la reacción. El nivel correspondiente de UHC es así hasta cierto punto afectado por la proporción del hidrógeno/carbono del combustible. En el detector en que la muestra se encuentra esta es mezclada con hidrógeno y helio y quemado en una cámara que es calentada para prevenir la condensación del vapor del agua.

Esto es un desarrollo miniaturizado del instrumento previo que es capaz de un tiempo de respuesta medido en milisegundos y así puede ser utilizado para el cilindro y las medidas del puerto de escape.

- **Analizador infrarrojo de transformada de Fourier, FTIR**

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.

- **Medidor de flujo de huella de helio, HTFR**

Desarrollado recientemente por Horiba, requiere para su operación de la inyección de un pequeño flujo, <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.

3.7.2 Emisiones particuladas. 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.

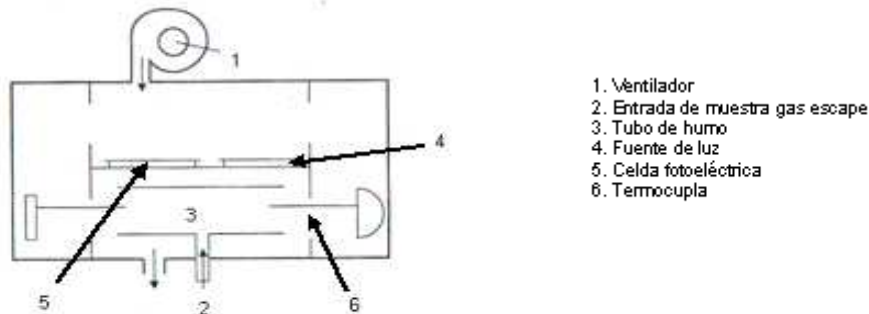
- **El analizador de gas Hartridge**

El instrumento, mostrado esquemáticamente en la figura 49, 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 sílice.

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.

Figura 49. Analizador de gas Hartridge



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 261.

- **El analizador de gas Celesco**

En este instrumento la luz emitida atraviesa el ducto de escape en ángulo recto al flujo, permitiendo una rápida respuesta para condiciones transitorias. La señal emitida del fotodiodo es actualizada cada 1.6 ms.

- **El analizador de gas Bosch tipo filtro**

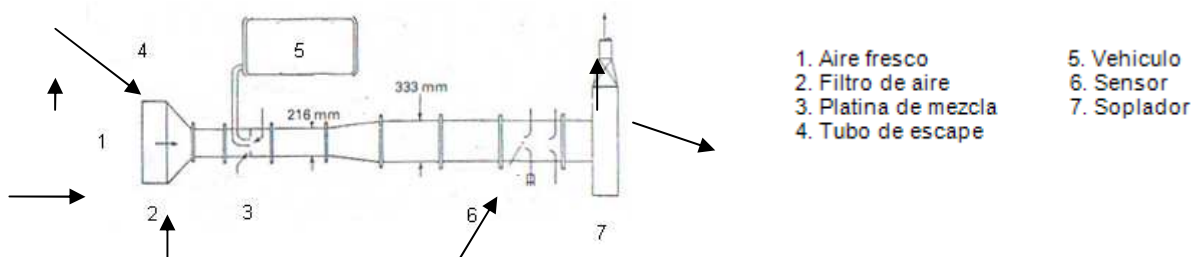
Este instrumento, completamente estandarizado en Europa, opera arrastrando un volumen fijo de gas de escape (330 cc) a través de un filtro de papel bajo condiciones específicas de operación del motor. El grado de oscurecimiento del papel es evaluado o por celda fotovoltaica o visualmente contra una escala graduada de referencia en números de hollín de 0 – 9.

- **Túneles de dilución de gases de escape**

Claramente los métodos anteriores no dan una indicación, excepto por inferencias basadas en la experiencia, de la masa actual de partículas presentes en un volumen dado de escape. Para tales mediciones se requiere una técnica mucho mas elaborada, apropiada solo para uso en laboratorio. Esta es la relacionada con la técnica de muestreo a volumen constante (CVS), véase la figura 50. La metodología consiste en hacer pasar una muestra de gas a través de un papel filtro; este procedimiento deberá estar basado en algún protocolo de pruebas específico tal como el ciclo ECE 15 o la secuencia americana FTP.

La condición más importante que se busca con este método, es que el gas de escape debe estar diluido con aire fresco para simular la situación de un vehículo en movimiento. La composición de una partícula de humo en el tubo de escape es diferente a la de la misma partícula después de haber entrado a la atmósfera. Esto es a causa de las reacciones químicas que toman lugar entre la partícula y la atmósfera: puesto que son las propiedades de esta última las que son de interés; el propósito de la configuración de la prueba es imitar lo más cercano posible la situación del mundo real. Esto se logra arrastrando aire a través de un tubo de acero inoxidable pulido y calentado, típicamente de 25 o 30 cm. de diámetro a una velocidad de 10 m/s, el escape del motor se acopla en la mitad de la parte longitudinal mas delgada del túnel en la cual se mezcla con la corriente de aire.

Figura 50. Túnel de dilución.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 262.

Una pequeña muestra se arrastra desde el final del túnel aguas abajo y es sometida a una dilución más extensa en un túnel secundario. Finalmente una muestra de gas de este túnel se hace pasar a través de dos filtros en serie de fibra de vidrio con cubierta de teflón. Los papeles de filtro son pesados en una balanza de muy alta precisión y, puesto que los volúmenes de aire diluido y muestra que pasan a través de los filtros son cuidadosamente controlados y medidos, la masa total de partículas emitidas en el transcurso de la ejecución de la prueba se puede calcular fácilmente y esta dada en g/km; para motores estacionarios en g/kWh.

Particularmente para motores de vehículos pesados el túnel de flujo de partículas completo es un equipo muy voluminoso y además costoso. Se ha desarrollado el túnel de minidilución para tratar con este problema. Típicamente el túnel miniatura tiene un diámetro de 25 milímetros y una longitud de 635 milímetros y maneja solo una pequeña fracción del flujo de escape. Es necesario, en este caso medir exactamente la proporción (comúnmente 2%) del flujo de escape que entra en el túnel. Esto se logra con el uso de una sonda de muestreo especialmente diseñada que es regulada para garantizar que la velocidad de la muestra de gas sea precisamente la misma que la velocidad en el tubo de escape en el punto de extracción.

3.7.3 Solución adoptada y equipo seleccionado. Para la medición de los gases de escape en motores a gasolina y gas se usará un analizador de gases con capacidad para medir al menos los siguientes componentes: CO, CO₂, NO_x y HC.

Además, este analizador estará acompañado por un sistema de medición de material particulado para los motores Diesel. La norma SAE J1667 cuya correspondiente en nuestra normativa colombiana es la NTC 4231, recomienda un opacímetro de flujo parcial para este propósito, sin embargo,

las mediciones que realiza dicho equipo no están diseñadas para pruebas de laboratorio debido a que son bastante objetables. Esto se debe a que los resultados de opacidad que se obtienen no guardan una relación muy confiable con la cantidad gravimétrica real de partículas. Con base en lo anterior se escoge entonces el método de muestreo a volumen constante (CVS), que simula las condiciones de dilución de los gases de escape al salir a la atmósfera.

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 muestras(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, NO_x, THC, O₂, N₂O, SO₂, NH₃ Y NMHC, 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 51 se muestra el equipo el equipo analizador de gases.

La medición de las emisiones en motores Diesel 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 combustibles tales como Diesel, 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 51. AMA i60™ - Exhaust Measurement System

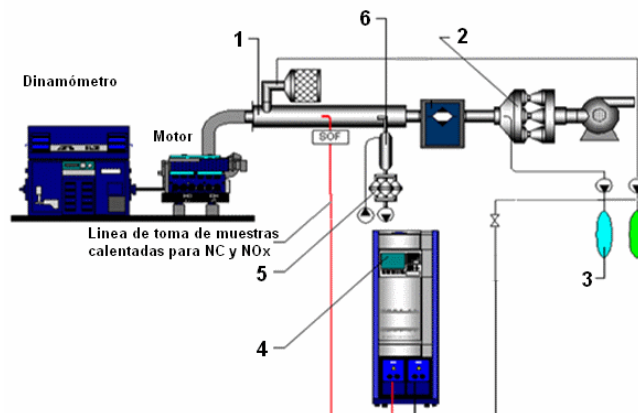


Fuente: Tomado de la página www.avl.com

Para esto, el sistema **AVL PSS i60™ - Particulate Sampler (5)** es un sistema para la medición de partículas que incorpora un mini túnel de dilución el cual puede ser usado como túnel secundario (6), sus características le permiten realizar pruebas tanto en estado estacionario como en transitorio.

La figura 52 nos muestra esquemáticamente la disposición de los componentes.

Figura 52. Esquema del sistema de análisis de gases.



Fuente: Catálogo de equipos de análisis de gases AVL.

Estos equipos se utilizarán en las salas de ensayos para motores de ignición por chispa, motores de ignición por compresión, grupos electrógenos y salas de diagnóstico. Las celdas semianecoicas no requieren de este equipo dado que su misión principal es la de analizar el ruido del motor y no la composición de sus gases de escape.

3.8 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN, ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL.

Uno de los primeros propósitos, y algunas veces el único propósito, de una 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.

No debe asumirse que los métodos tradicionales tengan que ser rechazados: ellos pueden representar la mejor solución de costo efectivo en ciertos casos. A continuación se presentan diferentes aproximaciones al problema, descritas teniendo en cuenta, principalmente, que los procesos involucrados incorporen las especificaciones para sistemas de adquisición de datos.

3.8.1 El enfoque tradicional. Anteriormente en las celdas de prueba de motores se confeccionaban cadenas de medición de forma manual a partir de los datos obtenidos. En ellas se encontraba la información necesaria para la graficación de curvas de consumo específico de combustible, presión media efectiva, potencia de salida y relación aire/combustible de un motor de gasolina a abertura total de válvula y de aceleración constante. Toda la información necesaria para un completo y claro entendimiento de la prueba

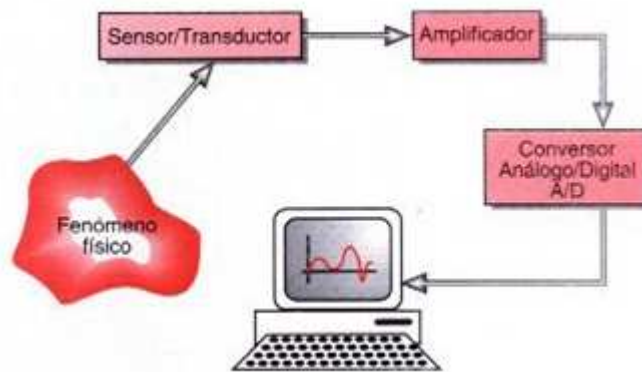
se consignaba, esto debido a que mucho después el ingeniero de prueba se olvidaba de detalles importantes.

En la actualidad todo esto ha cambiado debido a la aparición de los ordenadores, los cuales registran los datos, los grafican y hasta administran la prueba al permitir programarla de manera anticipada. Para las personas a cargo de la prueba esto ha significado un gran avance debido a que los ensayos se realizan de manera más controlada, atenta y exacta dada las diversas ayudas electrónicas que los asisten.

La anterior situación hace que las pruebas en bancos de motores hoy día generen informes instantáneos una vez concluida la prueba, los cuales pueden ser impresos rápidamente para ser analizados o enviados a laboratorios remotos que trabajan conjuntamente en un proyecto dado. Esto hace que en la actualidad un banco de ensayos de motores deba estar debidamente equipado con estas herramientas computacionales para que los resultados obtenidos sean ratificados como satisfactorios en el área automotriz.

3.8.2 Adquisición de datos, acondicionamiento de señal y presentación de datos. Se entiende por **sistema de adquisición de datos** a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido, figura 53. Este proceso necesita de una "interface" entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como **tarjeta de adquisición de datos**.

Figura 53. Ruta de adquisición de datos.



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

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 ANALOGO/DIGITAL (A/D).
4. Adquisición propiamente dicha de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del micro y llevados luego a pantalla o a otro periférico del computador como nos lo muestra la figura 54.

El número total requerido de canales de información podría exceder los 40. El equipo típico podría ser un PC base con un paquete de adquisición de

datos de 16 canales para presión, 16 canales para temperatura, 4 canales para recibimiento de señales de pulso más el de procesamiento de la señal del transductor de torque y un medio para procesamiento de la entrada de un medidor de consumo de combustible.

Figura 54. Carta de registro en pantalla.



Fuente: Tomado de Catalogo Dynamic Engine Testing AVL

Todas las señales deberán ser condicionadas y linealizadas en el PC y desplegadas en forma tabular. En la actualidad se tienen tarjetas de acondicionamiento de señal disponibles con 8,12 y 16 bit de resolución y pueden ser seleccionadas dependiendo del grado de exactitud y relevancia de las señales a ser procesadas.

Es enteramente posible adaptar un sistema de adquisición de datos a un PC a este nivel para generar control de secuencia automática de prueba sin gasto adicional, incorporando al dinamómetro y motor controladores diseñados para aceptar comandos externos.

A pesar de las grandes ventajas que ofrece una celda de prueba automatizada, debe tenerse en cuenta que éstas son inevitablemente dependientes del computador: Si el computador y el software no están funcionando entonces la mesa de prueba puede ser inservible. El grado de dependencia es una función del detallado diseño del equipo; algunos diseños

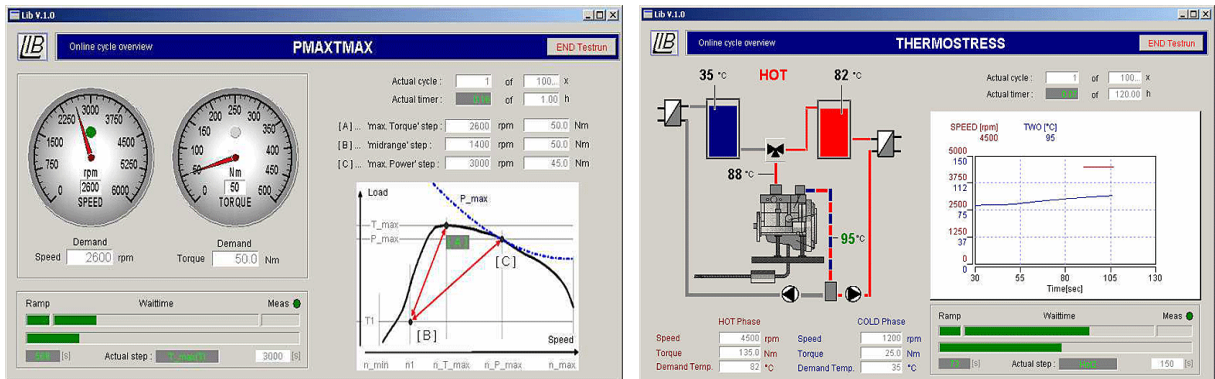
permitirán operación manual con el computador fuera de línea pero muchos no.

3.8.3 Solución adoptada y equipo seleccionado. Para armar el sistema de adquisición de datos necesitaremos de manera general la tarjeta de adquisición de datos, los controladores y el software de automatización indicado para este tipo de aplicaciones. Se ha seleccionado como proveedor de estos equipos a la Empresa AVL, esto debido a la excelente calidad de sus productos, a su reconocida trayectoria en el área y por conveniencia técnica. Esta última significa que al adquirir la mayoría de los componentes de la celda de prueba a un mismo fabricante se evitaban problemas de compatibilidad y con esto gastos adicionales en asesoría.

AVL ofrece un paquete que contiene un software para automatizar, un hardware de adquisición de datos y controladores que permiten programar la celda de prueba. Se trata de **Puma open, F-FEM y Emcon 400** respectivamente.

El **Puma Open** es un software de automatización que permite la administración de todas las aplicaciones en la celda de prueba de manera óptima, almacenaje y adquisición de datos perfectamente sincronizados en tiempo real y cálculos rápidos. El mayor atractivo de este sistema y por lo cual se seleccionó, es por que es un programa abierto, lo que significa que el usuario puede siempre mejorar su paquete y, por tanto, lograr una mayor funcionalidad. Entre sus características más importantes están: maneja frecuencia de valores de salida de hasta 9 KHz, adquisición de datos en tiempo real (hasta 5 KHz por canal) y medición continua de datos (hasta 100000 valores/segundo con hasta 1000 canales). La interfaz del software tiene el aspecto de las figuras 55 en distintas aplicaciones.

Figura 55. Interfaz del Puma Open en diversas pruebas



Fuente: Tomado de www.avl.com

Para la unidad de adquisición de datos, AVL ofrece: F-FEM-AIN/AIS, F-FEM-AIF, F-FEM-CNT, F-FEM-DAC y F-FEM-DIO. Analizando cada una de estas opciones, se opta por el modelo **F-FEM-DIO**; esto por que presenta el mayor número de entradas y salidas dentro del grupo, además el mismo fabricante recomienda que ese sea el sistema de adquisición. Es un paquete práctico de hardware destinado a recopilar de manera precisa y con mínima interferencia datos de los sensores instalados en los equipos de prueba. Además, permite un acondicionamiento de señal configurado a través de software de manera que cada canal de medición es adecuado para cualquier tipo de sensor. Sus características mas relevantes son: canales por modulo (16 entradas/16salidas), tipos de canal (optoentradas y salidas de relé), adquisición de datos/salida (200 Hz max.) y temperatura de ambiente de trabajo (0 – 60 °C).

La parte restante del paquete corresponde al sistema controlador. Para ello AVL ofrece dos alternativas: el sistema EMCON 400 y el CDC 400. Aunque ambos sirven para los requerimientos que se tienen, se selecciona el **EMCON 400**, véase figura 56, debido a que es mas flexible en cuanto a las pruebas a realizar y ademas esta especialmente diseñado para investigación y desarrollo. El equipo trabaja en un sistema de control de lazo cerrado,

lógico y con monitoreo de seguridad. Provee todo el software y hardware necesario para el control y operación manual de una celda de prueba con un motor y un dinamómetro. Sus características más relevantes son: sistema de control en tiempo real de hasta 500 Hz, adquisición de datos vía FEM-DIO, interface estándar de ensayo para todos los dinamómetros AVL y pantalla LCD para visualización de valores, parámetros y mensajes.

El anterior paquete de productos para adquisición de datos se utilizara para las celdas de ensayo de motores. Sin embargo, para las dos celdas semianecóicas se requiere de un sistema semejante adicional, pero especializado en la captura y procesamiento de datos acústicos.

Figura 56. Sistema EMCOM 400



Fuente: Tomado de la página www.avl.com

Para el suministro de esta herramienta se ha optado por el fabricante **BRUEL y KJAER**, esto debido a que sus productos son los más recomendados dada su excelente calidad y superioridad de prestaciones. Ellos ofrecen la línea de sistemas de adquisición y procesamiento de datos PULSE. Para nuestros requerimientos se ha seleccionado el modelo PULSE 3560 D, véase figura 57, junto con el software FFT and CPB 7700. Se trata de una unidad portátil e integral en la cual se encuentran los módulos de

entrada, de salida y los de control alojados en un mismo compartimiento. Tiene hasta 65 canales de entrada para todo tipo de transductores, cc de 10-32 voltios, rango de frecuencia de 0-26.5 KHz, se integra fácilmente con la PC moderna y al ser portátil permite hacer pruebas de campo. Junto con el software mencionado se convierte en una muy potente herramienta ya que permite realizar análisis de todo tipo; algo que los otros sistemas presentes en el mercado hacen limitadamente. Tiene un muy extenso rango de aplicaciones que sobrepasan los de automoción: calidad de sonido, identificación de fuente de ruido, potencia de sonido, pulsos electroacústicos, análisis modal operacional, evaluación de pulsos de micrófono, etc. Las posibilidades son inmensas, lo cual hace que el laboratorio equipado con este aparato permita estudios en otras áreas y con otros profesionales.

Figura 57. Equipo de adquisición PULSE 3560 D



Fuente: Tomado de www.bksves.com

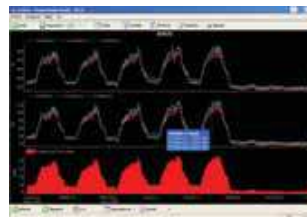
En cuanto a la celda de grupo electrógeno su misión es la de recolectar información eléctrica y de motor para así poder emitir un juicio objetivo respecto al equipo; de esta manera tendremos que seleccionar un sistema de adquisición relacionado para dicha tarea. Al necesitar medir parámetros eléctricos el grupo electrógeno debe ir acoplado a un sistema de carga o resistencia eléctrica para poder medir la potencia eléctrica proporcionada por el mismo. Este será complementado con un analizador de redes y su software respectivo.

Para los parámetros eléctricos, el software de adquisición y control de datos viene incluido con el analizador de redes. En este caso se utilizará el analizador de redes marca **Circutor** de España modelo **CVM MINI-ITF-RS485-C2**, ver figura 58, el cual tiene las siguientes características: lectura de corriente mediante transformadores externos 5 A ó 1 A (entradas de corriente aisladas), posibilidad de medida en redes de baja y media tensión, mide y calcula más de 230 parámetros eléctricos, comunicación con el PC a través del RS-485 (modbus RTU), compatible con el sistema POWER STUDIO, 2 salidas digitales, pantalla LCD retroiluminada y selección de parámetros a visualizar.

Este analizador viene junto con el software de adquisición y control **PowerStudio**, las principales prestaciones de este último son:

- Parametrización remota de los equipos.
- Visualización de parámetros en tiempo real.
- Registro de históricos.
- Visualización de históricos mediante tablas o gráficos.
- Impresión de gráficos y tablas.
- *Software* Multipuesto (Servidor Web) mediante pantallas estáticas.
- Servidor XML y DDE integrado (para intercambio con otras aplicaciones de mercado).
- Gran versatilidad y muy fácil uso.

Figura 58. Analizador de redes e interfaz de su software



Fuente: Tomado de la página www.circutor.es

3.9 SENSORES

No se tiene la intención de atender un estudio crítico del vasto rango de instrumentación que puede estar de servicio en la evaluación de motores. La literatura de la materia es muy extensa y una pequeña selección es dada a continuación. El propósito es más bien llevar la atención del lector al rango de elección disponible para comprender algunos de los factores que deberían ser tomados en cuenta al hacer una elección.

La tabla 6 hace un resumen de los sensores más utilizados listando sus respectivas mediciones. Dentro de cada categoría los métodos utilizados son listados.

Tabla 6. Mediciones y sensores más comunes.

MEDICIÓN	APLICACIONES PRINCIPALES	MÉTODO
Intervalo de tiempo	Velocidad rotacional	Disparador de impulso simple. Arrancador de engranajes de aro. Codificador de eje.
Fuerza cuasiestatica	Torque de dinamómetro	Pesos muertos+resortes de balance. Celda de carga hidráulica. Transductor medidor de esfuerzo.
Fuerza cíclica	Esfuerzo e investigación en carga de rodamientos	Transductor medidor de esfuerzo.
Presión cuasiestatica	Sistemas de flujo: lubricante, combustible, agua, carga de presión, escape.	Manómetro liquido. Medidor de Bourdon. Transductor medidor de esfuerzo.
Presión cíclica	En cilindro, entradas, escape, inyección de combustible.	Transductor medidor de esfuerzo. Transductor capacitivo. Transductor piezoeléctrico.
Posición	Válvulas y otros controles	Transductor LVDT contador. Eje codificador. Motor paso a paso.
Desplazamiento cíclico	Válvula de elevación. Aguja	Transductor inductivo.

	elevada de inyección.	Transductor de efecto hall. Transductor capacitivo.
Aceleración	Maquina de balanceo. NVH	Acelerómetro medidor de esfuerzo. Acelerómetro piezoeléctrico
Temperatura	Agua de enfriamiento, lubricante, aire de ingreso, escape, en cilindro, componentes mecánicos.	Líquido en vidrio. Presión de vapor. Líquido en acero. Termocupla. Termistor. Resistencia eléctrica. Pirómetro óptico. Pirómetro de succión.
Micrófonos	Ruidos generados por las MCI.	Transductor electroacustico.
Medidor de intensidad de sonido.	Localización específica de fuentes de ruido en maquinas.	Nivel de presión de sonido.
Medidor de nivel de sonido.	Medición de los niveles de decibel en el ruido. Puesta a punto de los medidores de nivel de sonido	Análisis de bandas de octava.
Calibrador acústico		Análisis de bandas de octava.

Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 261.

3.9.1 Solución adoptada y equipo seleccionado. Para nuestro caso necesitamos sensores de todo tipo, pero debemos darnos cuenta que los equipos seleccionados anteriormente como dinamómetro, analizadores de gas, acondicionadores de aire, balanza de combustible, etc. vienen con sensores incorporados, además los sensores que se necesitaran para captar los parámetros del motor vienen con el dinamómetro como un paquete adicional como se aprecia en la cotización que se realiza mas adelante. En las celdas de prueba como se vive experimentando puede ser necesario

adquirir sensores por separado pero será en pocas cantidades, así que daremos por hecho que los que traen los equipos son los básicos y los necesarios.

En cuanto a celdas semianecóicas la instrumentación será seleccionada del catalogo de productos de la empresa BRUEL and KJAER.

El transductor mas común y quizá el mas importante en este tipo de celdas, es el micrófono. En estos casos se requieren varios tipos de micrófonos debido al tipo de prueba. Se seleccionaran dos tipos de micrófono: el modelo **4949** o micrófono de superficie automotriz con cable axial y el modelo **4599** de ½ pulgada. El modelo 4949, véase figura 59, es ideal para aplicaciones de automoción dado su facilidad de instalación en cualquier superficie. Sus características más relevantes son: frecuencia de 5 a 20000 Hz, rango dinámico (30-140 dB) y rango de temperatura de -30 a 100°C.

Figura 59. Micrófono de medición modelo 4949



Fuente: Tomado de www.bksves.com

El modelo 4599, véase figura 60, es el adecuado y más utilizado para la mayoría de mediciones standard que se realizan acústica y su tamaño lo hacen práctico en el montaje de cadenas de medición. Sus características más importantes son: frecuencia optimizada de respuesta de hasta 20 KHz, máximo SPL de 110 Db, compensación por temperatura y construcción en titanio.

Otro instrumento de suma importancia es el medidor de nivel de sonido portátil. Para este caso se selecciona el modelo 2260, véase figura 61. Este

instrumento de mano es capaz de realizar todas las mediciones y análisis que normalmente se hacen en la evaluación de ruido. Sus principales características son: intervalo de frecuencias (6.3 Hz–20 KHz), análisis de bandas de 1/3 de octava, funcionamiento remoto mediante enlace modem y medición del tiempo de reverberación.

Figura 60. Micrófono de medición modelo 4599



Fuente: Tomado de la página www.bksves.com

Figura 61. Medidor de nivel de sonido Modelo 2260



Fuente: Tomado de página www.bksves.com

Ahora se selecciona el kit portátil para medición de intensidad de sonido, el cual se utiliza para medir la intensidad de sonido directamente, sin tener que primero medir el nivel de presión de sonido para luego si calcularla. El

fabricante ofrece el modelo 3595, véase figura 62. Contiene un par de micrófonos (1 para fase y otro para amplitud), con rangos de frecuencia de 20 Hz a 10 KHz y para uso con medidor de nivel de sonido Tipo 2260E.

Figura 62. Medidor de intensidad de sonido.



Fuente: Tomado de la página [www. bksves.com](http://www.bksves.com)

El diseño e infraestructura del recinto semianecóico se pidió a la empresa Mexicana SPECTRUM.

3.10 SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE FUEGO Y SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

La alarma de fuego y el sistema de extinción de fuego son muy importantes ya que permitirán alertar oportunamente al personal y minimizaran los daños tanto a ellos como a los costosos equipos en caso de alguna conflagración. Teniendo en cuenta que los incendios y otros accidentes se producen por fallas en cuanto a la señalización de seguridad, se hará una breve exposición al respecto.

3.10.1 Tipos sistemas de extinción de fuego. De acuerdo a las características del recinto donde se va a instalar un sistema contra incendios es que se define el método más adecuado. Existen varias posibilidades de acuerdo al tipo de sustancia que se maneja. A continuación mencionaremos las más comunes.

a) Dióxido de carbono

El CO₂ puede ser usado contra fuego de líquidos inflamables. La descarga de CO₂ es apropiada por ser muy ruidosa y vaporizarse en la atmósfera del lugar. Debe, sin embargo administrarse con cuidado debido a que en altas concentraciones es tóxico.

b) Polvo seco

Los polvos son diseñados por la gran velocidad de extinción de fuego en líquidos muy inflamables tal como petróleo, aceites, pinturas y alcohol; téngase en cuenta que este no tiene un efecto perdurable de niebla y por esto hay preocupación de una reignición.

c) Aureolas

Se trata de compuestos a base de hidrocarburos halogenados que contienen cloro o bromo. Algunos de los más conocidos son el Halon 1211 y Halon 1301, ambos hasta ahora usados por todos y en extintores portátiles. Se debe tener mucho cuidado con su uso, debido a su toxicidad y daño a la capa de ozono.

d) Inergen

Compuesto por Argón, Nitrógeno y bióxido de carbono, esta sustancia es derivada de gases presentes en la atmósfera terrestre, no destruye la capa de ozono, ni contribuye al proceso de calentamiento del planeta, ni tiene problemas de toxicidad. Los riesgos típicos protegidos con INERGEN son: Salas de computo, Telecomunicaciones, Equipos de proceso, · Áreas normalmente ocupadas o electrónicas no ocupadas donde el equipo protegido es o muy sensible o irremplazable.

e) Espuma

Extintores de espuma son muy apropiados en fuego originado por derramamiento de líquidos inflamables o en recipientes de líquidos

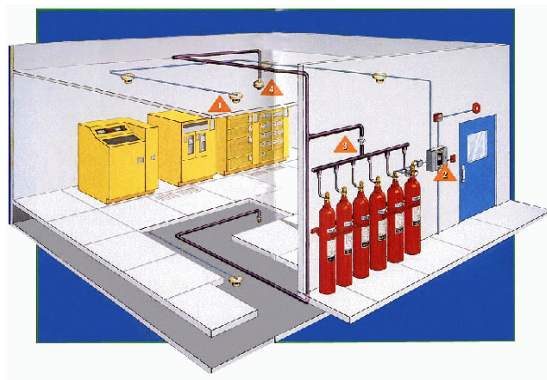
inflamables. Se deberá tener en cuenta de cualquier modo que algunos polvos y espumas son incompatibles.

f) Sistemas de microniebla

Es un sistema que trabaja con agua descargándola como muy fino espray; tiene la gran ventaja que remueve calor de la fuente de fuego y lo envuelve, además reduce el riesgo de reignición cuando es apagado. Usa muy pocas cantidades de agua, típicamente 5 litros.

3.10.2 Solución adoptada para sistema de extinción de fuego. Teniendo en cuenta la información suministrada con anterioridad y la norma NFPA 2001 se ve que para la necesidad que nos atañe los sistemas mas opcionados son el de *inergen* y el de *microniebla*. El sistema INERGEN, véase figura 63, consiste de una mezcla de gases almacenados en cilindros de aleación de acero de alta resistencia. Varios tipos de actuadores, manuales o automáticos, están disponibles para la liberación del agente en el área del riesgo. El agente es distribuido y descargado dentro del área del riesgo a través de una red de tuberías y boquillas. El cilindro está conectado a la tubería de distribución o colector por medio de una manguera flexible y una válvula de cheque.

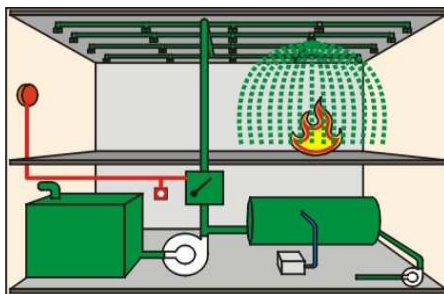
Figura 63. Sistema tipo Inergen.



Fuente: www.fpc.com.co

El equipo adicional incluye paneles de control, aparatos de liberación, estaciones manuales remotas, cerramiento de puertas, campanas y alarmas y switches neumáticos. Todos o algunos son requeridos cuando se diseña el sistema total. El nuevo “triángulo” de la Protección Contra Incendios de los agentes limpios, en la era moderna, tiene que ver con: 1.- Protección a los bienes, 2.- Protección a las personas y 3.- Protección al medio ambiente. INERGEN es el único agente limpio que cumple con estas tres propiedades. Este sistema es ideal debido a que las celdas que tendrá el centro en su mayoría albergaran personas y manejaran costosos equipos electrónicos, convirtiéndose en la mejor alternativa; su mayor desventaja es su alto costo. Por su parte el sistema de microniebla, de regaderas automáticas o sistema sprinkler, véase figura 64, esta formado por regaderas que detectan el fuego y debido a la temperatura se accionan automáticamente, descargando el agua únicamente en el sitio donde está el incendio y al haber flujo de agua, se acciona la alarma en el edificio o en la estación de bomberos. El sistema de regaderas está presente en toda la edificación, por lo tanto el incendio es atacado antes de ser detectado, incluso por los ocupantes del edificio. El agua al ser descargada sólo donde se requiere, evita daños materiales en lugares innecesarios. Aunque es menos costoso que el de gas inerte, presenta el inconveniente de no poder ser utilizado en lugares donde halla equipo electrónico o susceptible al agua.

Figura 64. Sistema tipo microniebla.



Fuente: www.sharkspol.cz/img/zapojeni.png

3.10.3 Solución adoptada para la señalización de seguridad. Es de vital importancia para la integridad de la sala de pruebas de motores contar con una adecuada señalización que permita advertir condiciones de riesgos físicos, de peligro, identificar equipos y materiales, demarcar superficies de trabajo y áreas de tránsito.

El Código NFPA 704 establece la normatividad de seguridad industrial, la función de los colores y las señales de seguridad es atraer la atención sobre lugares, objetos o situaciones que puedan provocar accidentes u originar riesgos a la salud, así como indicar la ubicación de dispositivos o equipos que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad. Para evitar la presencia de accidentes se sugiere la instalación de letreros utilizando colores y señales de seguridad e higiene. La tabla 7 resume en forma tabular el código de colores de la norma, de la cual se desprenden los siguientes apartes:

- ✚ Los depósitos de combustible subterráneos deben ser etiquetados con la descripción “Tanque subterráneo para líquido inflamable”
- ✚ Tubería de combustibles: Como es de diámetro pequeño (1/2”) se pintará toda de amarillo con una flecha en negro indicando la dirección de flujo y un letrero colgante en forma de triángulo equilátero de borde negro y fondo amarillo con un texto en negro que dice: “GASOLINA”, “COMBUSTIBLE DIESEL”, “GAS NATURAL”; o el mostrado en la figura 65 (a).
- ✚ La tubería de agua: Toda debe ir pintada de verde y con una flecha en blanco indicando dirección de flujo, con un letrero colgante de forma rectangular de fondo verde y en letras blancas con la siguiente etiqueta: “AGUA”.
- ✚ Demarcación del piso: en este caso se usa bandas de 80 mm de espesor de los siguientes colores: verde para zonas de

almacenamiento, azul que es un color de advertencia para zonas de trabajo pero se debe tener precaución y amarillo para zonas de alto peligro.

- Los polipastos y pasamanos se pintan de color amarillo, que es el color utilizado por equipos de transporte de materiales por su mayor visibilidad.
- La ubicación de equipos de primeros auxilios se pinta de verde.
- En cuanto a señales de prohibición en cada sala deberá existir un prohibido fumar, figura 65 (b), y prohibido generar llama abierta e introducir objetos incandescentes, figura 65 (c); a una altura de 1700 mm del piso respectivo.
- En los sitios de ubicación de sistema contra incendio debe estar la señal respectiva, véase la figura 65 (c y d).

Figura 65. Señales de seguridad



Fuente: www.infomecanica.com

Tabla 7. Código de colores de seguridad según NFPA 704

Color de seguridad	Significado	Aplicación	Formato y color de la señal	Color del símbolo	Color de contraste
Rojo	Pararse, prohibición, elementos contraincendios	Señal de detención, dispositivos de parada de emergencia.	Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo	Negro	Blanco
Amarillo	Precaución, advertencia	Indicación de incendio, explosión, desniveles obstáculos	Triangulo de contorno negro	Negro	Amarillo
Verde	Condición segura, señal informativa	Indicación de rutas de escape, salida de emergencia	Cuadrado o rectángulo sin contorno	Blanco	Verde
Azul	obligatoriedad	Uso de equipos de protección personal	Circulo de color azul sin contorno	Blanco	Azul

Fuente: Tomado de la norma NFPA 704 suministrado en su pagina en internet

3.11 SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

En esta parte se trabaja el concepto de la celda de ensayos como un sistema abierto, para aplicar el análisis de cargas térmicas y de los requerimientos de ventilación.

El propósito del aire acondicionado y del sistema de ventilación, es el de mantener un ambiente aceptable en un espacio cerrado. El sistema de acondicionamiento de aire debe garantizar una temperatura promedio de 25°C y una humedad relativa de 50%, con esto se busca evitar la generación de estrés térmico por acumulación excesiva de calor en el cuerpo humano y la deshidratación, además de evitar el riesgo de la acumulación de energía estática. Cuando solo se toma en cuenta la actividad humana dentro de un recinto, el análisis de cargas térmicas resulta bastante sencillo, sin embargo, la realidad dentro de una celda de ensayos de motores es muy distinta. Un motor en una celda de pruebas representa tal vez el ambiente más exigente encontrado en la industria. Grandes cantidades de potencia deben ser generadas en un espacio pequeño, las superficies a gran temperatura son inevitables y existen grandes flujos de agua de enfriamiento, aire y potencia eléctrica tienen que ser tenidos en cuenta simultáneamente con las rápidas variaciones en cargas.

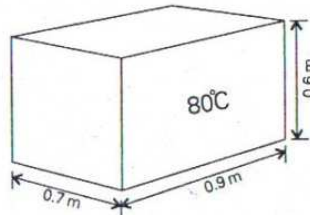
3.11.1 Transferencia de calor en la celda. El calor dentro de una sala de ensayos de motores se debe a muchas contribuciones de energía térmica hechas por los diversos elementos que se encuentran dentro de ella. A continuación se reseñan los más relevantes.

- **Transferencia de calor desde el motor**

Para hacer el análisis de transferencia de calor de un motor en funcionamiento, se utilizan cuerpos de formas simplificadas. Por ejemplo, considere un cuerpo que tiene la forma mostrada en la figura 66, éste puede ser considerado como la contraparte equivalente, en términos de áreas superficiales proyectadas en las direcciones horizontal y vertical, para un motor a gasolina de por ejemplo 100 KW de potencia máxima, aunque en realidad el área superficial total del motor debería ser más grande. Asumamos que la temperatura de la superficie del cuerpo es de 80 °C y que las temperaturas del aire y las paredes de la celda son de 30 °C. La pérdida

de calor ocurre como resultado de dos mecanismos; por convección natural y por radiación.

Figura 66. Modelo simplificado de un motor de 100 kW



La rata de calor perdida por convección natural de una superficie vertical en aire quieto esta dada aproximadamente por:

$$Q_v = 1.9 (t_s - t_a)^{1.25} \text{ W/m}^2$$

El área total de las superficies verticales en la figura 66 es igual a 1.9 m². La correspondiente pérdida convectiva es entonces:

$$1.9 \times 1.9 \times (80 - 30)^{1.25} = 480 \text{ W}$$

La velocidad aproximada de pérdida de calor de la cara horizontal superior esta dada por:

$$Q_h = 2.5 (t_s - t_a)^{1.25}$$

Dando en el presente caso una pérdida por convección de:

$$0.63 \times 2.5 (80 - 30)^{1.25} = 210 \text{ W}$$

La pérdida de calor de una superficie horizontal hacia abajo es alrededor de la mitad que para el caso de superficies horizontales hacia arriba, dando una pérdida de 110 W.

De este modo obtenemos un valor aproximado de la pérdida de calor por convección de 800 W. Para una temperatura de superficie de 100 °C este se incrementaría hasta alrededor de 1200 W. Sin embargo, esta pérdida de calor se desarrolla en aire quieto, y el aire dentro de una celda de pruebas para motores no tiene esta condición, lo cual genera incrementos en las pérdidas de calor antes calculadas.

En una aproximación bastante general, si se duplica la velocidad del flujo de aire que pasa por una superficie caliente, se incrementa la pérdida de calor en alrededor de un 50%. La velocidad del aire debido a la convección natural en nuestro ejemplo es cerca de 0.3 m/s. Así que un aire con velocidad de 3 m/s (que sería aproximadamente el caso de una celda de pruebas con ventiladores produciendo una vigorosa circulación) incrementaría la pérdida de calor convectivo hasta unos 3.2 KW a 80°C y 4.8 KW a 100°C.

Por otra parte, la velocidad de pérdida de calor por radiación de una superficie depende de su emisividad (la relación entre la energía emitida y la que emite un *cuerpo negro* de igual dimensión y temperatura) y la diferencia entre la temperatura del cuerpo y sus alrededores. El aire es esencialmente transparente a la radiación, por lo cual el calor se transfiere directamente a las superficies en los alrededores de la celda. Este calor es subsecuentemente transferido por convección al aire de enfriamiento o por conducción a los alrededores de la celda.

- **Transferencia de calor del sistema de escape**

La otra fuente principal de pérdida de calor asociada con el motor es el sistema de escape. Continuando con el ejemplo anterior y asumiendo que el múltiple de escape y su tubería es equivalente a un cilindro de 80 mm de diámetro por 1.2 m de longitud, a una temperatura de 600 °C, y el área de su superficie es de 0.3 m², ver figura 67, la pérdida de calor a esta temperatura será predominantemente por radiación. A partir de la ecuación de Stefan Boltzmann esta será igual a:

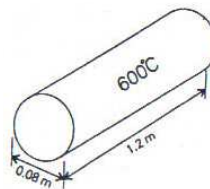
$$0.3 \times 5.77 \times 0.9 \left[\left(\frac{873}{100} \right)^4 - \left(\frac{303}{100} \right)^4 \right] = 8900 \text{ W}$$

Y la pérdida por convección será:

$$0.3 \times 1.9 \times (600 - 30)^{1.25} = 1600 \text{ W}$$

Con esto queda claro que las pérdidas de calor en el sistema de escape son considerablemente mayores a las pérdidas en el bloque del motor, por lo tanto se debe tener especial atención en la reducción de la tubería de escape tanto como sea posible.

Figura 67. Modelo simplificado de un sistema de escape de un motor de 100 kW.



- **Transferencia de calor desde las paredes**

Mucho del calor radiado por el motor y el sistema de escape debe ser absorbido por las paredes y techo de la celda, también por la cabina de instrumentos y cajas de control, para luego ser transferidos al aire de ventilación por convección.

Imagine que el motor y el sistema de escape considerados anteriormente, están instalados en una celda de ensayos de dimensiones como la mostrada en la figura 68. El área total de las paredes es de 88 m^2 . Asumiendo que la temperatura de las paredes es 10 grados mas que la temperatura del aire en la celda, y una velocidad del aire de 3 m/s, entonces la velocidad de transferencia de calor de paredes hacia el aire esta en la región de los 100 W/m^2 , osea 8.8 kW para el total de la superficie de la pared,

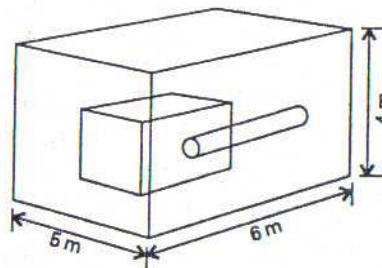
aproximadamente el 90 % del calor radiado por el motor y el sistema de escape.

- **Otras fuentes de calor**

Toda la potencia eléctrica para el funcionamiento de luces, ventiladores e instrumentación en la celda de ensayos, eventualmente aparecerá como calor transmitido al aire de ventilación. Incluso la misma potencia usada para mover los ventiladores del sistema de ventilación, es disipada como calor en el aire.

3.11.2 Estimativos de transferencia de calor. Un intento de hacer un análisis detallado de transferencia de calor usando valores exactos de áreas y temperaturas demandaría mucho trabajo, por ésta razón, un estimativo o valor promedio puede ser una buena opción evitando así los tediosos cálculos y el tiempo que demandan.

Figura 68. Celda de ensayos simplificada para cálculos de transferencia de calor.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. Butterworth. London, England. Heinemann, 1995. p 50.

- **Estimativos para el motor**

Según la experiencia de los autores del libro “Engine Testing Theory and practice” una cifra de 0.4 kW de potencia disipada por kW de potencia de

salida del motor (0.4 kW/kW ó 40%) representa un limite bastante seguro para ser usado como base en el diseño de sistemas de ventilación para motores enfriados por agua. Éste 0.4 kW/kW se encuentra dividido aproximadamente en la siguiente proporción: 0.1 kW/kW debido al motor y 0.3 kW/kW debido al sistema de escape. En el caso de un motor enfriado por aire, el calor emitido por éste se incrementa hasta alrededor de 0.7 kW/kW de potencia de salida en el caso de un motor Diesel, y hasta al rededor de 0.9 kW/kW de potencia de salida para un motor a gasolina.

- **Estimativos para el dinamómetro**

Un dinamómetro enfriado por agua, sea hidráulico o de corrientes de Eddy funciona a temperaturas moderadas, las pérdidas de calor hacia la celda son aproximadamente un 5% de la potencia de entrada al freno. Usualmente las máquinas de corriente directa o alterna son enfriadas por aire, y la pérdida de calor a los alrededores es del orden de 15% de la potencia de entrada.

Los valores recomendados como base para el diseño del sistema de ventilación se muestran en la tabla 8. En todos los casos se refiere al máximo valor de potencia de salida de los motores que están instalados.

Tabla 8. Estimativos de transferencia de calor al aire de ventilación.

	kW/kW de potencia de salida
Motor enfriado por agua	0.1
Motor enfriado por aire (gasolina - Diesel)	0.7-0.9
Sistema de escape (múltiple y tubería)	0.3
Dinamómetro hidráulico	0.05
Dinamómetro de corrientes de Eddy	0.05
Dinamómetro a.c. / d.c.	0.15

Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann, 1995. p 52.

- **Cálculo de carga para el sistema de ventilación**

El primer paso es estimar las diversas contribuciones a la carga de calor por parte del motor, sistema de escape, dinamómetro, luces y servicios. Esta información debe ser resumida en un simple diagrama de flujo. La tabla 8 muestra valores típicos.

La temperatura de la celda se elevará hasta un nivel en el que exista un equilibrio entre el calor emitido y calor transportado hacia afuera. Esta última cantidad de calor, que es transportado por un flujo de aire dado, es claramente una función del aumento del ΔT entre el interior y el exterior de la celda. Si la carga total de calor es H_L kW, entonces el requerimiento de flujo de aire es: $Q_A = 0.84 (H_L/\Delta T) \text{ m}^3/\text{s}$

Los valores de velocidad del aire en los ductos de ventilación, recomendados para óptima una operación, se muestran en la tabla 9.

- **Cálculo de carga para el sistema de aire acondicionado**

La metodología que se usa en para diseñar el sistema de aire acondicionado es calcular las cargas térmicas de los recintos que así lo requieran, incluyendo todo los elementos que aporten calor como son equipos, aparatos eléctricos, personas, luces y ganancias externas por conducción y radiación. A partir de ello se seleccionan las unidades necesarias para los espacios que así lo demanden.

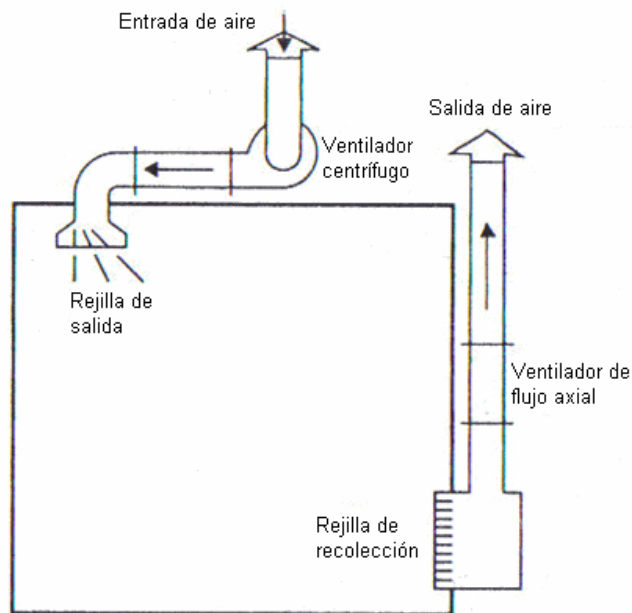
Tabla 9. Máxima velocidad recomendada en ductos de ventilación.

Rata de volumen de flujo (m^3/s)	Máxima velocidad (m/s)	Presión dinámica(Pa)
< 0.1	8 - 9	38 - 55
0.1 – 0.5	9 - 11	55 - 73
0.5 – 1.5	11 - 15	73 - 135
> 1.5	15 - 20	135 - 240

Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England Butterworth Heinemann. 1995. p 53.

3.11.3 Solución adoptada y equipo seleccionado. Los sistemas de ventilación se implementarán solo en los recintos destinados a albergar motores de combustión interna en funcionamiento, o sea, las salas de ensayos como tal. Seleccionamos un sistema simple como el mostrado en la figura 69, con ingreso de aire forzado a través de un ventilador centrífugo y su respectiva extracción por medio de una unidad de flujo axial.

Figura 69. Esquema del sistema de ventilación en las salas de ensayos.



Fuente: PLINT Michael. *Engine Testing Theory and practice*. London, England. Butterworth Heinemann. 1995. p 60.

En el caso de los sistemas de aire acondicionado, su función principal es la de mantener el ambiente de un recinto cerrado en condiciones adecuadas para el bienestar de las personas que dentro de él se encuentren. Por otra parte, también se utilizan cuando se requiere proteger equipos electrónicos delicados (como computadores, analizadores, medidores, etc.) del calor excesivo producido por ellos mismos. De esta manera, se climatizarán espacios como cuartos de control, laboratorios, salas de cómputo, salas de reuniones, biblioteca y otros lugares que se detallan más adelante. Esto se

realizará utilizando unidades de aire acondicionado central ubicadas ya sea en cada nivel o en un espacio en el último piso.

A continuación se hace el cálculo de las cargas de calor para el sistema de ventilación, el cual nos servirá para seleccionar las unidades ventiladoras. Seguidamente se hará lo mismo con las cargas asociadas al sistema de acondicionamiento de aire, este por su parte nos permitirá seleccionar las unidades climatizadoras apropiadas.

Cálculo de cargas térmicas y selección de equipos

- **Sistemas de ventilación**

Existen celdas que presentan un aporte de calor muy semejante, por lo cual se agrupan por categorías, con el objeto de generar un diseño general que sirva para los requerimientos de las celdas asociadas. En esta metodología se toma la celda que presente los valores más críticos y con estos se diseña. Es una muy buena opción, ya que se ahorran costos por fabricación a sobremedida de muchos equipos.

Grupo A: Sala de ensayos para MEC (540 HP), sala de ensayos para MECH (450 HP), Grupos electrógenos (500 KVA), Celdas semianecoicas para Diesel y para gasolina, Sala de diagnóstico y desempeño para vehículos pesados.

Aportes de calor:

- Motor (10% de potencia máxima de salida).....	54 kw
- Múltiple de escape (15%).....	81 kw
- Parte posterior escape y silenciador (15%).....	81 kw
- Dinamómetro ac/dc (15%).....	81 kw
- Luces y servicios.....	20 kw
- Ventilador de aire forzado.....	5 kw

	322 kw
- Perdidas por conducción paredes.....	11 kw
Carga Total	311 kw

Asumiendo una entrada de aire a temperatura de 28 °C y temperatura de salida de 38 °C, $\Delta = 10$ °C. Entonces la rata de flujo de aire es:

$$Q_A = (0.84)(311)/10 = 26.124 \text{ m}^3/\text{s} \approx 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 97200 \text{ m}^3/\text{h}$$

La sala tiene dimensiones de 9m x4.5m x4m = 162 m³

Esto nos dice que el aire dentro de la celda se renueva 600 veces cada hora.

La tabla 9 sugiere una velocidad en el ducto principal del sistema de ventilación en el rango de 15 – 20 m/s como apropiada, dando un área seccional de 1.35 m².

Debido a que una unidad con estas características no se consigue fácilmente, ocupa mucho espacio y requiere ductos y unidades motrices de gran tamaño, se opta por 2 unidades que cumplan con sus requerimientos; estas manejan velocidades de 20 m/s y área seccional de 0.675 m² c/u. A partir de estos datos, se seleccionan los ventiladores (centrífugo y axial). Dado que son hechos a medida, no se tiene una línea o modelo definido como tal, sin embargo se designaran por su diámetro así: **Centrifugo92 y Axial92**. Todos los centrífugos son de aletas inclinadas hacia atrás. Sus unidades motrices presentan potencias de 20 y 25 HP respectivamente. La empresa proveedora es **Industrias Frigidaire**.

En las celdas semianecoicas se debe tener el cuidado de arrastrar el aire a través de silenciadores y filtros especiales que disminuyan los niveles de ruido generados por el sistema.

Grupo B: Sala de ensayos para MEC (250 HP), sala de ensayos para MECH (250 HP), Grupos electrógenos (100 KVA) y Sala de diagnóstico y desempeño para vehículos ligeros.

$$Q_A = 12 \text{ m}^3/\text{s}, V = 20 \text{ m/s. Área de flujo} = 0.6 \text{ m}^2$$

Para este caso, se seleccionan el **Centrifugo87 y Axial87**. Sus motores eléctricos son de 15 y 25 HP respectivamente. Como se puede apreciar, son de menor tamaño que los del grupo A.

Grupo C: Laboratorio para pruebas de inyección, laboratorio para el estudio de la combustión, laboratorio CFR y Celda de prueba para pequeños motores de 2 y 4 tiempos.

$$Q_A = 5.8 \text{ m}^3/\text{s}, V = 20 \text{ m/s. Área de flujo} = 0.3 \text{ m}^2$$

Para este grupo, se opta por el **Centrifugo61 y Axial61**. La potencias en este caso son de 7.5 y 10 HP.

- **Sistemas de aire acondicionado**

- 1. Cuartos de control.**

*Datos de diseño:

- $T_{\text{diseño}} = 22.2 \text{ °C} = 72 \text{ °F}$

- $HR_{\text{diseño}} = 50 \%$

*Datos climatológicos.

- $T_{\text{ambiente}} = 30 \text{ °C} = 86 \text{ °F}$

- $HR_{\text{ambiente}} = 68\%$

*Materiales de construcción:

- Techos: Placa de concreto de 8" de espesor
- Paredes exteriores: Ladrillo de mampostería.
- Pisos: Placa de concreto de 6" de espesor.
- Ventanas: Vidrio sencillo, liso, transparente.

*Tamaño de espacio a acondicionar:

$$L = 9 \text{ m} = 29.52 \text{ ft}$$

$$W = 4.5 \text{ m} = 14.76 \text{ ft}$$

$$H = 4 \text{ m} = 13.12 \text{ ft}$$

*Condiciones de los alrededores: Ninguna.

a) Cargas externas a través de techos:

$$q = U \times A \times \text{CLTD}$$

Donde (q) es la carga térmica aportada al edificio; (U) es el coeficiente de transferencia de calor del material del techo; (A) es el área del techo expuesta al sol; CLTD es la diferencia de temperatura de la carga térmica.

Para el material del techo se tiene:

$$U = 0.82 \text{ Btu}/(\text{hr} \times \text{ft}^2 \times \text{°F}) ; A = 435.71 \text{ ft}^2 ; \text{CLTD} = 86 \text{ °F} - 72 \text{ °F} = 14 \text{ °F}$$

De lo anterior tenemos:

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \text{ Btu}/(\text{hr} \times \text{ft}^2 \times \text{°F}) \times 435.71 \text{ ft}^2 \times 14 \text{ °F} = 5002 \text{ Btu/hr.}$$

$$q_{\text{techo}} = 5002 \text{ Btu/hr.}$$

b) Cargas externas a través de paredes externas:

$$q = U \times A \times \text{CLTD}$$

Donde (q) es la carga térmica aportada al edificio; (U) es el coeficiente de transferencia de calor del material de la pared; (A) es el área de la pared expuesta al sol; CLTD es la diferencia de temperatura de la carga térmica.

Para el material de las paredes externas se tiene:

$$U= 0.625 \text{ Btu}/(\text{hr} \times \text{ft}^2 \times \text{°F}); A= 1162 \text{ ft}^2 ; \text{CLTD}= 86 \text{ °F}- 72 \text{ °F}= 14 \text{ °F}.$$

De aquí tenemos:

$$q_{\text{paredes}}= 0.625 \text{ Btu}/(\text{hr} \times \text{ft}^2 \times \text{°F}) \times 1162 \text{ ft}^2 \times 14 \text{ °F} = 10168 \text{ Btu/hr}$$

La carga externa térmica total neta es:

$$Q_{\text{extTotal}}= \frac{5002 \text{ Btu/hr} + 10168 \text{ Btu/hr}}{12000 \frac{\text{Ton}}{\text{Btu/hr}}} = 1.3 \text{ Ton.}$$

c) Cargas internas debidas a iluminación y equipos electrónicos.

- Iluminación:

$$q_{\text{ilum.}}= 3.41 \times q_i \times F_u \times F_s \times \text{CLF}$$

Donde (q) es la carga térmica aportada al recinto; 3.41 es el factor de conversión (watts a Btu/hr); (q_i) son los watts totales de la lámpara; (F_u) es el factor de uso de las lámparas; (F_s) es el factor para accesorios de lámparas fluorescentes; CLF es el factor de carga térmica que depende del tiempo que duran encendidas las luces.

Donde:

$$F_u= 1; F_s=1.2; \text{CLF}=1$$

$$q_i=804 \text{ W}$$

$$q_{\text{ilum}} = 3.41 \times 804 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 3290 \text{ Btu/hr}$$

- Equipos (3 computadores):

$$Q \text{ (Btu/hr)} = \text{Pot (Kw)} \times 860 \times 3.968$$

Donde (Q) es el calor aportado por el equipo; (Pot) es la potencia eléctrica del equipo y 3.968 es el factor de conversión de Kcal a Btu.

$$Q = 3 \times 860 \times 3.968 = 10237.44 \text{ Btu/hr}$$

- Gabinetes de control:

$$Q = 10237.44 \text{ Btu/hr}$$

d) Cargas internas debidas a personas:

- Carga sensible:

$$q_s = (q/\text{persona}) \times N_{\text{personas}} \times \text{CLF}$$

Donde (q_s) es la carga térmica sensible aportada al edificio; ($q/\text{persona}$) es la ganancia de calor sensible por persona; (N_{persona}) es el número de personas en el recinto; CLF es el factor de carga térmica que depende del tiempo que duran las personas en el recinto.

Como ($q/\text{persona}$) = 640 Btu/hr/persona; N_{personas} = 4 personas; CLF = 0.79

$$q_s = 640 \text{ Btu/hr/persona} \times 4 \text{ persona} \times 0.79$$

$$q_s = 2022.4 \text{ Btu/hr}$$

- Carga latente:

$$q_L = (q/\text{persona}) \times N_{\text{personas}} \times \text{CLF}$$

Donde (q_L) es la carga térmica latente aportada al edificio; ($q/\text{persona}$) es la ganancia de calor latente por persona; (N_{personas}) es el número de personas en el recinto.

De lo anterior tenemos:

$$q_L = 640 \text{ Btu/hr/persona} \times 4 \text{ personas}$$

$$q_L = 2560 \text{ Btu/hr}$$

Entonces la carga interna total del recinto será:

$$q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum.}} + q_{\text{sper.}} + q_{L\text{per.}} = 23764 + 2022.4 + 2560$$

$$q_{\text{int.Total}} = 28346 \text{ Btu/hr} = 2.36 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{Total}} = q_{\text{int.Total}} + q_{\text{ext.Total}} = 2.36 + 1.3 = 3.66 \text{ Ton.}$$

2. Sala de reuniones (recepción).

- Los datos de diseño y los materiales del recinto son los mismos.

* Tamaño del espacio a acondicionar:

$$L = 9\text{m}; W = 9\text{m}; H = 4 \text{ m}$$

a) Cargas externas (techo):

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 871.43 = 10004 \text{ Btu/hr} = 0.83 \text{ Ton.}$$

b) Paredes:

$$q_{\text{pared}} = 0.625 \times 14 \times 1533.5 = 13418.12 \text{ Btu/hr} = 1.120 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{ext.Total}} = 1.95 \text{ Ton.}$$

c) Cargas internas debido a iluminación y equipo electrónico:

$$q_{\text{ilum.}} = 3.41 \times 1206 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 4935 \text{ Btu/hr}$$

d) Cargas internas debido a personas:

- Carga sensible:

$$q_s = 640 \times 15 \times 0.79 = 7584 \text{ Btu/hr}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 15 = 9600 \text{ Btu/hr}$$

$$q_{\text{Int.Total}} = q_L + q_s + q_{\text{ilum.}} = 9600 + 9584 + 4935 = 24119 = 2 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{Total}} = q_{\text{Int.Total}} + q_{\text{ext.Total}} = 1.95 \text{ Ton.} + 2 \text{ Ton.} = 3.95 \text{ Ton.}$$

3. Recepción.

*Tamaño de espacio a acondicionar:

$$L = 22 \text{ m}; W = 9 \text{ m}; H = 4 \text{ m}$$

a) Cargas externas:

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 2130.7 = 24460.45 \text{ Btu/hr} = 2 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{paredes}} = 0.625 \times 14 \times 4648.81 = 40677 \text{ Btu/hr} = 3.4 \text{ Ton.}$$

b) Cargas externas a través de vidrios:

- Conducción:

$$q = U \times A \times \text{CLTD}$$

Donde (q) es la carga térmica aportada al recinto; (U) es el coeficiente de transferencia de calor del material del vidrio; (A) es el área del vidrio expuesta al sol; CLTD es la diferencia de temperatura de la carga térmica.

Tenemos que:

$$U = 0.83 \text{ Btu/hr} \times \text{ft}^2 \times \text{°F}; A = 387.4 \text{ ft}^2; \text{CLTD} = 14 \text{ °F}$$

$$q_{\text{vidrioCond.}} = 0.83 \text{ (Btu/hr} \times \text{ft}^2 \times \text{°F)} \times 387.4 \text{ ft}^2 \times 14 \text{ °F}$$

$$q_{\text{vidrioCond.}} = 4501.6 \text{ Btu/hr} = 0.4 \text{ Ton.}$$

- Radiación:

$$q = A \times SC \times SHGF \times CLF$$

Donde (q) es la carga térmica aportada al recinto; (A) es el área del vidrio expuesta al sol; (SC) es un coeficiente que depende de la opacidad del vidrio; SHGF es el factor para la máxima ganancia de calor a partir de la orientación del vidrio; CLF es el factor para carga térmica que depende de la sombra del interior del sitio a acondicionar.

Para todos los vidrios del centro se tiene que $SC = 0.98$

Para la pared de vidrio se tiene:

$$A_{\text{vidrio}} = 387.4 \text{ ft}^2; \text{SHGF}_{\text{vidrioNorte}} = 90 \text{ Btu/hr.ft}^2; \text{CLF}_{\text{vidrio}} = 0.72$$

De lo anterior se tiene:

$$q_{\text{vidrioRad.}} = 387.4 \times 0.98 \times 90 \times 0.72 = 24601.45 \text{ Btu/hr} = 2 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{ext.Total}} = q_{\text{techo}} + q_{\text{paredes}} + q_{\text{vidrioCond.}} + q_{\text{vidrioRad.}}$$

$$q_{\text{ext.Total}} = 2 \text{ Ton.} + 3.4 \text{ Ton.} + 0.4 \text{ Ton.} + 2 \text{ Ton.} = 8 \text{ Ton.}$$

c) Cargas internas debidas a iluminación y equipo electrónico:

$$q_i = 3.41 \times 2412 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 9870 \text{ Btu/hr} = 0.82 \text{ Ton.}$$

- Computadores (3):

$$Q_{\text{comp.}} = 3 \times 860 \times 3.968 = 10237.44 \text{ Btu/hr} = 0.85 \text{ Ton.}$$

d) Cargas internas debido a personas:

- Sensible:

$$q_s = 640 \times 10 \times 0.79 = 5056 \text{ Btu/hr} = 0.42 \text{ Ton.}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 10 = 6400 \text{ Btu/hr} = 0.53 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum}} + Q_{\text{comp}} + q_s + q_L = 0.82 \text{ Ton} + 0.85 \text{ Ton} + 0.42 \text{ Ton} + 0.53 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{int.Total}} = 2.62 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{Total}} = q_{\text{ext.Total}} + q_{\text{int.Total}} = 8 \text{ Ton} + 2.62 \text{ Ton} = 10.62 \text{ Ton.}$$

4. Baños.

*Tamaño de espacio a acondicionar:

$$L = 9 \text{ m}; W = 3 \text{ m}; H = 3 \text{ m}$$

a) Cargas externas:

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 290.5 = 3334.94 \text{ Btu/hr} = 0.3 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{paredes}} = 0.625 \times 4 \times 774.6 = 6777.75 \text{ Btu/hr} = 0.56 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{ext.Total}} = q_{\text{techo}} + q_{\text{paredes}} = 0.3 \text{ Ton} + 0.56 \text{ Ton} = 0.86 \text{ Ton.}$$

b) Cargas internas debido a iluminación y equipos electrónicos:

$$q_{\text{ilum}} = 3.41 \times 268 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 1096 \text{ Btu/hr} = 0.091 \text{ Ton.}$$

c) Cargas internas debido a personas:

- Sensible:

$$q_s = 640 \times 6 \times 0.79 = 3033.6 \text{ Btu/hr} = 0.25 \text{ Ton}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 6 = 3840 \text{ Btu/hr} = 0.32 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum}} + q_s + q_L = 0.091 \text{ Ton} + 0.25 \text{ Ton} + 0.32 \text{ Ton} = 0.661 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{Total}} = q_{\text{ext.Total}} + q_{\text{int.Total}} = 0.86 \text{ Ton} + 0.661 \text{ Ton} = 1.52 \text{ Ton.}$$

5. Sala de recepción de motores.

*Tamaño de espacio a acondicionar:

$$L = 9\text{m}; W = 9\text{m}; H = 4\text{m}$$

a) Calculo de cargas externas

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 871.43 = 10004 \text{ Btu/hr} = 0.83 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{paredes}} = 0.625 \times 14 \times 1549.20 = 13555.5 \text{ Btu/hr} = 1.12 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{ext.Total}} = q_{\text{techo}} + q_{\text{paredes}} = 0.83 \text{ Ton} + 1.12 \text{ Ton} = 1.95 \text{ Ton.}$$

b) Cargas internas por iluminación y equipo electrónico:

$$q_{\text{ilum}} = 3.41 \times 1206 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 4935 \text{ Btu/hr} = 0.41 \text{ Ton.}$$

- Computadores (2):

$$Q_{\text{comp}} = 6825 \text{ Btu/hr} = 0.57 \text{ Ton.}$$

c) Cargas internas debido a personas:

- Sensible:

$$q_s = 640 \times 4 \times 0.79 = 2022.4 \text{ Btu/hr} = 0.170 \text{ Ton}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 4 = 2560 \text{ Btu/hr} = 0.21 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum}} + Q_{\text{comp}} + q_s + q_L = 0.41 \text{ Ton} + 0.57 \text{ Ton} + 0.17 \text{ Ton} + 0.21 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{int.Total}} = 1.36 \text{ Ton.}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{ext.Total}} + Q_{\text{int.Total}} = 1.95 \text{ Ton} + 1.35 \text{ Ton} = 3.3 \text{ Ton}$$

6. Sala de mantenimiento.

*Tamaño espacio a acondicionar

L= 9m; W= 6m; H=3m;

a) Calculo de cargas externas:

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 581.544 = 6676.12 \text{ Btu/hr} = 0.55 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{pared}} = 0.625 \times 14 \times 966 = 8452.5 \text{ Btu/hr} = 0.7 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{ext.Total}} = q_{\text{techo}} + q_{\text{paredes}} = 0.55 \text{ Ton} + 0.7 \text{ Ton} = 1.25 \text{ Ton}$$

b) Cargas internas por iluminación y equipo electrónico

$$q_{\text{ilum}} = 3.41 \times 804 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 3290 \text{ Btu/hr} = 0.27 \text{ Ton}$$

- Computador (1):

$$Q_{\text{com}} = 3412.5 \text{ Btu/hr} = 0.28 \text{ Ton}$$

c) Cargas internas debido a personas:

- Sensible:

$$q_s = 640 \times 2 \times 0.79 = 1011.2 \text{ Btu/hr} = 0.08 \text{ Ton}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 2 = 1280 \text{ Btu/hr} = 0.1 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum}} + Q_{\text{comp}} + q_s + q_L = 0.27 \text{ Ton} + 0.28 \text{ Ton} + 0.08 \text{ Ton} + 0.1 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{int.Total}} = 0.73 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{ext.Total}} + Q_{\text{int.Total}} = 1.25 \text{ Ton} + 0.73 \text{ Ton} = 2 \text{ Ton}$$

7. Sala de cómputo científico.

*Tamaño espacio a acondicionar

L= 18 m; W=9 m; H=3 m

a) Calculo de cargas externas

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 1741.7 = 19994.5 \text{ Btu/hr} = 1.66 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{paredes}} = 0.625 \times 14 \times 1742 = 15242.5 \text{ Btu/hr} = 1.27 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{ext.Total}} = q_{\text{techo}} + q_{\text{paredes}} = 1.66 + 1.27 = 2.93 \text{ Ton}$$

b) Cargas internas por iluminación y equipo electrónico

$$q_{\text{ilum}} = 3.41 \times 2412 \times 1 \times 1.2 \times 1 = 9870 \text{ Btu/hr} = 0.82 \text{ Ton}$$

- Computadores (20):

$$Q_{\text{comp}} = 68249.6 \text{ Btu/hr} = 5.7 \text{ Ton}$$

c) Cargas internas debido a personas

- Sensible:

$$q_s = 640 \times 20 \times 0.79 = 10112 \text{ Btu/hr} = 0.84 \text{ Ton}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 20 = 12800 \text{ Btu/hr} = 1 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum}} + Q_{\text{comp}} + q_s + q_L = 0.82 + 5.7 + 0.84 + 1 = 8.36 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{ext.Total}} + Q_{\text{int.Total}} = 2.93 + 8.36 = 11.3 \text{ Ton}$$

8. Sala de oficinas.

*Tamaño espacio a acondicionar

L= 22 m; W= 9 m; H= 3 m

a) Cargas externas

$$q_{\text{techo}} = 0.82 \times 14 \times 2130.45 = 24457.6 \text{ Btu/hr} = 2 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{paredes}} = 0.625 \times 14 \times 2001.25 = 17510.94 \text{ Btu/hr} = 1.45 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{ext.Total}} = q_{\text{techo}} + q_{\text{paredes}} = 2 + 1.45 = 3.45 \text{ Ton}$$

b) Cargas internas por iluminación y equipo electrónico

$$q_{\text{ilum}} = 3.41 \times 2948 \times 1.2 = 2063.21 \text{ Btu/hr} = 1 \text{ Ton}$$

- Computadores (20):

$$Q_{\text{comp}} = 68249.6 \text{ Btu/hr} = 5.7 \text{ Ton}$$

c) Cargas internas debido a personas

- Sensible:

$$q_s = 640 \times 40 \times 0.79 = 20224 \text{ Btu/hr} = 1.7 \text{ Ton}$$

- Latente:

$$q_L = 640 \times 40 = 25600 \text{ Btu/hr} = 2.13 \text{ Ton}$$

$$q_{\text{int.Total}} = q_{\text{ilum}} + Q_{\text{comp}} + q_s + q_L = 1 + 5.7 + 1.7 + 2.13 = 10.5 \text{ Ton.}$$

$$q_{\text{Total}} = q_{\text{ext.Total}} + q_{\text{int.Total}} = 3.45 + 10.5 = 14 \text{ Ton.}$$

Con base en los cálculos anteriores se estiman las cargas de calor por piso, teniendo en cuenta que la carga térmica calculada para un recinto es similar

a la de otro de características semejantes. Es por esto que no se ha hecho el cálculo para todas las salas del complejo.

Teniendo en cuenta lo anterior procedemos a realizar el cálculo para cada piso, los cuales se muestran en las tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. Cargas de calor en 1^{er} piso.

Recinto	Climatizado	Carga de calor
Grupos electrógenos 500 KVA	Cuarto de control	3.66 Ton
MECH (450 HP)	Cuarto de control	3.66 Ton
MEC (540 HP)	Cuarto de control	3.66 Ton
Diagnóstico y Desempeño 1	no	
Diagnóstico y Desempeño 2	no	
Taller Mecanizado Básico	no	
Baños	si	1.52 Ton
Sala de Armado	si	3.3 Ton
Sala de Recepción y Etiquetado	si	3.3 Ton
Sistemas de Inyección	no	
Motores 2 Tiempos	no	
Cuarto de Almacenamiento	si	3.3 Ton
Recepción	si	10.62 Ton
Sala de espera	si	3.95 Ton
Carga Total		37 Ton

Tabla 11. Cargas de calor en 2^{do} Piso

Recintos	Climatizado	Carga de calor
MECH 250 HP	Cuarto de control	3.66 Ton
MEC 250 HP	Cuarto de control	3.66 Ton
Grupos electrógenos 100 KVA	Cuarto de control	3.66 Ton
Semianecoica 450 HP	Cuarto de control	3.66 Ton
Semianecoica 540 HP	Cuarto de control	3.66 Ton
Laboratorio CFR	no	
Mantenimiento	si	2 Ton

Laboratorio Electrónica	si	3.3 Ton
Laboratorio Estudio Combustión	no	
Laboratorio de Flujos	si	3.3 Ton
Sala Didáctica Motores	si	11.3 Ton
Sala de Computo	si	11.3 Ton
Baños	si	1.52 Ton
Carga Total		51 Ton

Tabla 12. Cargas de calor en el 3^{er} piso

Recintos	Climatizado	Carga de calor
Salón de conferencias	si	11.3 Ton
Biblioteca	si	11.3 Ton
Oficinas	si	14 Ton
Baños	si	2 Ton
Zona Recreación y Descanso	si	14 Ton
Carga Total		53 Ton

Con base a la información anterior se seleccionan unidades de aire acondicionado centrales de distintas capacidades, correspondientes a la demandada de cada piso. Las unidades son marca LG, el número de unidades y sus capacidades son: 4 unidades de 10 Toneladas, 7 unidades de 7.5 Toneladas, 9 unidades de 5 Toneladas y 1 unidad de 4 Toneladas.

3.12 SISTEMA DE ESCAPE PARA LAS CELDAS DE ENSAYOS

La función principal del sistema de escape en una celda de ensayos es la de conducir hacia el exterior los gases producidos por la combustión en el motor.

En los trabajos de I+D, el sistema de escape ideal es aquel que se asemeja exactamente al que utilizaría el motor en servicio. Esto impone ciertas dificultades para el diseño de dichos sistemas, ya que muchos motores modernos (sobre todo de vehículos) tienen sistemas de escape complejos

que incluyen equipos para el tratamiento de emisiones como los catalizadores y los sistemas de recirculación de gases. Sumado a esto algunos fabricantes de motores imponen ciertas reglas para realizar modificaciones en los sistemas de escape de sus productos, por ejemplo en el número de curvaturas y ángulos de éstas, en las longitudes y diámetros de tuberías, etc. Para el caso de los motores turbocargados se añade el problema del excesivo calor generado, el cual en muchos casos llega a poner incandescente amplias áreas del múltiple de escape, haciendo necesaria su protección para evitar quemaduras y daños a equipos sensibles al calor.

Se debe tener especial cuidado en evitar excesos en la contrapresión generada por el sistema de escape, una restricción significativa a la salida de los gases puede generar efectos perceptibles en los parámetros de funcionamiento: eficiencia volumétrica, potencia de salida, consumo de combustible, etc. Otro efecto nocivo que se puede presentar al modificar el sistema de escape de un motor en particular es el cambio en los patrones de pulsos del flujo, esto puede incidir negativamente en el funcionamiento del motor.

En la medida de lo posible se debe evitar que la tubería del sistema de escape se extienda sobre el piso de la celda, esto puede ser potencialmente peligroso especialmente si los ductos de combustible se encuentran cerca.

3.12.1 Tipos de sistemas de escape para celdas de ensayos. Los sistemas de escape de las celdas de ensayos pueden ser clasificados como sigue:

- Por acople cerrado, para celda individual.
- Con el sistema de escape del motor mas un ducto de escape, para celda individual.
- Con ducto de escape común para celdas múltiples.

- **Celda individual, acople cerrado**

Este puede ser considerado como el arreglo estándar para una sala de ensayos de propósito general, aunque también es conveniente para pruebas de evaluación de producción. El múltiple de escape del motor es acoplado a una tubería flexible de acero inoxidable de gran diámetro para minimizar las ondas de presión, luego conducido a través de una válvula de regulación de contrapresión de una vía, a un sistema de tuberías suspendido del techo de la celda. Se debe tener especial cuidado con el condensado que tiende a acumularse en estas tuberías, el cual es altamente corrosivo. Por esta razón deben estar levemente inclinadas además de contar con un adecuado sistema de drenaje. El montaje se muestra esquemáticamente en la figura 70 (a).

- **Celda individual, sistema de escape del motor mas ducto de escape.**

Hay dos opciones disponibles cuando se considera necesario usar el sistema de escape propio del motor: una es hacer pasar la tubería de salida a través de un panel en la pared de la celda; la otra es usar un sistema de gases de escape como el que se muestra esquemáticamente en la figura 70 (b). En este caso la parte final de la tubería del sistema de escape del motor es simplemente insertada en un ducto con abertura de campana a través de la cual se extrae aire de la celda, el caudal de flujo debe ser de al menos dos veces el flujo máximo del escape, preferiblemente más. Este flujo es inducido por un ventilador, usualmente centrífugo, el cual debe ser capaz de manejar la mezcla de aire y gases de escape a temperaturas que pueden alcanzar los 150 °C.

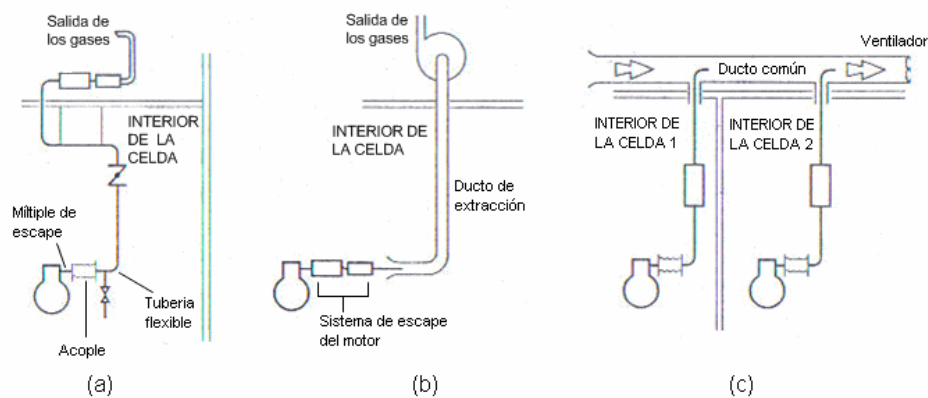
- **Celdas múltiples, ducto de escape común.**

Este arreglo es el más ampliamente utilizado para grandes instalaciones, ver figura 70 (c). Como en los casos anteriores, el ventilador de escape debe ser adecuado para temperaturas de mínimo 150 °C. Es particularmente

recomendado para motores diesel, en el caso de motores encendidos por chispa siempre existe la posibilidad de que los gases de escape contengan combustible no quemado, el cual se podría acumular en la tubería y entonces ser detonado por el escape de otro motor.

Tanto en el sistema (b) como en el (c), el control del ventilador debe estar interconectado con el sistema de control de la celda, de manera que los motores solo puedan funcionar cuando el ventilador este encendido.

Figura 70. Esquemas de sistemas de escape para celdas de ensayos.



Fuente: PLINT Michael. Engine Testing Theory and practice. Butterworth Heinemann. England 1995. p 113.

3.12.2 Solución adoptada para el sistema de escape. Se opta por la configuración descrita en la figura 70 (b) ya que con ésta se mantiene un control individual de las celdas sin afectar las condiciones de celdas adyacentes. Además, con este mecanismo de extracción de gases se pueden implementar diversos sistemas de escape de diferentes motores sin necesidad de realizar grandes modificaciones al sistema general.

El equipo consta básicamente de un ducto de gran diámetro que permita la inserción del extremo final de la tubería de escape, su diseño debe estar basado en los parámetros que regulan su tamaño y longitud. En el mercado

no existe un equipo diseñado específicamente para esta tarea, sin embargo su construcción no reviste de mayor complejidad y la puede realizar cualquier taller especializado en esta área, por esta razón no seleccionamos un equipo como tal en este apartado.

3.13 ILUMINACIÓN

La iluminación es un aspecto importante en el diseño de edificaciones y recintos, y se convierte en un punto crítico si estos están destinados a la realización de pruebas o ensayos en máquinas, lo cual es nuestro caso. Las luminarias que proveen la iluminación en una celda de ensayos deben estar instaladas en forma segura de forma que no puedan ser movidas por el aire de ventilación, deben también brindar un adecuado y homogéneo nivel de iluminación sin causar resplandor desde la ventana del cuarto de control. Puesto que estas luces estarán funcionando en una atmósfera cargada de vapores de petróleo, deben cumplir con los estándares de seguridad apropiados, ser fácilmente limpiadas y operar a moderadas temperaturas de superficie.

El método “lumen” de diseño proporciona un nivel promedio de iluminación en un plano de trabajo para un número particular de luminarias de potencia específica arregladas en un patrón simétrico. También toma en cuenta factores como las proporciones del cuarto y la reflectividad de paredes y techo.

El RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) establece niveles de iluminancia (adoptados de la norma ISO 8995) para lugares como celdas de prueba, laboratorios, oficinas y salas de conferencia, en valores de entre 300 y 750 lux. Un diseño de iluminación debe comprender las siguientes condiciones esenciales:

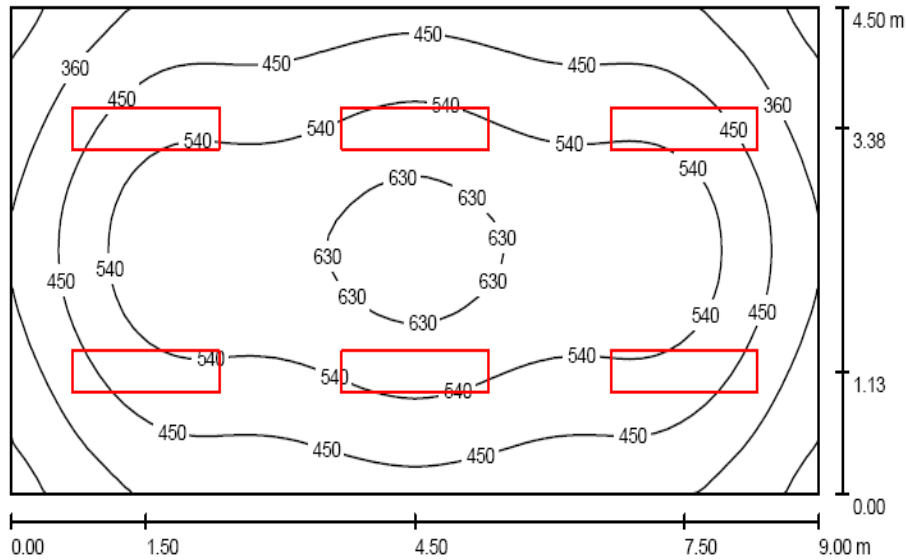
- Suministrar una cantidad de luz suficiente.
- Eliminar todas las causas de deslumbramiento.

- Prever el tipo y cantidad de luminarias apropiadas para cada caso particular teniendo en cuenta su eficiencia.
- Utilizar fuentes luminosas que aseguren una satisfactoria distribución de los colores.

Por otra parte las luces de emergencia, equipadas con baterías, deben permanecer en funcionamiento un tiempo mínimo de una hora y mantener un nivel de iluminación en el rango de 30 - 80 lux, estas deben instalarse tanto en la sala de pruebas como en el cuarto de control. En ocasiones es muy útil poder controlar las luces desde el escritorio de la sala de control, ya sea para ver chispas o superficies calentadas al rojo, o simplemente para ocultar el interior a ojos no autorizados.

3.13.1 Cálculo de luminarias y configuración. En general se buscara que los niveles de intensidad lumínica que cumplan con los requerimientos de luminosidad recomendados por la RETIE para estos casos (de 300 a 750 lux), determinando el plano de trabajo a 85 cm desde el suelo. Se utilizaran las luminarias SYLVANIA 0052331 SYLCLEAM 258 HR B2 PC de 10400 lux y 134 W.

Para realizar los cálculos recurriremos al software DIALUX. Haremos los cálculos para el recinto dentro de la celda que contendrá al motor y dinamómetro, al mismo tiempo este análisis servirá para la sala de control. Con base a las características de las luminarias, dimensiones del recinto y características reflectivas de paredes, piso y techo el software arroja el siguiente resultado.



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.110 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	490	241	667	0.49
Suelo	27	422	246	552	0.58
Techo	27	75	57	87	0.75
Paredes (4)	20	203	46	357	/

Plano útil:

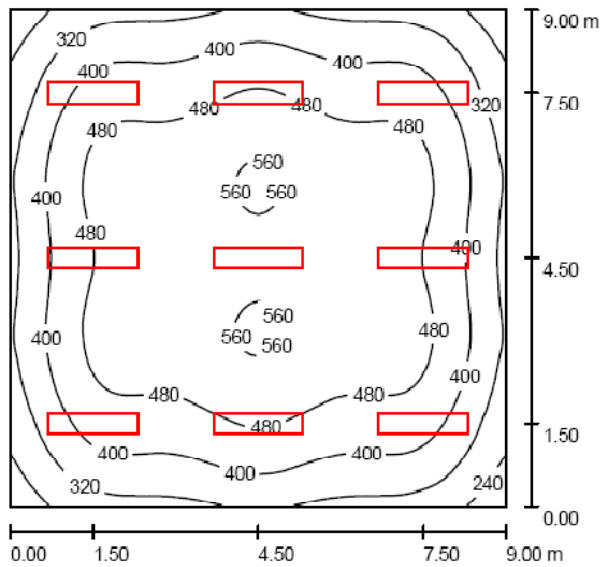
Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	6	Sylvania 0052331 SYLCLEAN 258 HR B2 PC (1.000)	10400	134.0
			Total: 62400	804.0

En la grafica se pueden apreciar las líneas de intensidad lumínica (en lux) en el plano de trabajo (85 cm). Estas arrojan el resultado de que los niveles de intensidad lumínica están en el rango requerido, por lo cual se considera satisfactoria la configuración.

De la misma manera haremos para los laboratorios, los cuales presentan una configuración distinta, ya que no tienen paredes divisorias.



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.110 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	435	191	568	0.44
Suelo	27	394	190	522	0.48
Techo	27	75	50	91	0.67
Paredes (4)	20	169	43	290	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

UGR

Pared izq 16
 Pared inferior 16
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi-

16

Tran

18

al eje de luminaria

Lista de piezas - Luminarias

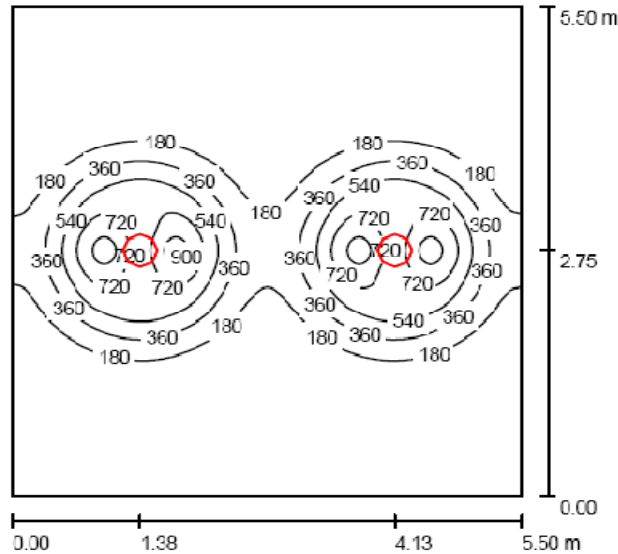
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	9	Sylvania 0052331 SYLCLEAN 258 HR B2 PC (1.000)	10400	134.0
			Total: 93600	1206.0

De la misma manera vemos que el rango requerido se cumple aunque con un poco menos intensidad, pero igual es valedero.

Finalmente realizaremos el cálculo para la celda semianecoica, en la cual debemos escoger otro tipo de lámpara debido a que el recubrimiento especial del techo de éstas no permite el montaje de algunos tipos de luminarias, incluyendo la seleccionada previamente. Por esa razón

utilizaremos las de tipo colgante, entre las cuales la LUMIANCE 3061190 PENTO TC-T 2X26W fig. 92, es la mas adecuada.

Para este caso el software DIALUX genero los siguientes resultados:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.600 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	227	74	971	0.32
Suelo	49	219	74	456	0.34
Techo	85	103	82	126	0.79
Paredes (4)	85	101	68	267	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	15	15	
Trama:	128 x 128 Puntos	Pared inferior	15	15	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	2	Lumiance 3061190 PENTO TC-T 2X26W silver colour + No Accessory (1.000)	3600	63.0
Total:			7200	126.0

Valor de eficiencia energética: $4.17 \text{ W/m}^2 = 1.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 30.25 m^2)

Como en los dos casos anteriores el equipo seleccionado genera resultados dentro del rango recomendado.

3.14 RUIDO EN LA CELDA DE ENSAYOS

Una celda de ensayos de motores es un lugar en el que se produce mucho ruido debido principalmente al sistema de escape. Éste es un problema que se debe tener muy en cuenta para evitar la contaminación auditiva en los alrededores y permitir que el personal pueda trabajar de manera adecuada. Se debe buscar que el ambiente de trabajo opere bajo los niveles estipulados por la normativa vigente, en Colombia la norma que regula el nivel de ruido es la Resolución 627 de 2006 “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental” expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la tabla 13 resume dicha norma.

Tabla 13. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles ponderados dB(A).

SECTOR	SUBSECTOR	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Tomado de la página www.alcaldiabogota.gov.co

De la tabla anterior se determina que el nivel de ruido aceptable para una celda de ensayos de motores es de máximo 70 decibeles ponderados (dBA) durante el día y 60 dBA durante la noche, asegurando que se mantenga una conversación normal a un metro de distancia. Por otra parte, en la sala de control el nivel de ruido no debe sobrepasar los 65 dBA (día) y 55 dBA (noche). La regulación requiere el uso reglamentario de protección auditiva para niveles de ruido superiores a 90 dBA.

3.14.1 Ruido del sistema de escape. El ruido del sistema de escape puede viajar considerables distancias y puede llegar a generar molestias en salas adyacentes o incluso ser motivo de quejas por parte de vecinos locales, particularmente si éste funciona en horas de la noche o durante los fines de semana. Por esta razón el diseño del sistema de escape de la celda de pruebas no solo debe ser el adecuado para los requerimientos de rendimiento del motor bajo prueba, también deben tenerse en cuenta las consideraciones de niveles de ruido permisibles.

Esencialmente existen dos tipos de dispositivos para la reducción de niveles de ruido en ductos de escape: resonadores y silenciadores de absorción. Un resonador, conocido también como un silenciador reactivo, consiste básicamente en un recipiente cilíndrico dividido por particiones en dos o más compartimientos. El gas de escape viaja a través del resonador por medio de tubos perforados que ayudan a disipar el ruido. El dispositivo es designado para dar cierto grado de atenuación, el cual puede alcanzar los 50 dB sobre un rango de frecuencias.

Los silenciadores de absorción consisten esencialmente de una cámara rellena con material absorbente de ruido, a través del cual los gases de escape pasan por una tubería perforada. Los silenciadores de absorción dan amplias bandas de amortiguación pero son menos efectivos que los

resonadores en rangos de baja frecuencia, sin embargo tienen la ventaja de ofrecer baja resistencia al flujo.

La selección del diseño mas adecuado para una situación dada es tarea de especialistas en el tema. Ambos tipos de silenciador están sujetos a la corrosión si no funcionan a una temperatura superior a la del punto de rocío del gas de escape, esto se debe a que a temperaturas menores el vapor de agua contenido en éste se condensará dañando el metal.

3.14.2 Coeficientes de absorción

El valor medido del *nivel de presión del sonido* (SPL por sus siglas en inglés) en un ambiente como el de una celda de ensayos de motores, no da una información precisa de la potencia de la fuente: un motor ruidoso en una celda que tiene buenas superficies absorbentes de sonido puede generar el mismo SPL que un motor silencioso rodeado por paredes reflectivas de sonido. El coeficiente de absorción es una medida de la potencia de sonido absorbida por una superficie cuando es impactada por una onda sonora. Este coeficiente tiene una fuerte dependencia de la frecuencia y tiende a disminuir a frecuencias por debajo de los 500 Hz. La tabla 14 muestra valores aproximados de coeficientes de absorción para algunos materiales estructurales comunes y aislantes de sonido.

Tabla 14. Coeficientes de absorción para algunos materiales.

Concreto, ladrillo	0.03
Vidrio	0.1
Bloque de cisco	0.5
Baldosín acústico	0.9
Ventana abierta	1.0

Fuente: PLINT Michael. Engine Testing Theory and practice. Butterworth Heinemann. England 1995. p 86.

Deberíamos recordar que el grado con el cual el sonido es absorbido por estas cubiertas hace la diferencia en la intensidad de sonido recibida directamente de la máquina.

3.15 FACTORES DE INFRAESTRUCTURA (CIVILES)

En este aparte se hará una breve descripción de las características infraestructurales más relevantes que deben cumplir las salas de ensayos, entre las que se cuentan: paredes, puertas, ventanas, piso, techo y el equipo para el montaje de los motores.

3.15.1 Puertas, muros y ventanas. Las puertas de una celda de ensayos deben satisfacer los requerimientos mínimos de atenuación de ruido y contención del fuego. Éstas deben abrir hacia el exterior o también se pueden usar puertas deslizantes montadas sobre rieles, en ambos casos el esfuerzo realizado debe ser mínimo. Es aconsejable que estén dotadas de pequeñas ventanas de observación de manera que sea posible ver ya sea hacia el interior o hacia el exterior de la celda. Para su fabricación se utilizan planchas de acero galvanizado, sus dimensiones deben ser suficientemente amplias para permitir el cómodo ingreso y retiro de los equipos.

Las paredes deben ser lo suficientemente fuertes para soportar cargas impuestas por cualquier elemento ubicado sobre ellas. Según lo establecido por el estándar NFPA 37 los cuartos donde se disponen motores de combustión interna estacionarios, deben tener muros contra incendios de al menos una hora de contención, además de acuerdo a la norma ICONTEC 2000 (código colombiano de estructuras de hormigón reforzado) el espesor de los muros contrafuego no podrá ser menor de 200 mm conformados de hormigón armado y cubiertos de un material aislante térmico y acústico. Finalmente deben ser pintadas de color blanco mate para no reflejar la luz con características especiales que permitan una fácil limpieza.

La ventana del cuarto de control, véase figura 71, es de doble cristal de vidrio endurecido de aproximadamente 1500 x 1000 x 80 mm cada uno, con una cámara entre cristales de 250 mm. La altura de la ventana a partir del suelo se determina teniendo en cuenta que el 95% de las personas que se ubiquen en la sala de control puedan observar el interior de la celda desde la posición de trabajo (observador sentado) lo cual corresponde a una altura de aproximada de 1100 mm. El marco del cristal debe ser de plancha de acero galvanizado de 1 mm de espesor, los dos cristales no deben estar dispuestos paralelamente sino ligeramente convergentes para evitar fenómenos de refracción luminosa.

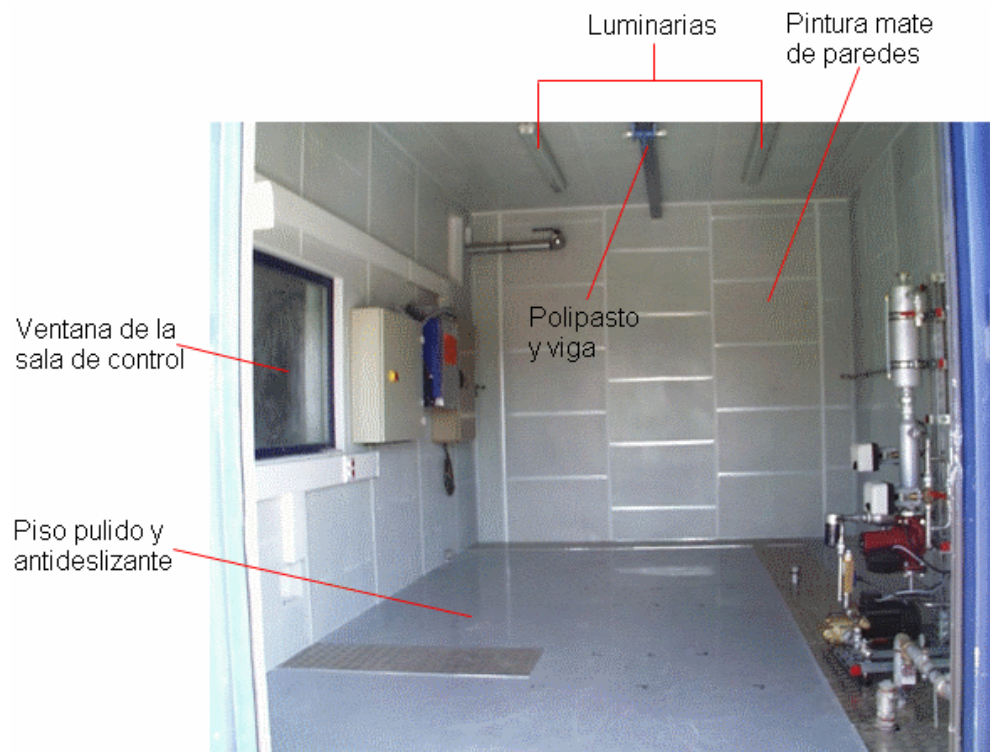
Figura 71. Ejemplo de ventana de cuarto de control.



Fuente: Tomado de Internet

3.15.2 Pisos y techo. El suelo de la sala de ensayos debe estar conformado por una malla de varillas de acero de 6 mm de diámetro sobre la cual descansa una plancha de hormigón armado, cubierta con pintura especial con forma de pasta y una superficie brillante y pulida resistente a golpes, ignífuga y antideslizante. Se recomienda que las tuberías de suministro se tiendan a través de canales en el piso a ambos lados del banco de pruebas, los cuales serán cubiertos por láminas con agujeros que no pesen más de 20 Kg. cada una. Dichos canales que también pueden funcionar como drenajes. El techo es de hormigón armado y esta cubierto con material ignífugo y aislante acústico al igual que las paredes.

Figura 72. Ejemplo de una celda de ensayos para MCI.



Fuente: Tomado de la página www.cmt.com

3.15.3 Polipasto y viga. El grado de elaboración del sistema adoptado para el montaje y remoción del motor depende de la comodidad con la que se quiera manipular el mismo. En general el sistema consiste de un pequeño puente grúa ubicado en la parte central ya sea anclado al techo o con un carril lateral apoyado en columnas. Este adicionalmente cuenta con un polipasto eléctrico que permite subir o bajar la carga. Los motores son traídos a la celda por un montacargas que circula a lo largo de los corredores del centro y que puede entrar en las celdas para dejar el motor sobre el control del polipasto.

3.15.4 Solución adoptada y equipo seleccionado. En cuanto a paredes, pisos y techo se utilizaran los siguientes materiales:

- Techos: Placa de concreto de 8" de espesor
- Paredes exteriores: Ladrillo de mampostería.
- Pisos: Placa de concreto de 6" de espesor.

Las puertas de las celdas semianecoicas, ver figura 73, no presentaran ventanillas de observación, esto debido a que el vidrio es un muy mal absorbente acústico y por consiguiente el recinto perdería calidad en su desempeño. Para observar el funcionamiento del motor bajo prueba se hace uso de sistemas de cámaras de video cerrado.

Las características del material absorbente que recubre las superficies de las celdas semianecoicas son:

Material externo: Lámina negra calibre 16.

Material interno: Combinación de tres materiales absorbentes, diferentes espesores y cualidades acústicas.

Material de recubrimiento interior: Doble capa de material absorbente, fibra de vidrio y espuma de uretano.

Acabado exterior: Pintura de esmalte tipo automotriz. Color gris perla, o beige.

Acabado interior Recubrimiento en paredes de vynil perforado (lavable), color Beige. Recubrimiento en techo de vynil liso (lavable), color blanco.

Figura 73. Detalle de puerta y recubrimiento especial en las celdas semianecoicas.



Fuente: Tomado de Internet

Para maniobrar e instalar el motor a probar se opto por un polipasto eléctrico con carro manual (polipasto y viga). El peso del motor a mover es el que corresponde con el de la potencia máxima (250 HP), siendo de aproximadamente 1800 lb. Se toma la celda de 250 hp de potencia máxima diesel como ejemplo de la selección y luego se generaliza para las celdas restantes.

Este peso está afectado por un coeficiente de mayorero de 1.6, por lo que la carga a soportar será de 2880 libras lo que nos conlleva a la selección de un polipasto con carro manual para 2 toneladas según catálogo del fabricante **Loadmate**, ver tabla 15.

Tabla 15. Fragmento del catálogo de productos loadmate.

Armazón	Capacidad. (kg)	Izaje (m)	Velocidad de izaje (m/min)	Ramales	Pot. Motor Polipasto (Kw)	Carro de empuje manual	
						h(mm)	W(kg)
LM10	1000	3	4.9	1	0.95	559	65
LM10	1000	3	9.8	1	2.10	559	65
LM10	2000	3	2.4	2	1.10	635	99
LM10	2000	3	4.9	2	2.10	635	99
LM16	3000	3	4.9/1.2	2	4.20/1	641	130

Fuente: Tomado de la página www.rmhoist.com

El sistema a montar en cada celda de ensayos consiste en un puente-grúa ubicado en la parte central ya sea anclado al techo o con un carril lateral apoyado en columnas, véase figura 72, está conformado con una viga de perfil normalizado W8 X 21 que soporta las cargas que levanta y traslada el polipasto acoplado a él sirviendo de viga riel.

De la tabla anterior se seleccionan los equipos resaltados como sigue:

- a) **Selección para celda de pruebas MECH (250 HP)**
Equipo LM10

- b) **Selección para celda de pruebas MECH (450 HP)**
Equipo LM10

- c) **Selección para celda de pruebas MEC (250 HP)**
Equipo LM10

- d) **Selección para celda de pruebas MEC (540 HP)**
Equipo LM16

4. LABORATORIOS DEL CIDEMC

Los motores antes de poder ser comercializados deben cumplir con un gran número de normativas, lo cual, se logra mediante pruebas de los diferentes elementos que conforman el vehículo hasta alcanzar los estándares requeridos. Las regulaciones en cuanto a control de ruido, emisiones, desempeño, confort, desgaste, seguridad entre otros, hacen que los fabricantes de motores deban tener obligatoriamente laboratorios especializados que sirvan de apoyo al desarrollo en motores.

El Centro de Investigación en motores que plantea la siguiente tesis tiene muy en cuenta esto, razón por la cual propone la implementación de laboratorios complementarios a las celdas de prueba dedicados a estudios de elementos específicos del motor que permitan mejorar sus prestaciones como por ejemplo análisis de procesos de combustión, inyección de combustible, mapeo entre otras.

4.1 GENERALIDADES

Los medios para las pruebas de los diferentes sistemas de los motores son diversos y muy particulares. Para cumplir con los objetivos y requerimientos que se han delineado en el presente proyecto, se han tenido en cuenta laboratorios para los sistemas y procesos más relevantes y básicos como son: sistemas de inyección, combustión, electrónica del motor y flujo de admisión y de gases de escape.

El proceso de inyección es una delicada labor que se debe llevar a cabo con la máxima precisión y control, debido a que de esto depende la eficiencia y ahorro de energía en los vehículos. Los laboratorios para estos sistemas cuentan con maquinas probadoras de bombas e inyectores que arrojan un diagnóstico del estado de las mismas al tiempo que permiten analizar

cambios en el comportamiento del sistema al introducirle modificaciones al mismo.

Los procesos de la combustión en las MCI son de vital importancia, ya que es debido a su eficiencia que el motor va a poder extraer la máxima energía del combustible. Para su análisis se emplean motores monocilíndricos que permiten diversas configuraciones para el estudio de las diferentes variables que influyen en el proceso de combustión, además cuenta con accesos ópticos, sofisticados sensores y herramientas ópticas para un completo y detallado examen de tan complejo proceso.

Hoy en día los computadores han revolucionado nuestro entorno al punto de volverse herramientas vitales en nuestro accionar. Los motores no se quedan atrás al hacer uso de estos dispositivos para controlar su funcionamiento. Las ECU son pequeños computadores o minicerebros que le imparten órdenes al motor de acuerdo a las condiciones de operación para garantizar mayor eficiencia y desempeño. Al tratarse de minicomputadores se pueden estudiar en laboratorios con equipos electrónicos propios para el análisis de los ordenadores convencionales, aunque inclinados a los procesos de los motores.

Finalmente, tenemos los sistemas de intercambio de gases, que juegan un papel muy importante en las MCI, debido a que con su correcto manejo los motores logran elevados grados de rendimiento. Por lo general, el diseño de estos ductos es una materia para especialistas, dado al complejo comportamiento del flujo de los gases en el motor.

Su análisis se puede llevar a cabo simulando el paso de los gases a través de ductos con una elevada carga de sensores que registraran la variación de cualquier parámetro de interés debido al cambio de geometrías y materiales del sistema.

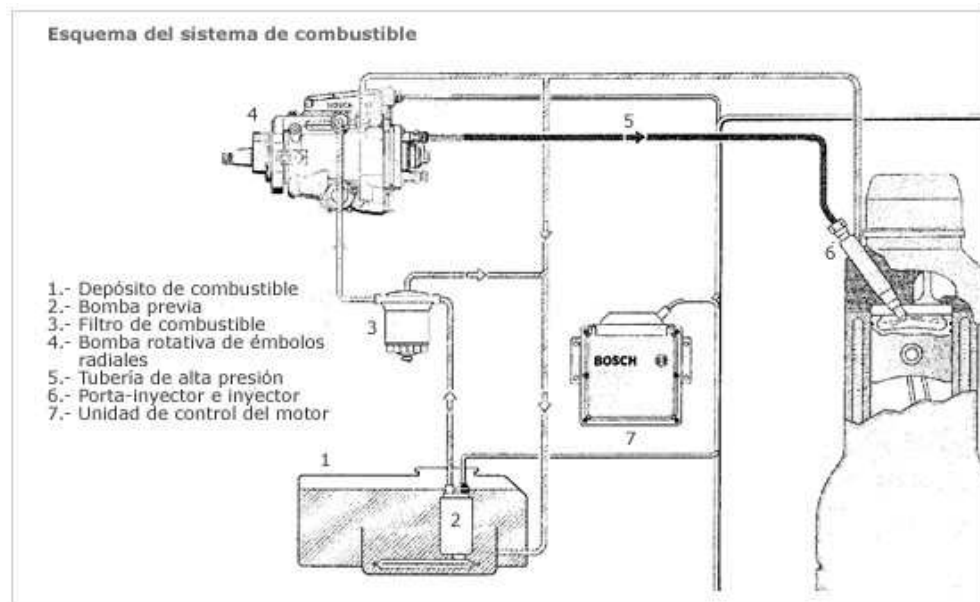
Además, estos laboratorios estarán soportados por una sala de computo científico con potente hardware y software de cálculo ingenieril que permita simular, calcular y proyectar un determinado estudio de interés.

4.2 LABORATORIO DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL

4.2.1 Fundamentos. El sistema de inyección Diesel es un sistema de inyección para combustibles líquidos, utilizado comúnmente en los motores de encendido por compresión, es un sistema de inyección a alta presión (en el orden de los 200 Kg/cm²).

Sirve para inyectar, de acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, cierta cantidad de combustible y finamente pulverizarlo en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy caliente, se mezcla y se enciende produciéndose la combustión. El funcionamiento de este sistema es descrito a continuación, véase figura 74.

Figura 74. Sistema de combustible Diesel



Fuente: www.mecanicavirtual.org/indice.cursos.html.

Este sistema consta fundamentalmente de un depósito o tanque (1), una bomba de elevación para transferencia de combustible desde el tanque a la bomba principal (2), un filtro para obtener un combustible limpio (3), libre de cuerpos extraños o de agua y para proteger los elementos del sistema, una bomba de desplazamiento positivo (4), con capacidad para inyectar cantidades variables de combustible dada por un diseño especial de los émbolos, tubería de alta presión (5), inyector propiamente dicho (6), encargado de la inyección directamente en la cámara de combustión (inyección directa) o en una cámara auxiliar (inyección indirecta) y finalmente la unidad de control (7). El funcionamiento del sistema es el siguiente:

El sistema de alimentación suministra el combustible a una bomba alternativa accionada por el mismo motor y sincronizada con éste, para inyectar en cada cilindro en el momento preciso, la bomba, mediante unos émbolos de forma y mecanizado particular y accionados por un sistema de levas, bombea el combustible por una cañería hasta los inyectores que con el pulso de presión del fluido, abren e inyectan el combustible que ingresa en la cámara de combustión del motor, finamente pulverizado. La cantidad de combustible que inyecta cada émbolo de la bomba se regula haciendo girar el émbolo por medio de un sistema de piñón y cremallera, con este giro del émbolo, se pone en comunicación la cámara donde se encuentra el combustible ingresado, con una ranura helicoidal mecanizada en el émbolo, dejando salir el excedente de combustible de regreso a su depósito original, limitando así la cantidad inyectada al motor.

La inyección en motores Diesel es una labor delicada, del éxito de ella depende que el motor opere de manera óptima. La formación de la mezcla influye de forma crítica en el consumo de combustible, composición de los gases de escape y el ruido de combustión.

Según los estudios experimentales en laboratorio, se demuestra que la inyección de una pequeña cantidad de combustible (1- 2 mm³) antes de hacer la inyección principal de combustible es aconsejable para reducir el

ruido del motor. Otro estudio revela que una inyección piloto demasiado grande aumenta la emisión de partículas contaminantes. El sistema Common Rail permite realizar una inyección pequeña al final de la inyección principal (post- inyección), se demuestra de forma experimental que esta pequeña inyección final en la carrera de expansión del motor puede ayudar como un agente reductor de los NOx en el catalizador.

Los anteriores resultados nos indican que si estudiamos a fondo los sistemas de inyección e implementamos los resultados que obtengamos podremos perfeccionar cada día más los motores Diesel. Es por esto que debemos convencernos de que un laboratorio de esta naturaleza es completamente necesario.

4.2.2 Configuración y tamaño de laboratorio.. El lugar para las pruebas y el análisis de bombas de inyección Diesel, esta formado básicamente por: un equipo de medición universal de los parámetros de funcionamiento (banco de ensayos) para bombas de inyección de cualquier tipo, el probador de inyectores, el juego de herramientas, las mesas de trabajo, el módulo u oficina de administración y el almacén de equipo para prueba y entrega.

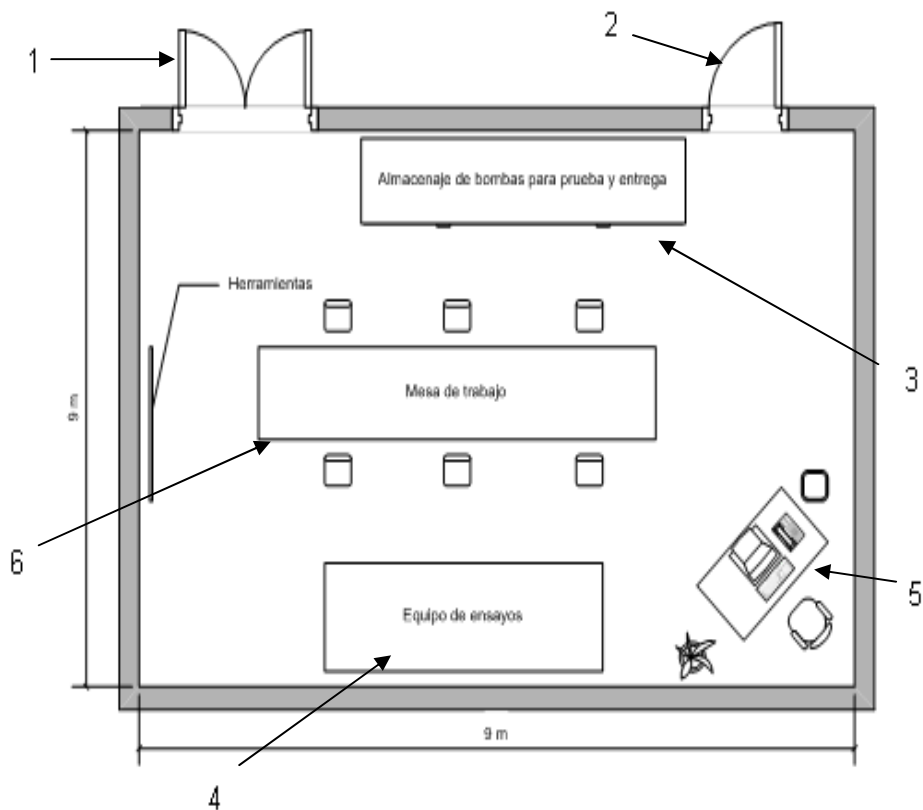
El recinto debe tener buena ventilación para evitar la acumulación de vapores explosivos, debe ser amplio y cómodo para la circulación del personal que lo opera, poseer buena iluminación y una conexión de agua para un pequeño lavamanos de aseo personal.

El laboratorio, debe a su vez, contar con una red de suministro eléctrico adecuado para suministrar potencia eléctrica al banco de ensayos y al equipo periférico que ha de traer consigo. En general el recinto debe permanecer en todo momento debidamente aseado y ordenado y los profesionales que en el laboran deben llevar el uniforme e indumentaria de seguridad requerida en estos casos.

Consultando diferentes fuentes bibliográficas no hallamos una normatividad como tal, que indique el dimensionamiento de estos recintos. Haciendo una

investigación de campo en el área metropolitana de Bucaramanga, se encontró que las dimensiones utilizadas para estos lugares son casi que arbitrarias y no siguen un patrón en particular. Teniendo en cuenta lo anterior y pensando que estas salas deben ser cómodas para la circulación de las personas y flexibles a cambios futuros se ha optado por una amplia área de 9 m x 9 m x 3 m, lo cual garantiza espacio suficiente para lo que se pretende. En la figura 75 se puede observar que el laboratorio consta de una puerta de acceso para equipos (1), una para personal (2), gabinetes para almacenamiento de bombas probadas y por probar (3), la maquina de ensayos propiamente dicha (4), puesto de trabajo del orientador encargado de la sala (5) y la mesa de trabajo (6), donde se manipularan las bombas a probar.

Figura 75. Configuración y tamaño del laboratorio de inyección.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio

4.2.3 Equipo necesario para el laboratorio de sistemas de inyección.

Básicamente la instrumentación necesaria consiste de una máquina dotada con bombas de impulsión de combustible a gran presión, motores eléctricos, juego de inyectores, probetas de medición y otros elementos que buscan simular el sistema de inyección del motor y someterlo a pruebas exigentes. Existen equipos especializados en determinado tipo de bombas, pero también, los hay en versiones de carácter universal. Estas últimas son mucho más atractivas dada la flexibilidad que ofrecen de operar con una amplia gama de bombas.

También existen bancos de ensayo, asistidos por computador, que brindan mayor exactitud y control al momento de realizar la prueba, los hay de distintos tamaños, formas, capacidades y precios, pero en general su principio de funcionamiento es el mismo.

Los aditamentos o instrumentación adicional consisten de herramientas para desarmar y armar durante el montaje, el probador de inyectores, el juego de bombas, las tuberías, las bridas, y el porta-inyectores entre otras.

En conclusión existen muchos equipos que pueden suplir la necesidad dentro del lugar pensado para éste tipo de pruebas, sin embargo, es bueno pensar en el respaldo y asistencia técnica que ofrezca el fabricante, en estos casos, es mejor optar por casas matrices reconocidas en el medio.

4.2.4 Equipo seleccionado. La máquina para realizar los ensayos deberá ser capaz de analizar cualquier tipo de bomba, debe ser moderna, asistida por computador y sobre todo debe tener un gran respaldo por parte del fabricante. Bosch es una marca de reconocida trayectoria en este campo y con gran asistencia técnica en el país, por lo cual se selecciona como proveedor del equipo. La máquina seleccionada es el modelo EPS 815, véase la figura 76, la cual viene equipada con dispositivo de medición electrónico de caudal KMA. Al momento de la entrega la maquina se

suministra con elementos adicionales como lo son el probador de inyectores, caja de herramientas para montaje, mangueras entre otros.

Bosch ofrece 3 modelos de equipo: EPS 604, EPS 807 y EPS 815. Se selecciona el modelo EPS 815 debido a que es el que presenta la mayor potencia motriz de accionamiento. Esto porque necesitamos analizar bombas de diversos tamaños y debemos asegurarnos de que el equipo pueda analizar las mas grandes.

Figura 76. Equipo EPS 815 con sistema KMA



Fuente: Tomado de la página www.bosch.com.co

Además se escogió el modulo de medición electrónico de caudal KMA debido a que la medición es mas rápida y exacta que el método mecánico de probetas MGT. Otra característica que lo hace atractivo es el dispositivo de medición de hasta 12 cilindros, lo que garantiza el uso universal. Algunas de las características más relevantes del EPS 815 son: Dimensiones de (L= 1.7 m, A= 0.63 m y h= 1.77m) Potencia de accionamiento de 15 KW, manejo sencillo con cuentarrevoluciones, contador de carreras y regulador de temperatura incorporado, inyección amortiguada, ausencia de vapor de aceite y neblina de aceite, caudal de inyección para 12 cilindros, ordenador incorporado con monitor de 14" y cumplimiento a cabalidad de la norma ISO 4008.

Este equipo permite realizar pruebas de todo tipo en bombas rotativas y lineales siempre y cuando se adquieran los diversos aditamentos que ofrece la unidad para montaje de las diversas bombas. Estas pruebas serán llevadas a cabo por un técnico experto certificado por la empresa o un técnico SENA competente, supervisado por el ingeniero a cargo del laboratorio.

4.3 LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

4.3.1 Fundamentos

Los motores están acelerando su proceso de transformación, que en gran medida es debido a los avances en las tecnologías de la electrónica. El futuro es el de introducir controles electrónicos sofisticados que se acerquen a los de los aviones de hoy en día (sistemas de control “By Wire”). Todos estos recursos están encaminados a controlar el movimiento del automóvil, los sistemas de potencia y a mantener a sus ocupantes informados y conectados al resto del mundo.

Para lograr todo esto es necesario dotar a los motores con una gran variedad de sensores, que en la actualidad llegan a 27 por unidad. Entre ellos podemos mencionar: sensores de temperatura, presión, revoluciones, infrarrojo, flujo másico, de giroscopio, laser, de gases, radar, electroquímicos, de posición, ultrasónicos, de torque, etc. Esto significa que el motor debe poseer una unidad que reciba las señales de todos estos transductores y las procese para de esa forma hacer los ajustes necesarios para que el motor funcione de manera óptima.

Este elemento se denomina UCE (ó ECU por sus siglas en ingles) las siglas que hacen referencia a la Unidad de Control de Motor, véase figura 77; es un dispositivo de gran importancia en los motores modernos que se encarga de administrar de manera eficiente los sistemas del motor, haciendo que se

genere un mejor desempeño. Se puede decir que es el corazón del sistema electrónico automotriz.

Figura 77. Unidad de Control del Motor.



Fuente: Tomado de Internet

La unidad de control es de técnica digital, funciona como un ordenador, tiene un microprocesador que compara las distintas señales que recibe del exterior (sensores) con un programa interno grabado en memoria y como resultado genera unas señales de control que manda a los distintos dispositivos exteriores que hacen que el motor funcione. La ECU adapta continuamente sus señales de control al funcionamiento del motor.

Las señales que recibe la ECU de los distintos sensores son evaluadas continuamente, en el caso de que falle alguna señal o sea defectuosa, la ECU adopta valores sustitutivos fijos que permitan la conducción del vehículo hasta que se pueda arreglar la avería. Si hay alguna avería en el motor esta se registrará en la memoria de la ECU. La información sobre la avería podrá leerla el mecánico en el taller, conectando un aparato de diagnóstico al conector que hay en el vehículo para tal efecto. Si se averían los sensores o los elementos de ajuste que podrían suponer daños en el motor o conducir a un funcionamiento fuera de control del vehículo, se desconecta entonces el sistema de inyección, parándose lógicamente el vehículo. Para informar al conductor de que algún sistema del motor esta fallando, la ECU enciende un testigo en el tablero de instrumentos. El testigo de avería cuando se

enciende indica al conductor que debe dirigirse al taller para hacer una revisión del vehículo.

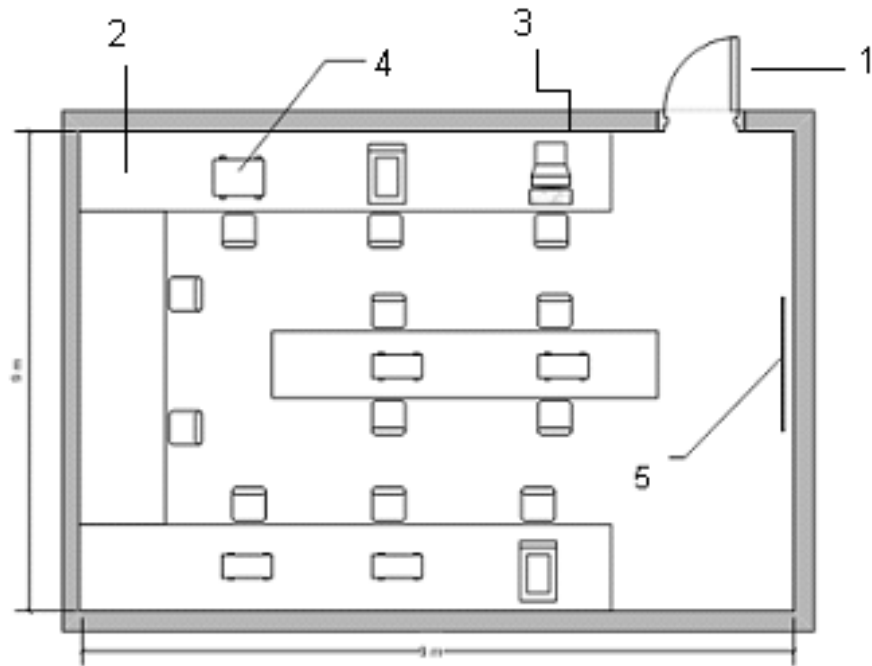
Dado el gran volumen de sistemas electrónicos en el motor moderno, se hace indispensable contar con laboratorios en electrónica que permitan su estudio y desarrollo; de esta manera se estará a la vanguardia en el área.

4.3.2 Configuración y tamaño de laboratorio. El lugar destinado para analizar estos dispositivos y todo lo relacionado con la autotrónica estará conformado básicamente por instrumentación electrónica capaz de medir variables (tensión, corriente, frecuencia), programar secuencias de operación (mapeo de las ECU), diagnosticar fallas y desarrollar nuevas unidades a partir de estudios e investigación en el campo.

La infraestructura del laboratorio debe contar con unas amplias instalaciones, ambiente climatizado, mesones o mesas para la ubicación de los equipos y sillas para el personal, una iluminación eficiente y las acometidas eléctricas necesarias para la conexión de los instrumentos de medición y análisis.

Al igual que en los otros casos, el tamaño no está atado a normativas y estará sujeto básicamente a las necesidades que se tengan. En nuestro caso hemos definido un tamaño de 9 m x 9 m con una altura de 3 m, lo cual nos asegura espacio suficiente y flexibilidad en cuanto a modificaciones futuras, véase figura 78. El laboratorio tendrá una puerta amplia de acceso (1), que permitirá tanto la entrada de personal como de equipo, mesones en cemento o madera (2), que irán ubicados a lo largo del recinto y en su parte central; estos a su vez serán divididos en diversos puestos de trabajo (3), asegurando de esa manera suficientes módulos de investigación. Contará con el equipamiento necesario (4) y con un pizarrón (5) para las clases que se impartan.

Figura 78. Configuración y tamaño de laboratorio para ECU



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio

4.3.3 Equipo necesario para el laboratorio de electrónica. La instrumentación necesaria para este laboratorio esta constituida básicamente por los siguientes aparatos:

- Osciloscopios digitales de 100 MHz, para analizar señales de diversos tipos y medir los voltajes pico a pico de las tarjetas electrónicas y sensores.
- Osciloscopio portátil convencional de 100 MHz.
- Generadores de señales de 10 a 100 MHz, para la introducción de señales de forma y característica determinada a las tarjetas electrónicas.
- Analizadores de espectros de 100 MHz, para analizar la señal respecto a la frecuencia (armónicos) y mirar su ganancia en decibeles.
- Multímetros automotrices y electrónicos para medir continuidad y valores de tensión y corriente en las tarjetas electrónicas y sensores del motor.

- Escáner automotriz portátil, para diagnosis de fallas en los sistemas del motor.
- PC's de escritorio que sirvan de soporte para las tareas de investigación y desarrollo y que permitan el ensamble de tarjetas de osciloscopio, de generador de señales y del analizador de espectros. También se requiere computadores portátiles para realizar diagnosis fuera del laboratorio.
- Estación de soldadura integral para dispositivos superficiales, que permitan la impresión y remoción de circuitos impresos.
- Fuentes de c.c. que permitan el suministro de este tipo de corriente a los circuitos de análisis.
- Pinzas amperimétricas para mediciones de corriente, voltaje y continuidad de circuitos, conmutadores, fusibles y contactos. Son ideales para adaptarse a medidas de hasta 400 A en compartimentos de cables limitados.
- Lámpara con lupa, para cómodo análisis y manipulación de circuitos.
- Gel o flus fundente para el estampado de elementos sobre las tarjetas base de circuitos.
- Alcohol isopropílico para limpiar las tarjetas o circuitos.

4.3.4 Equipo seleccionado. Con base a la información anterior, se selecciona la instrumentación requerida. Los fabricantes **National Instruments** y **Fluke** son elegidos como proveedores, esto debido a la calidad y buena reputación de sus productos.

- **Digitalizador/Osciloscopio PCI 5114** de National Instruments, véase figura 79. Este equipo se selecciona debido a que ofrece varias ventajas sobre los osciloscopios tradicionales: no solo permite realizar medidas estándares de osciloscopios, sino que también pueden construirse, a partir de él, instrumentos como analizadores de espectro, registradores de transitorios y receptores ultrasónicos. Ejecuta pruebas de alta velocidad al aprovechar la potencia de la PC estándar en la industria y además brinda una arquitectura abierta y software flexible que es intercambiado rápidamente con lo cual se

le puede dar otro tipo de uso para cumplir con las cambiantes necesidades de pruebas. Sus características principales son: velocidad de muestreo (250 MS/s), 2 canales, rango de frecuencia (0-125 MHz) y resolución de 8 bits.

Figura 79. Digitalizador PCI 5114



Fuente: Tomado de la página www.ni.com

- **Osciloscopio 196 C/S**, de Fluke, El fabricante ofrece 2 líneas que son básicamente de nuestro interés: la 120 y la 190. Se hizo la selección de la segunda (modelo 196 C/S) debido a que es el que ofrece el ancho de banda que necesitamos (100 MHz). El equipo se requiere debido a que se necesitan una o varias unidades portátiles que permitan análisis en otros sitios diferentes al laboratorio. Algunas de sus características más relevantes son: ofrece un ancho de banda de 100 MHz, velocidad de muestreo en tiempo real de 1 GS/s, pantalla a color con funciones avanzadas de memoria y disparo. Es compacto y robusto, y se alimentan por baterías.

- **Generador de señales PXI 4140** de National Instruments, véase figura 80. Se optó por este modelo debido a que permite generar formas de onda arbitrarias, funciones y señales RF vectoriales. Esto, sumado al hecho de que permite flexibilidad en cuanto a arquitectura y software, lo convierte en una herramienta potentísima dado que se puede modificar y adecuar con base a la necesidad que se tenga; algo que no se puede hacer con los generadores convencionales que ya traen todo configurado. Sus principales

características son: 3 canales, resolución de 16 bits, rango de voltaje máximo (-20...20 V) y soporte de sistema operativo Windows.

Figura 80. Generador PXI 4140



Fuente: Tomado de la página www.ni.com.

- **Multímetro automotriz 88V/A** de Fluke, Este producto es seleccionado debido a que está especialmente diseñado para las aplicaciones de automoción, con gran cantidad de recursos y accesorios que lo convierten en un excelente asistente para el técnico. Sus características más relevantes son: Termómetro integrado que permite realizar medidas básicas de temperatura sin necesidad de instrumentos adicionales, medida de hasta 1000 V CA y CC, medida de corrientes de hasta 10 A; 20 A hasta 30 segundos, medidas de RPM con captador inductivo (incluido), alarma sonora de entrada incorrecta que advierte en caso de conexión errónea de las clavijas de entrada entre otras muchas mas características.

- **Pinza amperimétrica Mod. 335** de Fluke. Dentro de la gama que ofrece el fabricante, el modelo 335 es el que nos permite medir el mayor numero de variables, por eso es seleccionado. Sus principales características son: permite medir Trms (verdadero valor eficaz), tensión AC, tensión DC, corriente de arranque, esta equipado con retroiluminación y su apertura de mordaza es de 30 mm.

- **Estación de soldadura Mod. 738** de AOYUE, véase figura 81. Se escoge el fabricante AOYUE, ya que es bien conocido en la distribución de este tipo

de equipo. El producto es especialmente diseñado para soldadura en circuitos electrónicos, combina las funciones de tres dispositivos: pistola de aire caliente, soldador y absorbente de humo con extractor eléctrico, regulación independiente de temperaturas del extractor y soldador entre otras características. Además equipada con la plataforma **ES328** para reparaciones y montajes de tarjetas.

Figura 81. Estación Mod. 738 AOYUE y plataforma ES328



Fuente: Tomado de la página www.satkit.com

Adicionalmente el laboratorio estará equipado con fuentes de corriente continua, lupa con lámpara para el cómodo trabajo sobre las tarjetas, gel o flus fundente para el estampado de elementos sobre las tarjetas base de circuitos, alcohol isopropílico para limpieza y computadores **iMac**: Monitor 20" LCD, Procesador Intel Core Duo 2.0 GHz, memoria RAM 2GB, Disco Duro 250 GB, Unidad Optica Super Drive, Tarjeta de Video ATI Radeon HD 2400 XT-128 MB, AirPort, Bluetooth, Control Remote.

4.4 LABORATORIO DIDÁCTICO DE MOTORES Y SISTEMAS DEL VEHÍCULO

4.4.1 Fundamentos. El correcto aprendizaje de las ideas aportadas por los docentes y técnicos en el área de las MCI son pieza fundamental en la formación de profesionales de alta calidad. Los medios didácticos son herramientas muy poderosas que ayudan enormemente a que esto se de. En nuestra academia muchas veces se ve un tema y el estudiante no tiene este tipo de recursos, que son claves para comprender adecuadamente las ideas suministradas. Las salas didácticas tienen por objeto ayudar a resolver esta problemática. Estos recintos presentan herramientas de todo tipo para dar un complemento a las ideas impartidas en el aula de clase. Es así como, vemos que existe material informático multimedia, cuadros explicativos, maquetas en corte de máquinas, módulos de práctica de los diferentes sistemas del motor, software de simulación entre otros más que permiten una mejor instrucción.

Los documentos electrónicos que nos permiten leer y a la vez interactuar con las graficas explicativas son valiosos cuando no se tiene claro el funcionamiento de algunos dispositivos. Son de fácil utilización y los equipos donde corren no tienen que ser maquinas costosas.

Los cuadros explicativos quizá sean los mas antiguos recursos didácticos de que se tenga referencia, aun hoy día siguen siendo utilizados debido a su fácil elaboración y bajo costo. Es muy común verlos en laboratorios explicando procesos o describiendo dispositivos.

La mejor manera de entender a los motores y sus componentes es viendo como están formados en su interior. Una excelente alternativa de lograrlo es a través de maquetas de tamaño real o a escala en corte que generen una visión clara del dispositivo. Son costosos y, por lo general, ausente en muchos cursos de enseñanza.

En cuanto a los sistemas del motor tales como el de combustible, eléctrico, enfriamiento, lubricación, etc., es mejor explicarlos a través de réplicas de los mismos en bancos de ensayo que permiten observar realmente lo que sucede al tiempo que se pueden medir parámetros y diagnosticar algún mal funcionamiento debido a fallos introducidos de forma intencional por el orientador para generar en el estudiante la capacidad de resolver problemas del mundo real.

Finalmente, no se deben dejar atrás los tan revolucionarios software que nos permiten observar respuestas de algún proceso de manera virtual y además ejecutar poderosas simulaciones al detalle.

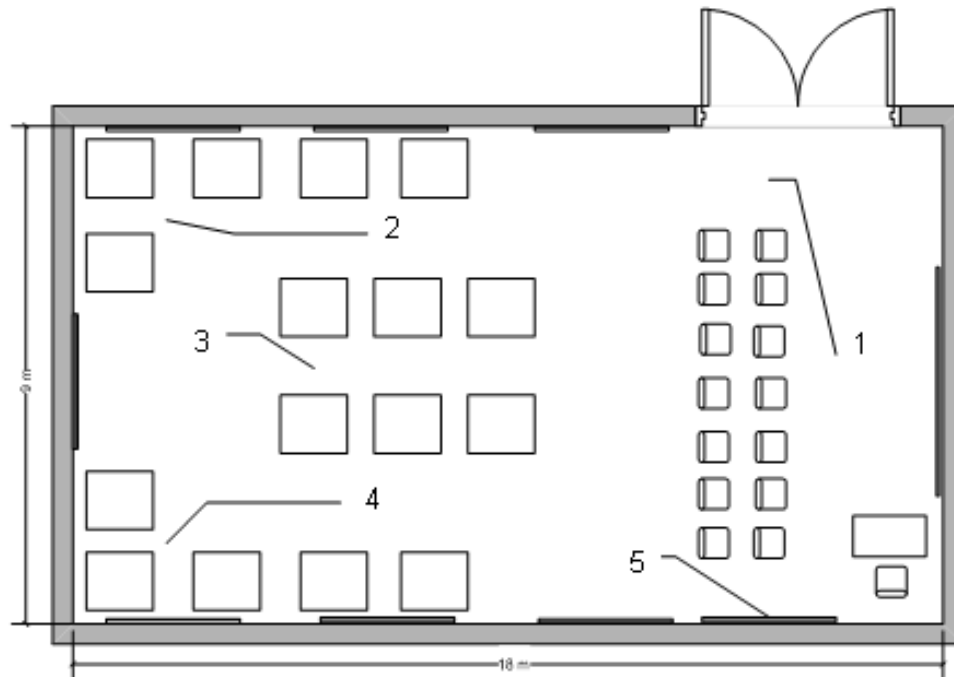
Este tipo de ayudas permitirán al estudiante reforzar sus conocimientos, comparar resultados, investigar y sobre todo familiarizarse con el entorno industrial.

4.4.2 Configuración y tamaño del laboratorio . Este estará conformado por un amplio espacio en donde se tendrá una pequeña aula o zona para impartir clases con su respectivo tablero y sillas. Estará dotado de bancos de ensayo de los sistemas más relevantes del motor, maquetas en corte de los mismos y de sus piezas y cuadros explicativos por todos sus alrededores.

El laboratorio estará climatizado con sus respectivas acometidas eléctricas para los equipos que las requieran y una iluminación eficiente.

El ancho será similar al de los laboratorios anteriores, sin embargo, será más largo dado que albergará muchos más equipos y adicionalmente una pequeña aula o zona de orientación. Se optó entonces por un área de 18 m x 9 m y 3 m de alto.

Figura 82. Configuración y tamaño de laboratorio didáctico de motores y sistemas del vehículo.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio

Respecto a la distribución de espacio en el recinto, véase figura 82, este se hará por zonas. Se tendrá un área para el salón de clases y su respectivo mobiliario (1), seguirá la de los bancos de ensayo de sistemas del motor (2), luego la de los motores en corte o maquetas didácticas (3) y finalmente estará la de los bancos de ensayo de sistemas eléctrico y electrónico (4). También estará dotado de cuadros explicativos (5), de los sistemas y elementos involucrados en los MCI.

4.4.3 Equipo necesario para el laboratorio didáctico. Para esta aplicación se requerirán bancos de ensayo de los principales sistemas del vehículo como lo son banco de sistemas de inyección, de los sistemas eléctricos y electrónicos, del aire acondicionado, sistema de refrigeración, maquetas didácticas de motores Diesel, a gasolina de 2 y 4 tiempos, de

motores no convencionales y de diversos elementos del motor como carburadores, bombas de inyección y turbos

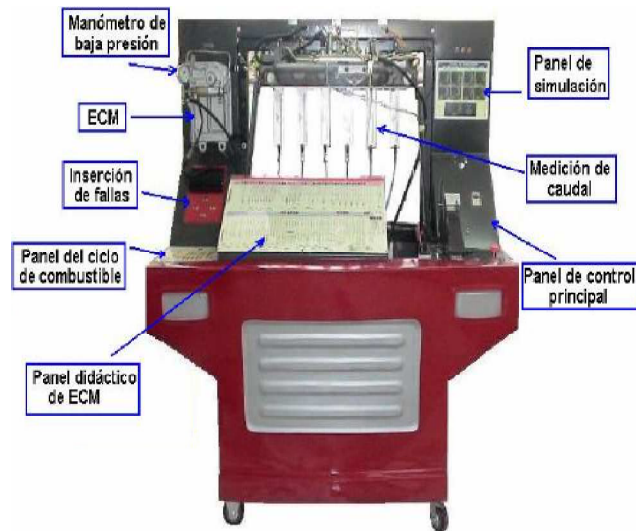
4.4.4 Equipo seleccionado. A continuación, se presenta la selección hecha de los elementos didácticos requeridos, la cual se solicitó a la empresa “IMPOINTER LTDA” con centro de operaciones en la ciudad de Pereira, Colombia. Esto básicamente por dos razones: sus productos son ampliamente recomendados por instructores de los laboratorios del SENA, lo cual es una razón de peso para elegirla como proveedor. La otra es por ser una empresa colombiana, esto rebaja costos debido a que no se presentan elevados gastos de envío, los tiempos de entrega son menores y la asistencia técnica es más efectiva.

En ese orden de ideas, a continuación se hace la selección de los equipos: Para las prácticas de sistemas de inyección se escoge el módulo “*Entrenador didáctico en inyección electrónica*”, véase figura 83, el cual viene en versiones diesel y gasolina.

Este módulo se escoge por presentar muchas aplicaciones dentro de un mismo sistema, cosa que otros fabricantes no incluyen. El equipo consta del sistema de inyección moderno common rail, culata de 4-6 inyectores, panel didáctico del ciclo del combustible, panel didáctico del módulo de control electrónico, panel de simulación, sistema de inserción de fallas, software especializado con asistente de análisis de datos entre otras muchas características que lo hacen el más idóneo.

Los entrenadores en inyección electrónica, permiten al estudiante desarrollar las habilidades de diagnóstico y conocer el funcionamiento básico de los sistemas asistidos por computadora.

Figura 83. Entrenador didáctico de inyección electrónica.



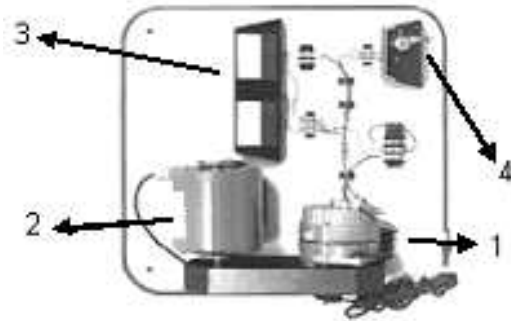
Fuente: www.impointer.com/div_didactica.html

Para las prácticas eléctricas se escogen varios módulos. Todos estos pequeños paquetes son seleccionados debido a que son entrenadores específicos de cada subsistema dentro del sistema eléctrico total, lo cual ayuda a que el aprendizaje sea más claro; cuando todo el sistema es empaquetado en una sola unidad pueden presentarse confusiones con el cableado. Además al proveerlo la misma empresa aseguramos la calidad y respaldo de sus productos.

Empezaremos por el “Sistema de carga con alternador”, véase figura 84. Este tiene un alternador convencional (1), motor eléctrico (2), que permite simular los diversos regímenes de velocidad de un MCI, borneras que permiten la conexión de instrumentos para medición de voltaje y corriente, instrumentación de variables eléctricas (3), e interruptor (4), además permite diversos cableados y esta equipado con un software que permite la inserción de fallas y documentación virtual. Se escoge este equipo por que ayuda al estudiante a entender el proceso de carga eléctrica del motor, el

funcionamiento de sus componentes y las condiciones de mantenimiento para óptima operación.

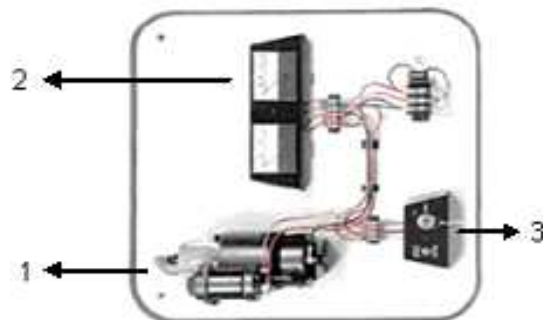
Figura 84. Entrenador de carga con alternador.



Fuente: www.impointer.com/div_didactica.html

El siguiente modulo es el de “Sistema de arranque”, véase figura 85. Esta formado por un motor de arranque convencional (1), instrumentación de variables eléctricas (2), e interruptor maestro (3). También permite a través de software la inserción de fallas y documentación virtual. Este entrenador se escoge porque explica la finalidad, construcción y funcionamiento del sistema de arranque.

Figura 85. Entrenador de arranque.



Fuente: www.impointer.com/div_didactica.html

Siguiendo la misma línea encontramos “El sistema limpiabrisas”. Conformado por motor, perilla de control, bomba de agua e interruptor. Al igual que los anteriores sistemas permite la inserción de fallas y documentación virtual. Se escoge este entrenador por que permite explicar el funcionamiento de este mecanismo tan habitual en los automotores.

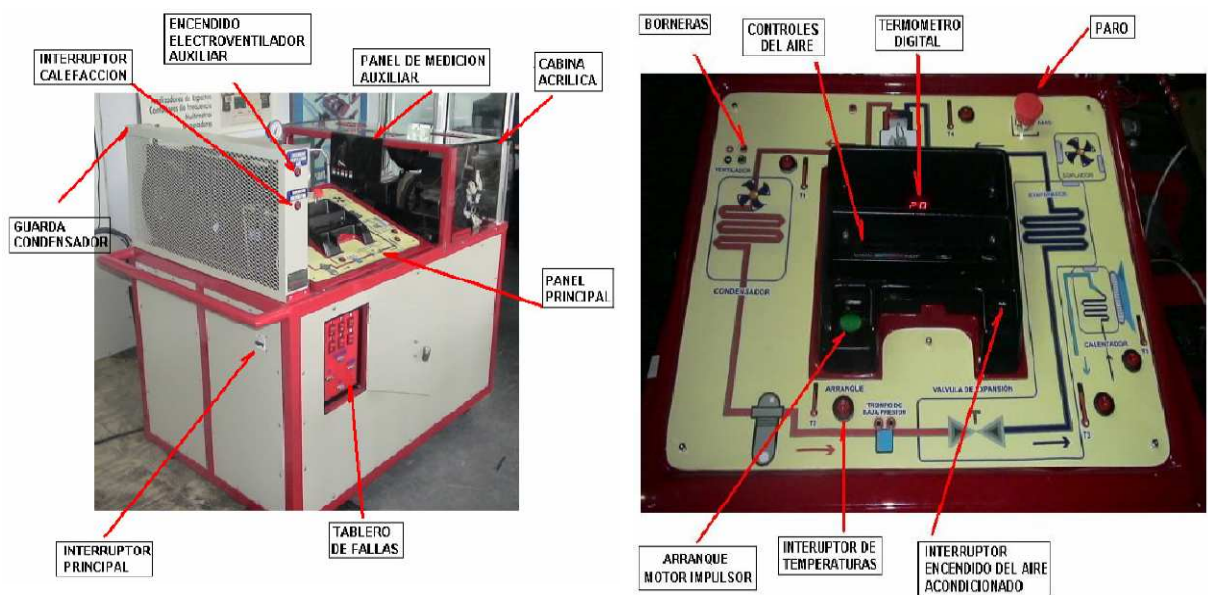
Para el aprendizaje en medidores se usa el “Sistema de panel de instrumentos”. Conformado por instrumentación que normalmente vemos en los vehículos como tacómetros, termómetros, odómetros y cableado de los mismos. Presenta las mismas características en cuanto a software que los anteriores dispositivos. Este equipo es seleccionado por que ayuda al estudiante a entender y conocer como van conectados los sensores o medidores dentro del motor.

Con el objeto de analizar el sistema de luces se opta por el “Sistema de luces vehicular”. Formado por el conjunto de luces exteriores como lo son los faros, direccionales delanteras, las luces de paro y direccionales traseras, luces interiores y bocina. Presenta características semejantes en cuanto a cableado y software que los anteriores equipos. Este modulo se selecciona por que permite al estudiante comprender los conceptos básicos de la electricidad y a la vez los sistemas de luces en los vehículos.

Con la intención de analizar los sistemas de seguridad, tenemos el “Sistema de bloqueo central y elevavidrios”. Conformado por un par de puertas en donde se alojan los seguros y elevavidrios eléctrico, un control remoto, bloqueo del motor en caso de hurto, relé antiatraco, vibrosensor, planos didácticos y guía y software de documentación. Este modulo se escoge por que brinda al estudiante competencias en los principios de funcionamiento, instalación y diagnóstico de fallas de un sistema de alarma automotriz, integrado al sistemas de bloqueo central y elevavidrios.

Para el aprendizaje en aire acondicionado vehicular se opta por el “Modulo de entrenamiento en aire acondicionado vehicular”, vease figura 86. Además de estar equipado con toda la instrumentaria que muestra la ilustración, este equipo también permite a través de software la inserción de fallas y documentación virtual. Se selecciona este equipo porque es una herramienta que permite capacitar al estudiante en el saber y hacer alrededor del aire acondicionado en vehículos desarrollando técnicas que garantizan competencias en mantenimiento, reparación y localización de averías del sistema.

Figura 86. Entrenador en aire acondicionado vehicular.

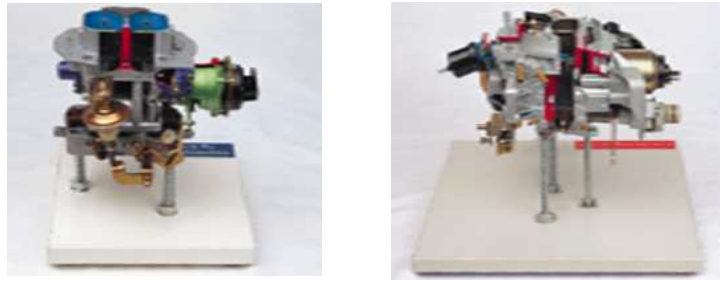


Fuente: www.impointer.com/div_didactica.html

En cuanto a las maquetas didacticas en corte se contara con varias clases de motor y elementos del motor. Estas herramientas didacticas son seleccionadas debido a que esclarecen mucho el entendimiento de los estudiantes ya que explican al detalle el funcionamiento del dispositivo que representan. A continuacion apreciamos un carburador, figura 87. Aunque la

tecnología de carburador esta siendo remplazada por la inyección electrónica, aun en Colombia esta vigente en una amplia gama de modelos.

Figura 87. Carburador didáctico.



Fuente: www.impointer.com/div_didactica.html

Se tendrán también motores en corte Diesel y a gasolina (en varios tamaños y configuraciones), pequeños de 2 y 4 tiempos y no convencionales como el wankel y el stirling. Debido a que estas maquetas son elaboradas sobre pedido, IMPOINTER LTDA no pudo suministrar las ilustraciones respectivas.

4.5 LABORATORIO DE COMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO (CAR)

4.5.1 Fundamentos. Estos son recintos donde se tienen equipos computacionales de alto rendimiento para realizar tareas que requieran cálculos complejos del mundo real, de la ciencia y de la ingeniería; éstas máquinas por lo general, garantizan cortos tiempos de cálculo computacional. Además, estos equipos van acompañados de equipo periférico de igualmente gran importancia como impresoras, plotters, tablero electrónico entre otros. La Computación de Alto Rendimiento (CAR), es la tecnología informática más avanzada de cálculo numérico que existe actualmente para desarrollar investigaciones de alto nivel; es la única herramienta que le permite al investigador llevar a cabo, con certeza y velocidad, billones de cálculos matemáticos para estudiar problemas de gran

magnitud; su altísima capacidad para procesar simultáneamente grandes volúmenes de información facilita el estudio de fenómenos y condiciones que tan sólo hace menos de 30 años eran imposibles; sus aplicaciones abrieron en todo el mundo, nuevas líneas de investigación científica en áreas como ingeniería, medicina, geofísica, geografía, astronomía, química, ciencias de la atmósfera y ciencias nucleares, entre otras.

El cómputo científico es una de las principales herramientas auxiliares para el desarrollo científico y tecnológico, esto es, permite la realización de complejas investigaciones en todas las áreas del conocimiento humano. Los últimos años han sido cruciales pues el avance de cada día ofrece nuevos equipos y aplicaciones, y las tecnologías diversifican sustancialmente la forma de trabajo e imponen nuevos retos por alcanzar. Existen muchas maneras de generar CAR, entre las cuales tenemos:

Clúster

Se aplica a los conjuntos o conglomerados de computadoras construidos mediante la utilización de componentes de hardware comunes y que se comportan como si fuesen una única computadora.

Figura 88. Clúster de servidores



Fuente: Tomado de la página www.teraport.uchicago.edu

Se requiere altos requerimientos computacionales en diferentes aplicaciones, como algoritmos genéticos, simulación de líneas de fabricación, aplicaciones militares, bases de datos, inteligencia artificial, síntesis de imágenes, recuperación de imágenes por contenido, simulación de modelos para clima, análisis de sismos, algoritmos electromagnéticos, dinámica de fluidos, química cuántica, biomedicina, entre otros. La tendencia actual para suplir la capacidad computacional requerida es construir sistemas más baratos y de propósito general en base a componentes fácilmente accesibles localmente, como son los PCs o estaciones de trabajo, de procesador único o múltiple, los cuales son cada día más poderosos.

La ventaja de esta solución es construir una plataforma que se ajuste a un presupuesto determinado y que sea adecuada para un grupo considerable de aplicaciones. Además, un *clúster* puede ser fácilmente expandido, incrementando el número de nodos o la capacidad de los nodos individuales existentes añadiendo memoria y/o procesadores, o mejorando la calidad de la red de interconexión.

Un servicio basado en clúster es tan confiable como un equipo comercial (existe la posibilidad de crecer hasta contar con un supercluster de 512 procesadores o más). Es importante comentar que una parte importante de los servicios de supercómputo en los próximos años, será sustentada por superclusters para cómputo paralelo escalable o masivo.

Paralelismo. En términos prácticos, el paralelismo consiste en agrupar un conjunto de recursos de cómputo de modo tal, que pueden ser utilizados como una unidad. Así, un programa paralelo puede aprovechar la disponibilidad de varios procesadores para aumentar la capacidad de procesamiento y reducir los tiempos de ejecución. La computación paralela ha tenido un desarrollo considerable en los últimos años; de hecho, debido a las tendencias en el desarrollo de la infraestructura de cómputo, es muy probable que en un futuro cercano sea el método de programación más

generalizado, por lo que será necesario contar con recursos humanos altamente capacitados a tal grado que, sería conveniente concentrar los recursos de docencia y experimentación en un centro dedicado a su formación.

Grid . Un GRID es la integración de equipos de trabajo ubicados físicamente en forma remota que comparten recursos, instrumentos, dispositivos y tecnologías como las asociadas a redes de alta velocidad, equipos disponibles para el cálculo numérico como computadoras vectoriales, paralelas, clúster, redes de estaciones de trabajo, dispositivos de almacenamiento e instrumentos como telescopios, microscopios o controladores, y sistemas de software que interaccionan entre el usuario final y los dispositivos para recibir y ejecutar sus solicitudes.

Las tecnologías de GRID buscan cambiar la forma en que se usan los recursos computacionales, de manera que los investigadores tengan la oportunidad de usar cierta cantidad de recursos, sin importar su ubicación geográfica ni su pertenencia a una organización. Los GRID tendrían la consecuencia positiva de cohesionar a las diversas comunidades de cómputo de alto rendimiento, lo que produciría colaboraciones más estrechas.

Supercomputadoras. En términos generales, una supercomputadora se puede describir como la computadora más potente y veloz para realizar operaciones aritméticas, con gran capacidad de memoria, de almacenamiento y rápido acceso entre procesadores, memoria y discos. Puede atender más de un trabajo a la vez que demanda el uso de todos los recursos descritos anteriormente sin degradación para el usuario. Aunque potentes, estas máquinas tienen la desventaja de ser costosas y de requerir asistencia de personal altamente calificado. Para la aplicación en particular

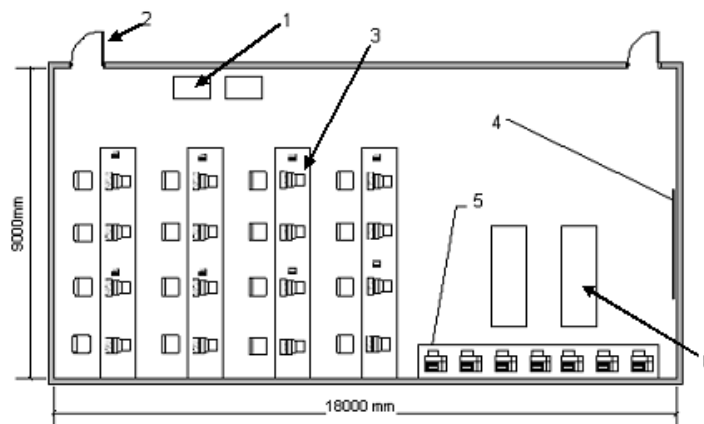
de este proyecto concentraremos nuestra atención en los clúster y la computación en paralelo.

4.5.2 Configuración y tamaño de laboratorio. Estará compuesto por 20 PC'S o puestos de trabajo y un clúster de servidores que a su vez permite paralelismo. Se utilizará el método de clúster ya que es fácilmente configurable y ha demostrado su eficacia en innumerables ocasiones, por ejemplo en el CENTIC. El laboratorio maneja software especializado (CAD, CAE, CAM, CFD) utilizado en la investigación y desarrollo de las MCI.

Contara a su vez con otros elementos como son impresoras, plotters, tablero electrónico, video beam entre otros. Se utilizara un amplio y cómodo espacio de trabajo que estará climatizado y con todas las acometidas eléctricas necesarias para la conexión de los equipos.

El espacio requerido para el recinto será de 9m x 18m con una altura de 3 m, véase figura 89. El clustter (1) estará ubicado a un lado del recinto, adyacente a una de las puertas de acceso (2). Los puestos de trabajo (3), estarán dispuestos por pequeños bloques en mesas de manera simétrica; en la parte de adelante estará el tablero electrónico (4), el banco de impresoras (5) y los plotters (6).

Figura 89. Configuración y tamaño laboratorio de cómputo científico.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

4.5.3 Equipo necesario para el laboratorio de C.A.R. Se requiere un servidor de suficiente capacidad de procesamiento para que permita trabajar a 15 equipos que tendrá en red en cálculos de alto nivel. Además se requerirán 5 estaciones de trabajo para cálculo individual cuando los procesos no se puedan escalar. Los computadores en red serán iguales o superiores a los computadores convencionales actuales que además estarán dotados con monitores de 20" o más para permitir visualizar mejor los resultados.

En cuanto al software se necesitaran herramientas propias para cálculo científico tales como:

- CAD: Solid Edge, Soliwork, Auto Cad.
- CAE: Ansys (CFX), Cosmos, Fluent, Modulo CAE Unigraphics, Star CD.
- CAM: Master Cam, Modulo Cam Unigraphics.

4.5.4 Equipo seleccionado. Para llenar todos los requisitos anteriormente nombrados se optó por los siguientes equipos, los cuales fueron seleccionados con base a la oferta propuesta por la empresa NEXUS, esto debido a que la empresa distribuye productos de calidad y posee buena reputación, ya que ha suministrado equipos a la UIS en anteriores ocasiones de manera satisfactoria y a conformidad.

a) Xserve (Servidor).

- Two 2.8GHz Quad-Core Intel Xeon (8-core).
- RAM 2 GB , On-board SATA/SAS Controller 80GB Serial ATA ADM @ 7200-rpm, 8x SuperDrive DL (DVD+R DL/DVD±RW/CD-RW, ATI Radeon X1300 64MB SDRAM with VGA Adapter, Rack Mounting Kit -Square Hole Rack.

b) Mac Pro (Estación de trabajo).

- Two 2.8GHz Quad-Core Intel Xeon, RAM 4GB 800MHz DDR2 FBDIMM, ATI Radeon HD 2600 XT, Disco Duro 320GB Serial ATA, UnidaOptica 16x

SuperDrive, Bluetooth 2.0+EDR Spanish. Apple Cinema HD Display (23" Flat Panel).

Esta unidad se selecciona por que en caso de que el cálculo sea serial, se necesita de una maquina potente que permita hacer el procesamiento individual.

c) iMac (Puestos de trabajo)

- Monitor 20" LCD, Procesador Intel Core Duo 2.0 GHz, memoria RAM 2GB, Disco Duro 250 GB, Unidad Optica Super Drive, Tarjeta de Video ATI Radeon HD 2400 XT-128 MB, AirPort, Bluetooth, Control Remoto.

Este computador, seleccionado para trabajar en red con el clúster, es un computador estándar, moderno, con buenas prestaciones y asequible económicamente.

Para equipo periférico se selecciono el Plotter de la empresa HP, modelo HP DesignJet 500 de 42". Las impresoras serán también HP según modelo HP Designjet 70.

En cuanto a los Software se optó por seleccionar a la empresa Numérica Ltda. para que nos provea las licencias que permitan trabajar con los programas que no se tienen y los que se tienen pero que el número de las mismas disponibles son insuficientes. Esto debido a que la empresa ya ha distribuido software de calidad a la UIS y es bien conocida en el medio.

Actualmente la UIS tiene 100 licencias de Unigraphics que no se usan por lo cual se podrían utilizar de ellas 20; respecto a SolidWorks y SolidEdge no hay problema ya que son ilimitadas. Sin embargo para ANSYS y MasterCam se tienen 25 y 5 respectivamente, lo cual nos obliga a adquirir más. Dado que estas licencias se venden por paquetes de 5, 25 y 50 se deben adquirir 25 más de MasterCam y ANSYS Academic Teaching CFX, que es equivalente al Fluent, ya que este paquete aún no se encuentra disponible en versiones académicas. Este último software es una potente herramienta

utilizada para preprocesar y postprocesar, con integración a los solver más robustos del mercado. Presenta una nueva solución de generación de modelos geométricos y matemáticos para los analistas que hacen frente a las simulaciones más difíciles. Su característica principal es que permite crear una trayectoria directa CAD/CAE/CFD. Opcionalmente se puede manejar StarCD pero creemos que con los mencionados es suficiente.

4.6 LABORATORIO DE ESTUDIO DE LA COMBUSTIÓN EN M.C.I.

Al ser la combustión un elemento clave en la producción de energía, se destinan grandes esfuerzos a la investigación y descubrimiento de procesos más eficaces para quemar combustibles. Otra parte del esfuerzo de los investigadores se dirige a conseguir reducir la cantidad de contaminantes que se liberan durante la combustión, pues estos productos son causa de importantes problemas de deterioro medioambiental como lo es la lluvia ácida. En los laboratorios de combustión, los científicos se valen de complejos sistemas ópticos y de rayos láser para el estudio de los motores y sistemas de combustión, con el fin de mejorar tales sistemas. También es frecuente el uso de rayos láser en pruebas destinadas a clarificar los procesos fisicoquímicos que tienen lugar en las llamas, a fin de comprender mejor las formas y usos de la combustión.

4.6.1 Motor con ventanas ópticas¹. Un motor monocilindrico normalmente forma la base de todo nuevo desarrollo para los motores. Esta es la única manera de examinar fenómenos sin la influencia de otros cilindros. Hay menos componentes de prueba que comprar y ensamblar y por último, pero no menos importante, un motor monocilindrico consume menos combustible y lubricantes.

¹ Tomado de ZHAO, Hua y LADAMMATOS, Nicos. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. Warrendale, USA. SAE international 2001

El estudio de la combustión dentro de los cilindros no solo implica el fenómeno de combustión como tal, incluye también el análisis del flujo de fluidos, formación de la mezcla y formación de contaminantes entre otros. La necesidad de accesos ópticos en la cámara de combustión surge de la aplicación de técnicas ópticas para la observación de los procesos antes mencionados. Un acceso óptico es suficiente para la observación directa de la combustión, pero para la mayoría de técnicas ópticas, se necesitan dos o más accesos ópticos cuando una fuente de luz es empleada para iluminar o excitar partes dentro del cilindro. Numerosos motores para investigación han sido diseñados para permitir el estudio óptico de los flujos y del fenómeno de combustión dentro del cilindro. Sus características de diseño son usualmente emparejadas a los requerimientos de las técnicas ópticas, de manera que cada diseño tiende a tener un campo de aplicación bastante limitado. Por ejemplo, los motores ópticos son se construyen frecuentemente a relaciones de compresión atípicamente bajas. Algunos motores ópticos pueden operar solo por un muy corto periodo de tiempo antes que la ventana óptica sea bloqueada por depósitos de la combustión. De cualquier manera, la cantidad de información ganada por la medición en estos motores ha permitido a los ingenieros “ver” visualmente la influencia de una modificación particular del motor en el flujo dentro del cilindro, la distribución de la mezcla y la combustión, de forma que puede ser diseñado un motor bastante optimizado debido a que se conocen las interacciones fisicoquímicas fundamentales de la combustión.

4.6.2 Materiales para las ventanas ópticas. Hay un número de materiales transparentes que pueden ser usados como ventanas ópticas. Ellos pueden ser clasificados como plásticos, vidrio óptico y cristales. Los plásticos incluyen materiales hechos de polimetilmetacrilato (por ejemplo Plexiglas) o policarbonato (Lexan). Estos son lo suficientemente fuertes para ser usado

en la supervisión de la operación. Durante la operación de calentamiento, la alta presión y temperatura no permite el uso de plásticos.

Para aplicaciones en las cercanías del rango visible y ultravioleta (UV), tres tipos de vidrio han sido usados como ventanas ópticas. El BK 7 es un vidrio corona de bajo índice, muestra una excelente transmisión desde 350 nm hasta 2000 nm. Al final del espectro UV, el material no es usable a longitudes de onda menores a 300 nm. Los otros dos son la sílice fundida y cuarzo fundido (Pyrex). Ambos materiales muestran características de transmisión que tienen alguna semejanza con el vidrio óptico por lo que están cercanamente relacionados. Sin embargo, su composición química simple les hace tener una mejor transmisión en la región UV del espectro. La diferencia fundamental entre estos dos materiales esta en el método de manufactura. La mayoría del cuarzo fundido es producido por la fundición y re-fundición de arena sílice y cuarzo natural. En comparación, la sílice fundida es producida por la llama de hidrólisis del haluro de sílice. El material resultante es bastante más puro y libre de los fragmentos que podrían causar absorción en la región UV o problemas con la absorción interna en el uso de láseres de alto poder. Consecuentemente, el rango de transmisión de la sílice fundida se extiende hasta 170 nm, mientras que el cuarzo fundido esta limitado a 250 nm.

El zafiro es un cristal de oxido de aluminio. Tiene excelentes propiedades mecánicas y ópticas. Es extremadamente duro y tiene una firmeza que es retenida incluso a temperaturas elevadas. En adición, es resistente a virtualmente toda clase de ataque químico. Tiene una banda de transmisión que se extiende desde el UV alrededor de 180 nm, a través del rango visible, y a la región infrarroja (IR) a 5500 nm. Debido a su más alto índice de refracción, el zafiro sufre mas perdidas por reflexión que otros materiales ópticos. El alto costo de este versátil material tiende a limitar su uso para aplicaciones especiales.

4.6.3 Arreglos para los accesos ópticos. Un motor de producción se construye normalmente con múltiples cilindros de idéntico diseño. Cada cilindro consiste de una culata, un bloque de cilindro y un cárter de cigüeñal. La culata, la pared del bloque de cilindro y la parte superior del pistón, forman la cámara de combustión. Por lo tanto hay tres vías para conseguir accesos ópticos a través de la cámara de combustión: la superior (culata), la lateral (pared del cilindro) y la inferior (pistón). Para la mayoría de técnicas ópticas se requiere a menudo de más de un acceso óptico.

4.6.4 Operación de los motores de investigación con accesos ópticos. Cuando un motor monocilindrico es construido, no está mecánicamente balanceado como lo está un motor multicilindrico. Esto puede ser compensado con ejes de balance o contrapesos.

Adicionalmente, para proveer los accesos ópticos, otro requerimiento de diseño para un motor óptico es la operación limpia de la ventana óptica. La operación limpia de los elementos ópticos incluye el uso de anillos de pistón hechos de bronce-teflón o grafito-plástico no lubricados, minimizando las pérdidas de aceite a través de las bases de las válvulas dentro de la cámara de combustión, y minimizando el bombeo de aceite desde el cárter al alojamiento del espejo en el pistón extendido (esto en los motores con accesos ópticos a través del pistón). A velocidades del motor más altas, la extracción de la neblina de aceite de esta área puede ser necesaria. De forma adicional, algunas veces se emplean combustibles especiales en lugar de los normales. En motores de ignición por chispa, el propano o preferiblemente el isooctano, pueden ser usados con el fin de minimizar la suciedad de la ventana por los depósitos de la combustión, lo cual permite la operación continua del motor por varios minutos, o alargarla sin tener que limpiar la ventana. En motores Diesel, las ventanas ópticas, especialmente las de la corona del pistón, se obscurece en cuestión de segundos debido a los depósitos de hollín. Los combustibles oxigenados han sido usados para

suprimir la formación de hollín con el fin de prolongar la operación del motor, aunque las características de combustión se podrían ver afectadas.

4.6.5 Técnicas ópticas. Las técnicas ópticas contemporáneas más relevantes utilizadas en el estudio de la combustión, del flujo de fluidos y la formación de la mezcla en motores de combustión interna son: High-speed cinematography, PIV, PA – LDA y LIF.

- *High-speed cinematography*¹. En la filmación de alta velocidad se utiliza un pulso laser de vapor de cobre para iluminar el rocío de combustible dentro del cilindro. La sincronización del pulso se hace con el disparador de la cámara, de tal forma que el laser emite un pulso por cada cuadro de la película independientemente de la velocidad de filmación. Una combinación de lentes esféricos y cilíndricos transforma el haz circular del laser en una delgada hoja de luz. Para capturar las imágenes se utiliza una cámara capaz de operar a más de 10000 cuadros por segundo. Estas imágenes son utilizadas para determinar la información del campo global de flujo tal como ángulo del cono, posición del vórtice y también la inclinación y la distancia de la cabeza de penetración.
- PIV (Particle image velocimetry²). Es una técnica basada en laser diseñada para proporcionar un campo bidimensional “cuasi - instantáneo” de vectores de velocidad dentro de un fluido sembrado. Un requerimiento importante es que el fluido bajo examinación es sembrado con partículas que seguirán al fluido sin influenciar sus características de flujo, aunque esparciendo la luz incidente para que sea captada por la cámara. Para poder medir la velocidad de las partículas son necesarias al menos dos exposiciones, estas pueden ser guardadas en varios cuadros. Los cuadros son partidos en un gran

¹ Filmación de alta velocidad

² Velocimetría de partículas por imágenes

número de áreas de interrogación, llamadas a menudo ladrillos. Entonces es posible calcular un vector de posición para cada ladrillo con ayuda del procesamiento de señal. Esto es convertido a velocidad usando el tiempo entre exposiciones. El temporizador electrónico permite un control preciso del espacio entre exposiciones. Igual que el método anterior, también se utiliza un laser de alta intensidad y cámara de alta velocidad.

- PA-LDA (Phase-Averaged Laser Doppler Anemometry¹). El anemómetro de laser Doppler es una técnica de medición que es capaz de medir la velocidad de una gota al instante en vez de proporciones de altos datos. Con el fin de caracterizar un campo de flujo de rocío completo, la técnica llamada “promedio de fase” necesita saber la frecuencia de inyección empleada. La transmisión y recepción óptica es a través de una malla de puntos en el rocío, y los resultados de numerosas inyecciones son analizados utilizando la ideología de “promedio de fase”. Este es un proceso de tiempo intensivo, con típicamente 120 puntos para ser medidos en un plano medio del rocío.
- LIF (Laser-induced Fluorescence)². La iluminación de la carga de gas dentro del cilindro con un potente laser UV resulta en una fluorescencia inducida por laser que es observada con ayuda de una cámara intensificación. El objetivo es obtener un mapa bidimensional del trazo de la concentración en el cilindro, lo cual permite inferir la distribución del combustible, con el fin de ser capaz de estudiar el proceso de mezcla de aire y combustible.

4.6.6 Equipo necesario para el estudio de la combustión. Como ya se dijo, es necesario contar con un motor monocilindrico especialmente diseñado para propósitos investigativos, que cuente con al menos dos

¹ Anemometría de láser Doppler por promedio de fases

² Fluorescencia inducida por láser

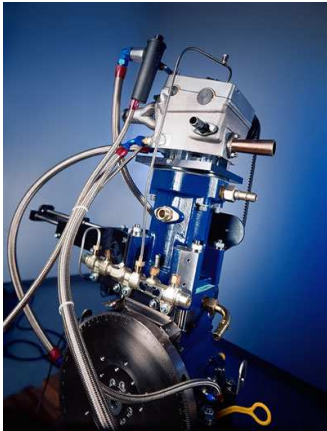
accesos ópticos que permitan la aplicación de técnicas ópticas como las anteriormente descritas. Debe ser un motor de diseño flexible, que permita variar su configuración agregando o quitando componentes de acuerdo a las necesidades de tamaño del motor, técnica a aplicar o proceso a estudiar. El material de las ventanas ópticas debe tener excelente resistencia para ser usado en condiciones de funcionamiento con llama, además de tener un buen rango de transmisibilidad.

El sistema de diagnóstico óptico para la adquisición de imágenes y postprocesamiento debe permitir el estudio de los fenómenos dentro del cilindro sin afectarlos, utilizando las técnicas ópticas antes explicadas pero que además tenga la flexibilidad de soportar futuros nuevos desarrollos en este campo.

4.6.7 Equipo seleccionado. AVL cuenta con equipos especialmente diseñados para el estudio de los fenómenos ocurridos en el proceso de combustión.

El **AVL Single Cylinder Research Engine**, con su diseño modular permite la simulación de un amplio rango de tamaños de motores tanto de ignición por chispa como de ignición de compresión. Este debe ser combinado con el juego de componentes **AVL Transparent Research Engines**, para dotarlo de los accesos ópticos necesarios para la utilización de las técnicas ópticas actuales. Como resultado se tiene motor monocilindrico con accesos transparentes que permiten el uso de las técnicas ópticas para el estudio de la combustión y de los flujos dentro del cilindro. Entre sus características mas importantes tenemos: puede funcionar hasta 3000 rpm cuando hay combustión dentro del cilindro, la presión máxima dentro del cilindro es de 80 bar, el material de las partes transparentes es cuarzo con un límite UV de transmisibilidad de 200 nm. Las figuras 90 (a) y (b) muestran su aspecto.

Figura 90. (a) Motor monocilindrico para investigación. (b) Juego de componentes transparentes.



(a)



(b)

Fuente: Tomado de la página www.avl.com

El sistema de diagnóstico óptico para la adquisición y postprocesamiento de imágenes seleccionado es el **AVL VisioScope**, este es un sistema estroboscópico que permite la utilización de las técnicas ópticas para el estudio no solo del proceso de combustión, sino también para el estudio de procesos que son de vital importancia en los trabajos de I+D de MCI, como son: estudio de la combustión (retraso de la ignición, propagación de la llama, distribución de la temperatura de la llama, chispa de ignición), proceso de inyección (desarrollo del rocío, avance del frente, objetivo del rocío), preparación de la mezcla aire-combustible (frente de mezcla, desarrollo del rocío), movimientos de mecanismos (tren de válvulas, vibraciones, etc.). Agregándole complementos como el **AVL VisioTomo** que mide la propagación de la llama mediante la reconstrucción tomográfica de imágenes, el **Thermovision Software** para la evaluación de temperaturas de llamas Diesel, **High Speed Video Camera** y **Ligh Intensified Camera** para la adquisición de imágenes y videos de alta velocidad, se consiguen unas prestaciones inigualables para implementar técnicas ópticas como LIF, PDA, PIV, entre otras. Además, es necesario el sistema **AVL 427 Engine Timing**

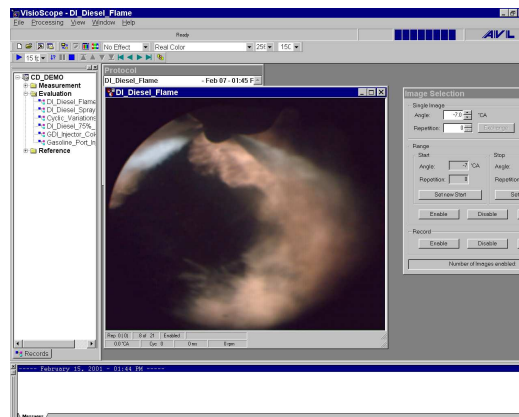
Unit, con el cual podemos sincronizar los instrumentos de medida con el ángulo del cigüeñal del motor, en forma adicional, también sirve para controlar manual y flexiblemente los parámetros del motor. Para el estudio de las detonaciones en motores de encendido por chispa, es deseable contar con el **AVL VisioKnock** con el cual se puede determinar el centro de estas detonaciones.

En las figuras 91 a 94 se pueden apreciar los componentes antes descritos.

Figura 91. Sistema VisioScope

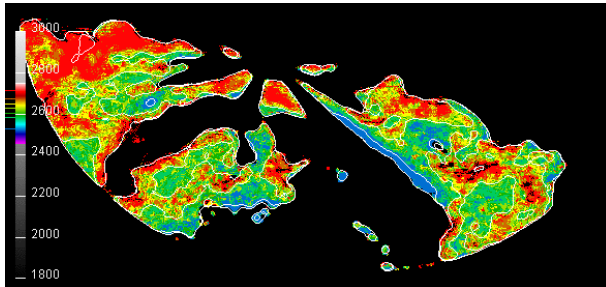


Figura 92. Interface del sistema VisioScope



Fuente: Tomado de la página www.avl.com Fuente: Tomado de la página www.avl.com

Figura 93. Thermovision Software



Fuente: Tomado de la página www.avl.com

Figura 94. Sistema VisioKnock



Fuente: Tomado de la página www.avl.com

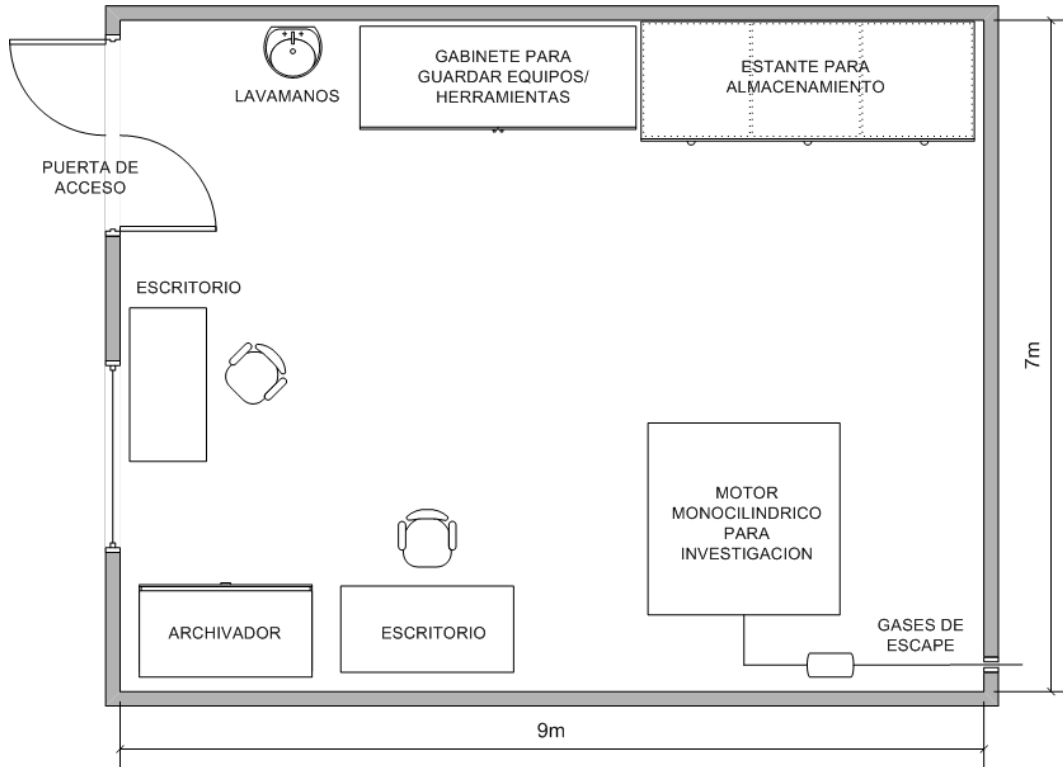
4.6.8 Configuración y tamaño de laboratorio. El laboratorio estará ubicado en una sala de 9 m por 7 m por 3 m de altura, situada en el segundo piso del Centro, este espacio es suficiente para albergar el motor monocilindrico con todos los equipos periféricos necesarios además de permitir la cómoda movilización del personal, véase figura 95.

Debido a la alta sensibilidad de los equipos utilizados es necesario que el laboratorio conserve unas condiciones de aseo impecables.

Debe contar con la mueblería necesaria tal como gabinetes, para el correcto y seguro almacenamiento de toda la instrumentación y equipos antes seleccionados, además de las herramientas propias para las tareas de montaje de piezas del motor, y escritorios para el uso por parte de los investigadores en sus tareas cotidianas.

El sistema contra incendios es necesario en este tipo de laboratorios, se usará del mismo tipo que en las celdas de ensayos. La ventilación debe ser adecuada para evitar la acumulación de vapores potencialmente peligrosos (vapores de combustibles). El suministro eléctrico debe proveer potencia para todos los equipos. Una toma de agua es suficiente para abastecer un lavamanos utilizado en el aseo personal.

Figura 95. Configuración y tamaño del laboratorio para el estudio de la combustión.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

4.7 LABORATORIO CFR PARA ESTUDIO DE COMBUSTIBLES

Tan importante como el estudio del motor en si, es el estudio de los combustibles que proporcionan la energía para su funcionamiento.

Una de las principales propiedades para el caso de combustibles como las gasolinas, gases y alcoholes, es el octanaje o Número de Octano. En el caso del combustible Diesel la propiedad análoga (aunque contraria) es el Número de Cetano. El valor de estos es un indicativo de la calidad del combustible, en ambos casos entre mas altos mejor calidad.

Este laboratorio esta destinado el estudio de estas propiedades, utilizando equipos y métodos aprobados por las normas internacionales.

4.7.1 Número de octano: poder antidetonante de los carburantes. Es una escala que mide la resistencia que presenta un combustible (como la gasolina, gases y alcoholes) a detonar prematuramente cuando es comprimido dentro del cilindro de un motor.

El octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado (mezclado con aire) antes de auto-detonarse al alcanzar su temperatura de autoignición debido a la Ley de los gases ideales. Si el combustible no tiene el índice de octano suficiente en motores con elevadas relaciones de compresión (oscilan entre 8,5 y 10,5:1), se producirá el "autoencendido" de la mezcla, es decir la combustión es demasiado rápida y dará lugar a una detonación prematura en la fase de compresión que hará que el pistón sufra un golpe brusco y se reduzca drásticamente el rendimiento del motor, llegando incluso a provocar graves averías. Dicho Número de Octano se obtiene por comparación del poder detonante de la gasolina con el de una mezcla de heptano e isooctano. Al isooctano se le asigna un poder antidetonante de 100 y al heptano de 0, de esta manera una gasolina de 95 octanos correspondería en su capacidad antidetonante a una mezcla con el 95% de isooctano y el 5% de heptano.

El ensayo para determinar el Número de Octano de un combustible se realiza sobre motores construidos especialmente para este fin. Estos motores son monocilíndricos y permiten variar la relación de compresión durante su funcionamiento. Uno de los utilizados, marcado con las siglas CFR (pertenecientes al Comité Corporativo para la Investigación de Combustibles), establece unas determinadas condiciones de funcionamiento en el ensayo, durante el cual se va aumentando paulatinamente la relación de compresión hasta que se produce la detonación. En sucesivas pruebas se determina la mezcla heptano e isooctano, que para la misma relación de compresión, produce una detonación de similar intensidad, lo que se mide con un sistema electrónico. Hay dos clases de octanajes: el RON y el MON.

RON (*Research Octane Number*): El valor del RON se determina comparando el golpeteo que produce la gasolina con respecto al golpeteo que produce una sustancia patrón. Como patrón se utiliza una mezcla de isooctano (2,2,4-Trimetilpentano) y n-heptano. De esta forma se determina el número de octanos del combustible, con respecto al porcentaje de isooctano en la mezcla estándar. De esta forma, una gasolina que produce el mismo ruido que la mezcla de 87, 87% isooctano (y 13% n-heptano), se dice que tiene un octanaje de 87 octanos. Para comparar; el gas licuado del petróleo (GLP) tiene un RON de +/- 110.

El método de prueba estándar para **RON** en motores encendidos por chispa es el ASTM D 2699 (ISO 5164).

MON (*Motor Octane Number*): Existe otro tipo de octanaje llamado MON que indica de manera más exacta cómo se comporta el combustible cuando se carga. Esta definición también se basa en la mezcla de isooctano y n-heptano. La diferencia con el RON es que se sobrecarga más el motor en el ensayo, simulando con mejor aproximación las condiciones reales de funcionamiento: se utiliza una mezcla precalentada, el motor más revolucionado y tiempos de ignición variables. Dependiendo de la composición del combustible, el MON de una gasolina moderna estará 10 puntos por debajo del RON. Normalmente las especificaciones de combustible requieren de un RON y MON.

El método de prueba estándar para **MON** en motores encendidos por chispa es el ASTM D 2700 (ISO 5163).

Mezcla de gasolinas

Las gasolinas se pueden mezclar y con un simple cálculo de balance de masa se puede conseguir el octanaje perfecto para un vehículo.

4.7.2 Número de cetano: facilidad de ignición. En el motor de ignición por compresión desde el momento en que el combustible se inyecta en la cámara de combustión hasta aquel en que se verifica el encendido transcurre un corto período de tiempo llamado retraso de encendido. Cuanto mayor es el retraso de encendido, tanto mayor resulta la cantidad de combustible que se acumula en la cámara de combustión antes de que ésta comience, por ello, se desarrolla de un modo repentino y en tal medida, que causa un gradiente de presión tan fuerte, que produce un golpe. Es decir, en el caso del motor Diesel se presenta también un efecto similar al causado por la detonación en el motor de encendido por chispa. Un combustible es tanto mejor cuanto menor es el retraso de encendido se que produce en el motor, en este caso, se dice que el combustible tiene una buena facilidad de ignición. Para lograr esta cualidad los combustibles para los motores de ignición por compresión, deben tener características opuestas a los utilizados para los motores de encendido a chispa.

Para valorar el grado de ignición de un determinado combustible existen dos métodos:

- Por comparación directa: Con un combustible de referencia, sobre un motor tipo de prueba similar al usado para el Número de Octano. La medida de la facilidad de ignición viene dada generalmente con el Número de Cetano (N.C.). El cetano ($C_{16}H_{35}$) es un hidrocarburo parafínico con óptima facilidad de ignición al que le ha sido asignado por convención el N.C.=100. Al mismo se le mezcla el alfa metilnaftaleno, hidrocarburo de escasa facilidad de ignición, al cual le asignan un N.C.=0 (cero). El procedimiento para determinar el N.C. es similar al empleado para determinar el N.O. y es determinado por el método ASTM D 613.
- Calculado: El Número de Cetano de combustibles destilados estimado a partir de la gravedad API y del punto mediado de ebullición por la

fórmula dada en el Apéndice II del método ASTM D 975. Se utiliza esta estimación si un motor estándar para la prueba no está disponible, o si la muestra es demasiado pequeña para una prueba del motor.

4.7.3 Equipo necesario para el estudio de combustibles. Como se describió anteriormente, se necesitan dos motores monocilíndricos de relación de compresión variable tipo CFR. Uno para determinación del Número de Octano tanto RON como MON, que cumpla con los procedimientos de prueba descritos por los métodos ASTM D 2699 (RON) Y ASTM D 2700 (MON). El otro para determinar el Número de Cetano, que cumpla con el procedimiento de prueba descrito por el método ASTM D 613.

Es también deseable contar con un sistema de automatización y adquisición de datos para ambos motores.

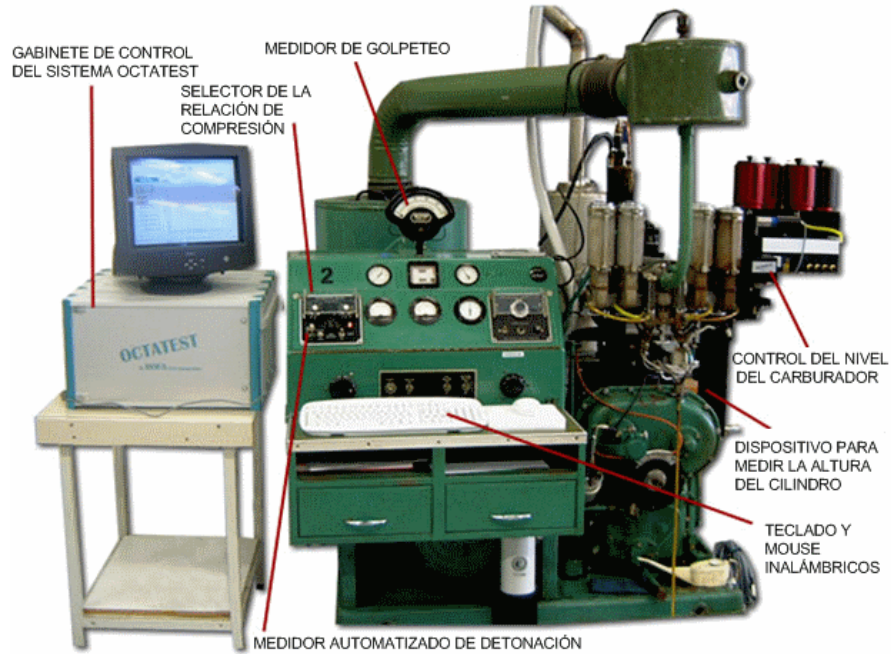
4.7.4 Equipo seleccionado. El líder mundial en este tipo de motores es la compañía **Waukesha**, que cuenta con más de 100 años de experiencia en el campo de motores combustión interna.

Para la determinación del Número de Octano de combustibles para motores encendidos por chispa, cuenta con sus motores modelo **CFR F-1** (para RON), **CFR F-2** (para MON) y el modelo combinado **CFR F-1/F-2**, ver figura 96, en el cual se pueden realizar ambas pruebas, siendo éste último el equipo seleccionado ya que en una sola unidad, y realizando pequeños ajustes, se pueden llevar a cabo tanto el método de prueba ASTM D 2699 (RON) y el ASTM D 2700 (MON).

El Número de Cetano se determinará usando el motor modelo **CFR F-5**, este cumple con los estándares de prueba del método ASTM D 613, que es el procedimiento aceptado mundialmente para la determinación de la calidad de ignición de los combustibles Diesel. Además tiene suficiente flexibilidad para probar combustible sintéticos, aceites vegetales (como el biodiesel) y otros

combustible no convencionales. La figura 97 muestra su apariencia acompañado del sistema de adquisición y control CETATEST.

Figura 96. Motor CFR F-1/F-2 junto con el sistema OCTATEST.



Fuente: Tomado de la página www.lawlercorp.com

Figura 97. Motor CFR F-5 junto con el sistema CETATEST.



Fuente: Tomado de la página www.lawlercorp.com

La empresa **Lawler** ha desarrollado completos sistemas de automatización, control y adquisición de datos para ser utilizados especialmente en motores CFR Waukesha. Para el modelo CFR F-1/F-2 tiene disponible el sistema **OCTATEST model OA-817**, ver figura 96, el cual ofrece un completo nivel de automatización y control del motor además de la adquisición y procesamiento de datos. Similar a éste pero diseñado especialmente para el motor CFR F-5, cuenta con el sistema **CETATEST model CA- 745**, véase figura 97, que es el más completo de la familia. Estos equipos tienen la capacidad de adquirir los datos suministrados por el medidor de golpeteo, por el medidor de detonación y registrar la altura del cilindro, entre otros. Los datos son almacenados en registros históricos que son fácilmente recuperables; luego de cada prueba se imprime un reporte detallado de ésta aunque también se puede hacer en cualquier momento. Para ambos sistemas no es necesario hacer ningún tipo de modificación al motor y son completamente compatibles con los métodos de prueba establecidos.

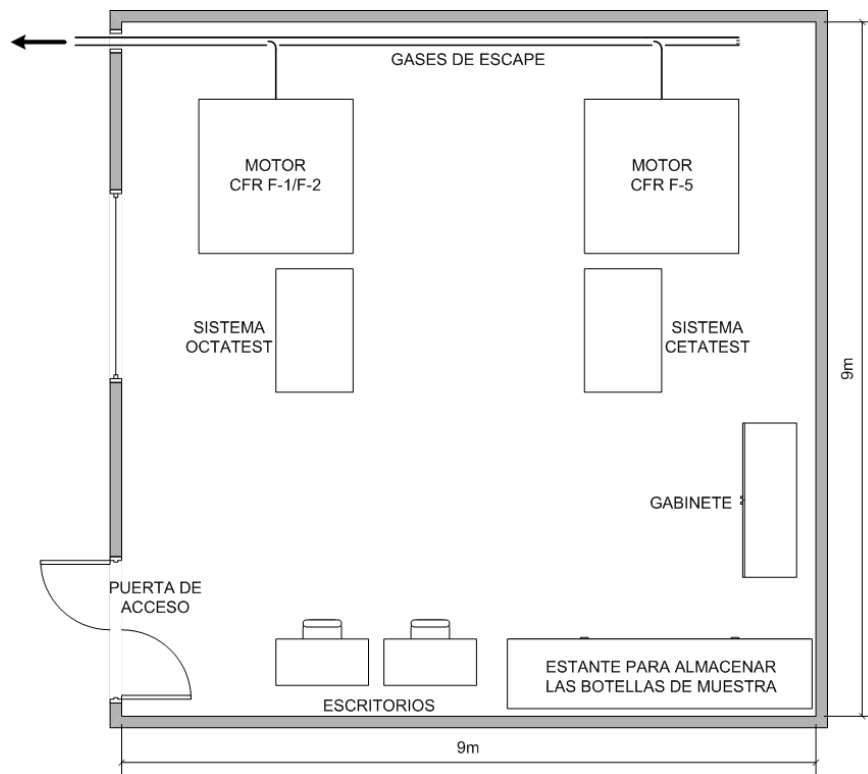
4.7.5 Configuración y tamaño del laboratorio. En una visita realizada a las instalaciones del I.C.P., se analizó la configuración general del laboratorio para la determinación del octanaje de combustibles, se estableció que el área de éste es de aproximadamente 45 m², la cual aloja el motor CFR, varios estantes y gabinetes para el almacenamiento de muestras, algunos escritorios y, además, sobra espacio suficiente para la libre movilización de varias personas al mismo tiempo. Cuenta con paredes y ventanas con aislamiento acústico ya que el ruido del motor es considerablemente alto. Tiene ductos con salida al exterior para los gases de escape y para el aire de admisión. En general el laboratorio se mantiene libre de suciedad y bien ventilado.

En nuestro caso contamos con una sala de 81 m² para ubicar el laboratorio que estará en el segundo piso de la edificación, de acuerdo con lo visto en el laboratorio del I.C.P. este espacio es suficiente para disponer en él los dos

motores monocilindricos CFR junto con sus respectivos sistemas de automatización, adquisición y control, además de varios estantes donde se almacenen y organicen las botellas de las muestras, gabinetes para guardar equipos y herramientas, escritorios para el uso por parte de los investigadores y un espacio amplio para el libre tránsito de las personas. Para mas detalle ver la figura 98.

La puerta de acceso debe ser amplia, las paredes y ventanas deben proveer un aislamiento acústico óptimo. El sistema contra incendios es obligatorio dada la manipulación de combustibles al realizar las pruebas, sumado a esto debe tener una ventilación adecuada para evitar la acumulación de gases explosivos.

Figura 98. Configuración y tamaño del laboratorio CFR para el estudio de combustibles.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

4.8 LABORATORIO FLUJOS ESTACIONARIO Y PULSANTE.

El desarrollo de los motores de combustión interna alternativos (MCIA) está condicionado por normas anticontaminación siempre más severas, de manera que cada día hay que desarrollar motores mas eficientes, es decir mejorar sus piezas o hacer diseños mas funcionales. Entre estos elementos, unos de los que tienen una influencia significativa en el rendimiento de un motor, son las que conforman los sistemas de admisión y escape, de manera que el estudio de éstos es de suma importancia.

Es aquí donde resulta de gran ayuda el llamado banco de flujo estacionario. Este sistema se utiliza para examinar piezas de motores de combustión interna (gasolina, diesel o gas), cuyo objetivo es mejorar el diseño o compararlas con otra, y decidir cuál es el más conveniente para el mejor aprovechamiento del combustible.

La optimización de los sistemas de admisión y escape se realiza mediante la determinación de la pérdida de presión producida por cualquier singularidad, como filtros de aire, intercambiadores, válvulas, silenciadores, múltiples, etc. Además de la caracterización de conductos complejos, como pipas en culatas, mediante la determinación del coeficiente de descarga en válvulas, del coeficiente de torbellino y del campo de velocidades corriente abajo.

Un banco de flujo consta básicamente de un soplador (que debe estar aislado por razones de seguridad) parecido a una aspiradora industrial. Aspira o bombea aire según se requiera de acuerdo a la pieza a estudiar (aspira si es un elemento del sistema de admisión y bombea si es del sistema de escape) y el fin es crear un flujo de aire que se controla mecánicamente. El resto del sistema, instalado en una sala contigua, está formado por una base (el banco propiamente dicho), donde se ponen las piezas que se van a inspeccionar, y es mediante una serie de válvulas (que

se abren y cierran) como se controla el paso del aire. Cuenta además con medidores que registran las propiedades de la corriente de aire como lo son: anemómetros de hilo caliente, sensores de presión y sensores de temperatura, y con un depósito de remanso que sirve para regularizar el flujo, además de amortiguar los pequeños cambios de presión en el aire que pudiera generar el soplador.

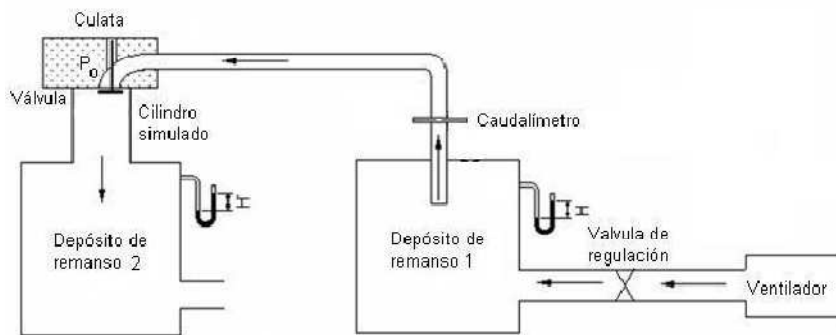
En éste laboratorio se podrán realizar estudios en elementos tales como: múltiples de admisión y escape, conductos en culatas, válvulas, carburadores, filtros de aire, catalizadores, silenciadores, tubos de escape, etc.

Por ejemplo, una vez colocada en el banco la pieza de un automóvil que va a ser inspeccionada, ver figura 99, en este caso el colector o múltiple de admisión de un motor, se acciona el soplador, el cual genera una corriente de aire que pasa por los medidores y entra al múltiple de admisión. Después se mide el gasto másico, que es el aire aprovechado y la proporción ideal.

El objetivo de esta acción es comparar un flujo teórico, que se supone debe tener una magnitud determinada (o ideal), con lo sucedido en la realidad.

Esta relación se llama coeficiente de flujo. Cuanto más elevado es el coeficiente de flujo es menor la pérdida de presión a través de la pieza dando como resultado un mejor llenado de los cilindros, de esta forma la pieza resulta más adecuada. Por ejemplo, se puede comparar una pieza estándar (comercial) con una de prototipo, y así calcular cuánto varía el rendimiento del motor con el uso de este último y de esta manera determinar la geometría y características óptimas de dicha pieza.

Figura 99. Banco de Flujo Estacionario (montaje para caracterizar culata).



Fuente: tomado de la página www.scielo.cl

Una vez obtenidos los valores, se procesan en un programa de computación tipo CFD y de esta manera se compara el gasto real con el teórico o ideal, es decir, se obtiene una referencia concreta del comportamiento de la pieza (cómo conduce el aire). Las mediciones deben ser exhaustivas, y se deben aplicar criterios de repetición para que el experimento sea confiable.

Para estudios mas detallados del comportamiento de los flujos de gases dentro del motor y en los sistemas de admisión y escape, es necesario producir flujos pulsantes, ya que ésta es la naturaleza de dichos flujos. Estas pulsaciones se pueden conseguir utilizando una válvula rotativa en la que se pueda variar la frecuencia y amplitud de los pulsos. Este sistema es particularmente útil para el estudio de las ondas de presión producidas principalmente en los dispositivos del sistema de escape.

Aunque existen otros tipos de equipos y métodos para estudiar el desempeño de un motor, el banco de flujo estacionario sólo necesita aire, por lo que resulta más económico. Además produce resultados con gran influencia en el rendimiento del motor. Asimismo, sus alcances son obvios: además de examinar piezas nuevas y en circulación, también puede aplicarse en procesos de diseño.

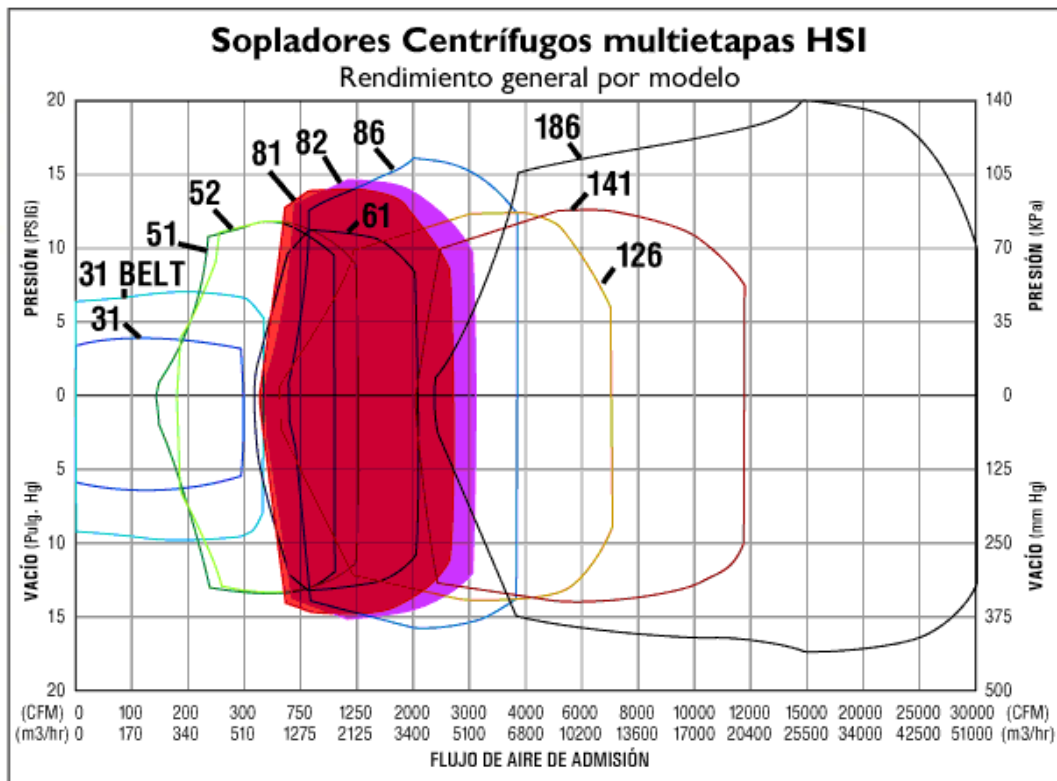
4.8.1 Equipo necesario para el laboratorio de flujos. El principal componente de este laboratorio es el soplador/aspirador, el equipo debe tener la capacidad para producir caudales similares a los presentados en los MCI. Haciendo un cálculo sencillo se pueden obtener valores aproximados del flujo de aire a través de motor:

En un motor de 1000 cc, cuatro tiempos, de aspiración natural, se aspiran 1000 cc cada dos revoluciones del motor, osea 500 cc/revolución. Si el motor gira a 1000 rpm, el flujo será de 500 mil cc/minuto o lo que es igual 30 m³/h. Teniendo en cuenta que en el CIDEMC se manejarán motores de hasta alrededor 540 HP en el caso de los MEC y 450 HP para los MECH, haciendo un sondeo con diferentes fabricantes se pudo establecer que el motor de mayor cilindrada con el que se va a tratar es de aproximadamente 16 litros para el caso de los MEC y 8 litros para los MECH.

Sin embargo, el primero gira a una velocidad máxima de 4000 rpm mientras que el segundo hasta unas 10000 rpm, por lo que la condición crítica la presenta el último (MEC: 1900 m³/h contra MECH: 2400 m³/h). De manera que el soplador deberá generar un flujo de hasta 2400 m³/h o superior.

4.8.2 Equipo seleccionado. Se seleccionó el soplador multietapas marca **HSI modelo 81**, el cual puede generar caudales de mas de 3500 m³/h a una presión aproximada de 100 kPa como soplador y un vacío de 50 kPa como aspirador, ver figura 100.

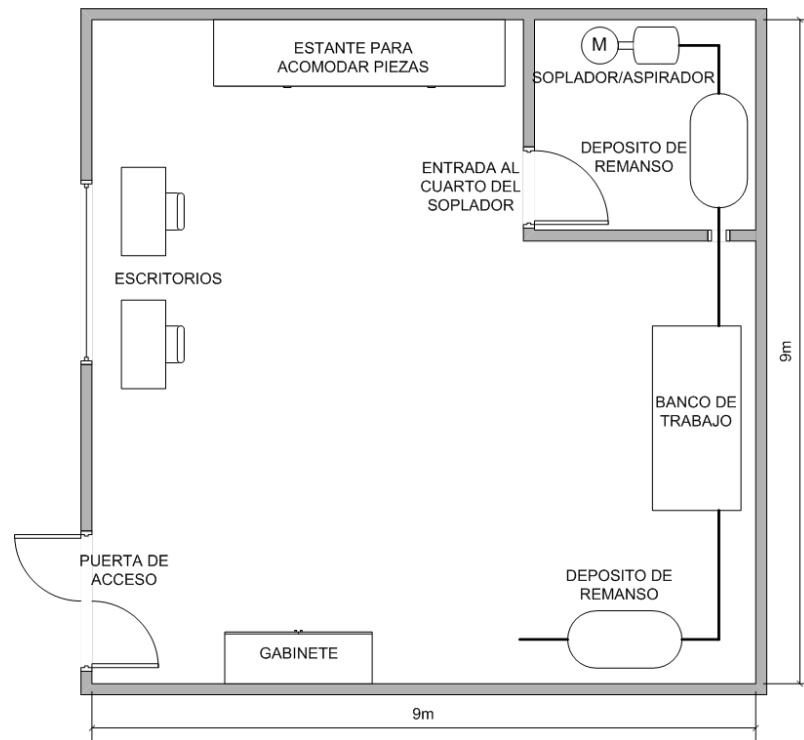
Figura 100. Gráfica de desempeño del soplador HSI modelo 81.



Fuente: Tomado de la página www.hsiblowers.com

4.8.3 Configuración y tamaño del laboratorio.. El laboratorio de flujo estacionario y pulsante estará ubicado en el segundo piso de la edificación en una sala de 9 m por 9 m por 3 m de altura. Como se dijo anteriormente, en su interior debe tener una sala aislada para ubicar el equipo soplador (esto por razones de seguridad). Serán necesarios algunos estantes para acomodar las piezas o elementos a estudiar, igualmente, gabinetes para guardar herramientas y equipos, así como también escritorios y archivadores. Por otra parte las condiciones de iluminación, ruido y ventilación, deben ser las adecuadas para proporcionar un ambiente de trabajo cómodo y sin riesgos para el personal. En la figura 101 se muestra su distribución aproximada.

Figura 101. Configuración y tamaño del laboratorio para flujos estacionario y pulsante.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

4.9 INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

Adicionalmente a las celdas y laboratorios, el CIDEMC debe contar con otro tipo de instalaciones, unas para realizar tareas de apoyo al trabajo en celdas y laboratorios, como es el caso del taller de mecanizado básico y la sala de desarmado y armado de motores; y otras para complementar actividades de estudio y realizar eventos especiales como lo son el auditorio, sala de reuniones, bloque de oficinas y biblioteca. Y por último, pero no menos importante, se necesitan instalaciones que brinden un espacio para el descanso y sano esparcimiento al personal que laborará en el Centro, tal es el caso de la cafetería, el gimnasio, la sala de juegos, duchas, entre otras.

A continuación se describen cada uno de estos lugares de forma breve nombrando los elementos que albergarán. Dado que estas salas no necesitaran de equipo especializado (especialmente mobiliario) no se hará una selección minuciosa de estos elementos, de manera que se mostrará de manera general lo que se proyecta, sin embargo, sus costos serán tenidos en cuenta en el presupuesto.

4.9.1 Taller de mecanizado básico. El objetivo fundamental de este taller es permitir realizar trabajos de maquinado a piezas que así lo requieran. Para esta tarea se utilizarán maquinas herramientas de arranque de viruta. La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad ya que suelen ser máquinas estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión.

Equipo necesario para el taller de mecanizado. En la actualidad existen muchas clases de maquinas herramientas, sin embargo, éste taller contará solo con equipos convencionales básicos tales como: torno paralelo convencional, fresadora universal, taladro de columna, rectificadora universal, sierra mecánica y esmerilador, suficientes para realizar operaciones de mecanizado comunes y de mediana complejidad. Para maquinados mas complicados o de mayor precisión se podrán utilizar las maquinas de Control Numérico Computarizado (CNC) con cuenta en la actualidad la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Equipo seleccionado. En el mercado existen variedades de marcas de máquinas herramientas todas con características similares, en este caso las mostradas son marca **HELLER**, empresa que tiene una amplia gama de productos que se ajustan plenamente a nuestra conveniencia. Los siguientes son los modelos escogidos para cada máquina:

Torno: **Heller modelo CE 460 / 1500**, con una distancia entre puntos de 1.5 m, anchura de vacada de 34 cm, motor de 7.5 Kw y un rango de velocidades entre 25 y 1800 rpm, permite realizar operaciones a piezas de significativo tamaño y peso. Sus dimensiones (en metros) son 2.95 x 1.6 x 1.15 (largo-alto-ancho) y su peso es de 2900 kg.

Taladro: **Heller modelo B50E**, cuenta con transmisión por engranes, embrague electromagnético, potente motor de 3 Kw y velocidades entre 52 y 1400 rpm, que permiten realizar agujeros de hasta 50 mm de diámetro en acero. Sus dimensiones (en metros) son 0.95 x 2.4 x 0.68 (largo-alto-ancho) y su peso es de 710 kg.

Fresadora: **Heller modelo FU 1600**, amplia superficie de trabajo de 360 x 1700 mm, motor de 7.5 Kw, velocidades entre 30 y 1525 rpm, cabezal universal ISO 50 para maquinados en los ejes X, Y, Z. Sus dimensiones (en metros) son 2.41 x 2.1 x 1.95 (largo-alto-ancho) y su peso es de 4600 kg.

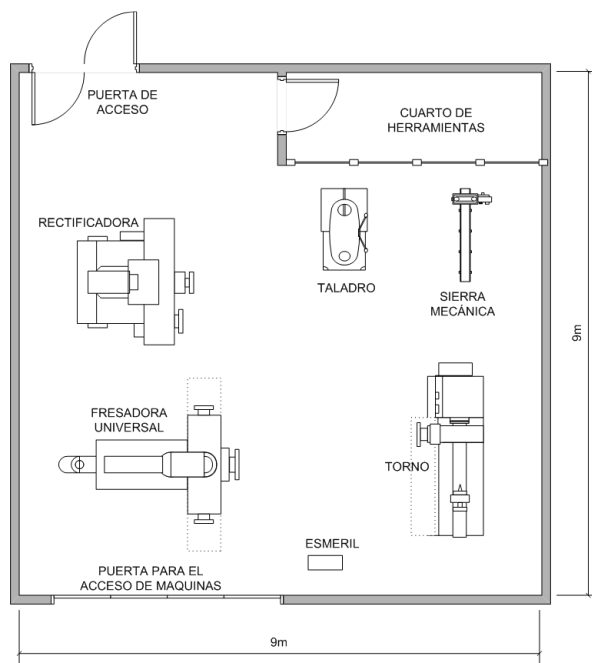
Rectificadora: **Heller modelo RSA 600**, la superficie de trabajo de 600 x 300 mm junto con su plato de sujeción magnético de hasta 420 Kg permiten trabajar piezas de gran volumen y peso en los ejes X, Y y Z con movimientos automáticos en los tres. Sus dimensiones (en metros) son 1.95 x 2.1 x 2.2 (largo-alto-ancho) y su peso es de 2170 kg.

Sierra mecánica: dado que la empresa Heller no cuenta con estos equipos, optamos por la sierra marca **OPTIMUM modelo OPTI S 181 G**, con capacidad para cortar piezas de hasta 180 mm de diámetro a tres velocidades posibles. Además tiene la ventaja de ser móvil, pudiendo ser ubicada en el sitio de mayor conveniencia.

Esmerilador: **OPTIMUM modelo OPTI SM 200**, su motor de 600 w y disco esmeril de 200 mm de diámetro por 32 mm de ancho le dan la capacidad de pulir y devastar gran cantidad de material.

Configuración y tamaño del taller. Este taller estará ubicado en el primer piso para facilitar el montaje de las máquinas dado sus tamaños y pesos. Tendrá un área de 9 m por 9 m el cual puede albergar cómodamente todos los equipos y mantener un espacio de trabajo alrededor de ellos de al menos 1 m (ver figura 102). Sus condiciones de ventilación e iluminación deben ser óptimas. En su interior debe tener un espacio restringido para el almacenamiento de herramientas y equipos. Además de la puerta de acceso principal, es necesario un portón de al menos 3.5 m de ancho por 2.5 m de altura para el fácil ingreso de las maquinas herramientas. Las dimensiones en el diagrama están a escala. Las dimensiones de los equipos fueron tomadas de sus respectivas hojas de especificaciones.

Figura 102. Configuración y tamaño del taller de mecanizado.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

4.9.2 Sala de desarmado y armado de motores. Debido a que los Motores de Combustión Interna son el principal elemento de trabajo en este Centro, con toda certeza surgirá la necesidad de desmontar piezas o bien, la totalidad de dichos motores, ya sea para su inspección, reparación, verificación, para probar nuevas piezas, nuevas configuraciones, para fines didácticos o simplemente para mantenimiento.

Como su nombre lo indica, la finalidad de esta sala es la de contar con un espacio adecuado para realizar este tipo de tareas, que disponga de toda la gama de herramientas necesarias para desarrollar correctamente estas labores, además de uno o varios mesones amplios donde se pueda realizar el despiece de los motores cómodamente.

Las principales herramientas y equipos que debe tener esta sala se listan a continuación:

- Juego de llaves de boca fija de 5/16" a 1 ¼"
- Juego de llaves de boca fija de 6 mm a 24 mm
- Juego de llaves estriadas de 3/8" a 1"
- Juego de llaves estriadas de 6 mm a 17 mm
- Juego de llaves de copa de 3/16" a 1 ¼" con su respectivo (s) ratchet y accesorios
- Juego de llaves de copa de 6 mm a 28 mm con su respectivo (s) ratchet y accesorios
- Juego de llaves bristol de 7/16" a 3/8"
- Juego de llaves bristol de 2 mm a 10 mm
- Juego de llaves de expansión
- Juego de destornilladores de pala y estrías
- Pinzas y alicates de diferentes tamaños y funciones
- Torcómetro electrónico

- Calibrador pie de rey electrónico con resolución de lectura 0.001mm/0.0005"

Para dotar la sala de todas las herramientas requeridas se escogió un juego maestro de herramientas marca **PROTO** de 584 piezas (584 Piece Master Tool Set), un completísimo conjunto de herramientas manuales para el taller mecánico tanto en unidades métricas como inglesas, ver figura 103.

Figura 103. Juego maestro de herramientas marca **PROTO** de 584 piezas.



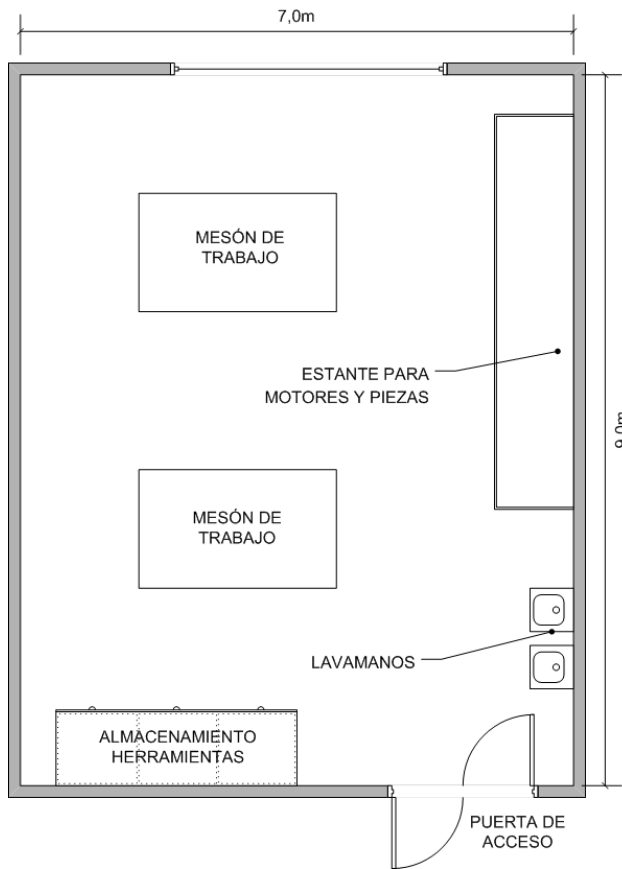
Fuente: Tomado de la página www.stanleyproto.com

El torcómetro, necesario para aplicar la cantidad exacta de torque requerido en algunos montajes, es igualmente marca **PROTO 22"/558mm Electronic Torque Wrench**, tiene un rango de torque de 0 – 936 Nm y una precisión de $\pm 1\%$. El calibrador pie de rey que se escogió fue el **BAKER PD 20** de 12", el cual presenta una alta precisión y repetitividad además de ser totalmente digital y tener la capacidad de conectarse a un PC a través del puerto RS 232.

Además de lo anterior, es recomendable el uso de gabinetes para almacenar en forma segura las herramientas.

La sala debe permanecer aseada, libre de suciedades que puedan dañar los motores. Su iluminación debe ser óptima y cumplir con la norma para este tipo de recintos (entre 300 a 750 lux). La figura 104 muestra su distribución aproximada.

Figura 104. Configuración y tamaño sala desarmado y armado.



Fuente: El autor con ayuda del software Microsoft Visio.

4.9.3 Salón de conferencias. Se trata de un auditorio para reuniones, conferencias y eventos relacionados con el Centro con capacidad para 50 a 60 personas. Esta sala debe estar equipada con elementos audiovisuales necesarios tales como proyectores de video, equipo de sonido, reproductores

de video (DVD, CD-ROM, VHS, entre otros) pantallas, etc. que permitan realizar las actividades mencionadas con anterioridad, climatizado y con buen nivel de iluminación el cual, igual que las otras salas debe estar entre 300 y 750 lux.

4.9.4 Bloque de oficinas para investigadores. Consiste de 4 bloques de oficinas del tipo modular como las mostradas por la figura 105 para los investigadores. Cada modulo contara con un PC moderno con todos sus periféricos necesarios y conexión a internet y a servicios adicionales requeridos como acceso a bases de datos y publicaciones científicas. El los planos suministrados en los anexos se puede observar su distribución.

Figura 105. Bloque de cuatro puestos de trabajo.



Fuente: Tomado de Internet.

4.9.5 Biblioteca especializada. Consistirá de una biblioteca con recursos bibliográficos exclusivamente relacionados con las MCI que contara con terminales o módulos de consulta rápida que agilicen la búsqueda de ejemplares, de la misma manera tendrá a su disposición varios computadores conectados a la red que permitan la investigación en línea.

La biblioteca contara con su mobiliario característico como lo son mesas, sillas, estantes, etc., en los que los usuarios podrán consultar los temas de interés. En los planos del tercer piso suministrados en los anexos se muestra su disposición.

4.9.6 Zona de esparcimiento y recreación. Corresponde a un lugar destinado al descanso, entretenimiento y ejercitación del personal que labora en el centro. Estará formado por varias secciones las cuales usaran un área común permitiendo de esta manera estar comunicadas. Las secciones de las cuales esta compuesta son: cafetería, sala de televisión, área de juegos (tenis de mesa, billar y juegos de mesa en general) y gimnasio.

La cafetería tendrá un variado menú alimenticio a la disposición del personal involucrado con el Centro, cómodas mesas y sillas con música suave para quienes la prefieran.

La sala de televisión esta proyectada sobretodo para el descanso de los trabajadores del Centro, en ella se ubicarán cómodos sillones en donde sea posible la relajación a la ves de disfrutar un programa de televisión, una película o un video.

El área de juegos esta compuesta básicamente de dos canchas de tenis de mesa con, tres mesas de billar y cuatro puestos para juegos de mesa. Serán ubicadas de forma tal que permitan su cómodo uso.

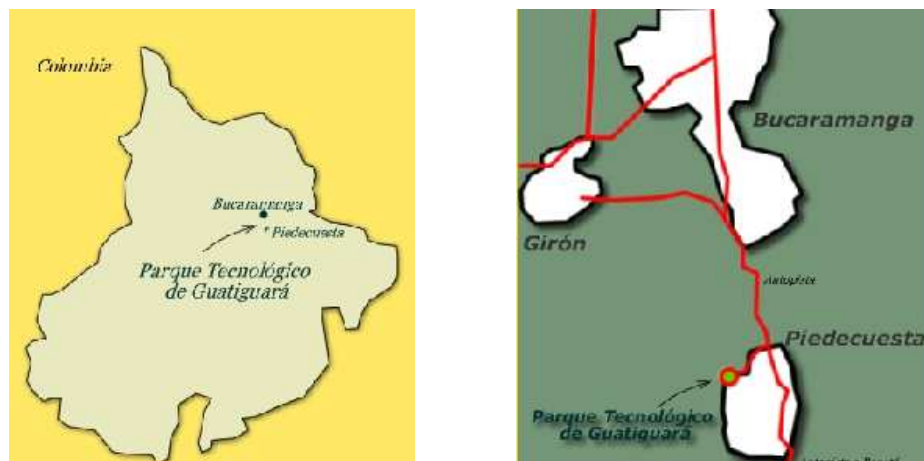
El gimnasio contará con los siguientes equipos: 5 bicicletas para spinning, 5 bicicletas elípticas magnéticas, 5 caminadoras eléctricas y 2 bancos de pesas con sus respectivos juegos de barras, mancuernas y discos. Con estos equipos se pueden realizar una gran cantidad de rutinas de ejercicios para mantener un buen estado físico.

5. TAMAÑO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LOTE DISPONIBLE PARA EDIFICACIÓN.

El área o lote destinado para la construcción del CIDEMC, tendrá una extensión aproximada de 7560 m² ubicados en el Parque Tecnológico de Guatiguará, en los lotes libres que tiene el complejo para efectos de futuras infraestructuras de I & D.

El Parque Tecnológico de Guatiguará se encuentra localizado en el nororiente colombiano, en el departamento de Santander, más exactamente en el municipio de Piedecuesta, a 20 minutos de la capital del departamento, Bucaramanga. Véase figuras 106 y 107.

Figura 106. Ubicación geográfica específica del Parque Tecnológico de Guatiguará.



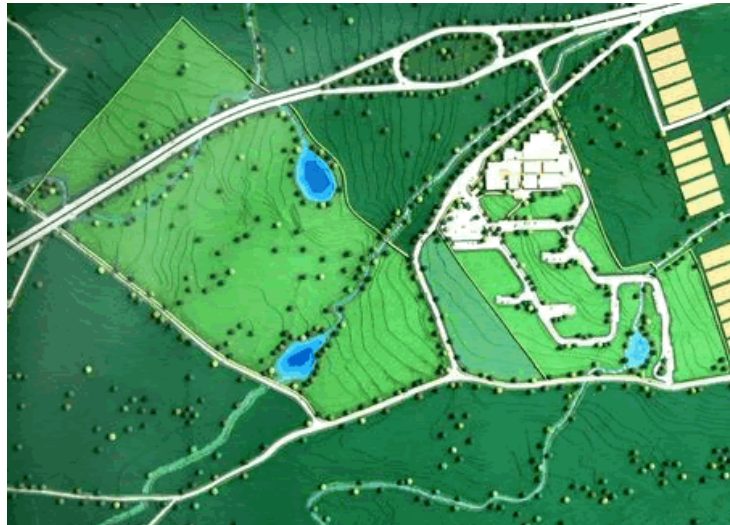
Fuente: Tomado de la página www.uis.edu.co

Situado en un hermoso valle conocido como Valle de Guatiguará, la zona de mejor porvenir y mayor valorización del área metropolitana de Bucaramanga

por su belleza natural, excelente clima, buenas vías de comunicación, importantes entidades establecidas en el lugar y grandes proyectos de desarrollo a futuro.

En este mismo Valle, están localizados la Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad Santo Tomás, la Universidad Manuela Beltrán, la Corporación Universitaria Centrosistemas, el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, el Instituto Colombiano del Petróleo y varios centros de educación media, los cuales dan al área una inclinación hacia la educación, la ciencia y la tecnología, dentro de un corredor tecnológico contemplado en los planes de ordenamiento territorial metropolitano y municipal.

Figura 107. Vista aérea del Parque Tecnológico de Guatiguará.



Fuente: Tomado de la página www.uis.edu.co

6. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA FÍSICA DEL COMPLEJO

En el anexo A se muestran en detalle los planos de distribución en planta del complejo piso por piso.

7. PRESUPUESTO

C.M.=Componentes Mecánicos; E.A.= Equipo de acondicionamiento; E.M.=Equipo de Medición; A= Amoblado; V.U. = Valor Unitario; V.P. = Valor Parcial (VALORES EN DÓLARES EEUU)					
1. Equipamiento Celdas de Ensayo					
1.1 Celdas de Ensayos MIC (540 HP) y MIC (250 HP).					
Componente	Cantidad	Categoría	Fabricante	V.U.(US)	V. P.(US)
Dinamómetro	2	C.M.	AVL	332625	665250
Soporte motor	2	C.M.	AVL	31260	62520
Placa base motor	2	C.M.	AVL	36750	73500
Polipasto y viga	2	C.M.	LOADMATE	3900	7800
Enfriador agua motor	2	E.A.	AVL	31425	62850
Enfriador aceite motor	2	E.A.	AVL	27900	55800
Acondicionador aire admisión	2	E.A.	AVL	71115	142230
Medidor y acondicionador combustible	2	E.A.	AVL	68250	136500
Kit GNV	2	C.M.	GAZEL	1200	2400
Medidor de flujo de gas	2	E.M.	ELSTER	6069	12138
Equipo análisis gases escape y túnel dilución	2	E.M.	AVL	250950	501900
Sistema de adquisición de datos, automatización y control	2	E.M.	AVL	203625	407250
Sillas	8	A.	JPEÑA, AMODULAR	10	80
Mesas	4	A.	JPEÑA, AMODULAR	65	260
Subtotal					2130478
1.2 Celdas de Ensayos MICH (250 HP) y MICH (450)					

Componente	Cantidad	Categoría	Fabricante	V.U.(US)	V. P.(US)
Dinamómetro	2	C.M.	AVL	332625	665250
Soporte motor	2	C.M.	AVL	31260	62520
Placa base motor	2	C.M.	AVL	36750	73500
Polipasto y viga	2	C.M.	LOADMATE	3900	7800
Enfriador agua motor	2	E.A.	AVL	31425	62850
Enfriador aceite motor	2	E.A.	AVL	27900	55800
Acondicionador aire admisión	2	E.A.	AVL	71115	142230
Medidor y acondicionador combustible	2	E.A.	AVL	68250	136500
Kit GNV	2	C.M	GAZEL	1200	2400
Medidor de flujo de gas	2	E.M.	ELSTER	6069	12138
Equipo análisis gases escape	2	E.M.	AVL	250950	501900
Sistema de adquisición de datos, automatización y control	2	E.M.	AVL	203625	407250
Sillas	8	A	JPEÑA, AMODULAR	10	80
Mesas	4	A	JPEÑA, AMODULAR	65	260
				Subtotal	1945320
1.3 Celda Grupos Electrógenos 100 KVA y 500 KVA					
Dinamómetro	2	C.M.	AVL	332625	665250
Polipasto y viga	2	C.M.	LOADMATE	3900	7800
Enfriador agua motor	2	C.M	AVL	31425	62850
Enfriador aceite motor	2	C.M.	AVL	27900	55800
Medidor y acondicionador combustible	2	E.M.	AVL	68250	136500
Equipo análisis gases escape y túnel dilución	2	E.M.	AVL	250950	501900
Sistema de adquisición de datos,	2	E.M.	AVL	203625	407250

automatización y control					
Analizador redes eléctricas	2	E.M.	CIRCUTOR	768	768
Sillas	8	A	JPEÑA, AMODULAR	10	80
Mesas	4	A	JPEÑA, AMODULAR	65	260
				Subtotal	1838458
1.4 Celdas semianecoicas MICH (450 HP) Y MIC (540 HP)					
Dinamómetro	2	C.M.	AVL	332625	665250
Soporte motor	2	C.M.	AVL	31260	65520
Placa base motor	2	C.M.	AVL	36750	73500
Enfriador agua motor	2	C.M.	AVL	31425	62850
Enfriador aceite motor	2	C.M.	AVL	27900	55800
Medidor y acondicionador combustible	2	C.M.	AVL	68250	136500
Kit GNV	2	C.M.	GAZEL	1200	2400
Medidor de flujo de gas	2	E.M.	ELSTER	6069	12138
Sistema de adquisición de datos	2	E.M.	BRUEL Y KJAER	512000	1024000
Micrófonos	30	E.M.	BRUEL Y KJAER	400	12000
Medidor nivel de sonido	2	E.M.	BRUEL Y KJAER	950	1900
Medidor intensidad sonido	2	E.M.	BRUEL Y KJAER	280	560
Sillas	8	A	JPEÑA, AMODULAR	10	80
Mesas	4	A	JPEÑA, AMODULAR	65	260
				Subtotal	2050538
2. Laboratorios					
Equipo modular motores 2 y 4 tiempos	1	C.M.	AVL	52500	52500
Motor monocilindrico para investigación	1	C.M.	AVL	620400	620400
Sistema óptico estudio	1	C.M.	AVL	200700	200700

combustión					
Osciloscopio digital portátil	4	E.M.	FLUKE	4250	17000
Generador de señales	4	E.M.	NATIONAL INSTRUMENTS	12870	51480
Multímetro automotriz	4	E.M.	FLUKE	2597	5194
Estación de soldadura	1	C.M.	AOUYUE	150	150
Escáner automotriz portátil	2	E.M.	BOSCH	2597	5194
Entrenador didáctico inyección electrónica	1	C.M.	IMPOINTER LTDA	67501	67501
Entrenador de sistemas eléctricos	1	C.M.	IMPOINTER LTDA	48596	48596
Entrenador de sistemas de seguridad	1	C.M.	IMPOINTER LTDA	5629	5629
Entrenador de aire acondicionado vehicular	1	C.M.	IMPOINTER LTDA	14230	14230
Motores didácticos	6	C.M.	IMPOINTER LTDA	78250	469500
Computadores	50	Hardware	iMAC	1706	85300
Impresoras	10	Hardware	HP	1358	13581
Plotter	2	Hardware	HP	7968	15936
Servidor	1	Hardware	iMAC	3999	3999
Licencia de software	50	Software	Ansys y Master CAM	13015	26031
Módulos de oficina	5	A	JPEÑA, AMODULAR	1250	6000
Torcometro electrónico	1	E.M.	PROTO	650	650
Calibrador Pie de Rey	1	E.M.	BAKER	450	450
Rectificadora	1	C.M.	HELLER	35250	35250
Fresadora Universal	1	C.M.	HELLER	41550	41550
Torno paralelo	1	C.M.	HELLER	22440	22440
Taladro de columna	1	C.M.	HELLER	8925	8925
Sierra mecánica	1	C.M.	HELLER	2055	2055

Esmeril	1	C.M.	HELLER	150	150
Juego herramientas	1	C.M.	PROTO	2360	2360
				Subtotal	1822751
3. Equipo de Acondicionamiento					
Ventilador centrifugo	15	C.M.	FRIGIDAIRE	5250	78750
Ventilador axial	15	C.M.	FRIGIDAIRE	3834	57510
Equipos Aire Acondicionado Central	(10 Ton) x4	C.M.	LG	5725	22900
	(7.5 Ton) x7			4220	29540
	(5 Ton) x9			2650	23850
	(4 Ton) x1			2250	2250
				Subtotal	2037551
4. Amoblado					
Módulos de oficina	5	A	JPEÑA, AMODULAR	1650	8250
Mesas de billar	3	A		1850	5550
Canchas de tenis de mesa	3	A		290	870
Bicicleta spinning	5	A		350	1750
Caminadora eléctrica	5	A		620	4000
Bicicleta elíptica magnética	5	A		490	2450
Banco de pesas	2	A		250	500
T.V Plasma	4	A		1500	6000
Subtotal					29370
5. Infraestructura Civil					
m ² construidos	11061	Obra civil	-	224.1/m ²	2479146
Subtotal					2479146
TOTAL PARCIAL					14333612
IMPREVISTOS * (30 %)					4300083.6
TOTAL					18'633695

* En los imprevistos se incluye el valor de algunos equipos para los cuales no fue posible obtener cotización ni estimar su valor de otra manera.

El costo total aproximado del CIDEMC es de 18.7 millones de dólares.

Para determinar el presupuesto de la construcción civil se utilizó un método bastante aproximado, esto debido a que la elaboración de un presupuesto detallado es competencia de profesionales en otros campos (Ingeniería Civil), además de ser un trabajo dispendioso y especializado.

El método consiste en comparar la edificación que se está diseñando con una ya existente de similares características en cuanto a materiales, funcionalidad, acabados, etc.

Se toma el costo total de la construcción y se divide por el área total construida (ambos de la edificación real), obteniendo así el valor promedio de construir un metro cuadrado en una edificación de esas características. Luego, dada la similitud de las edificaciones, multiplicamos ese valor por el área total construida del edificio en proceso de diseño dando como resultado el valor aproximado de éste.

Este es un método bastante sencillo e inexacto pero válido, usado con alguna frecuencia para calcular a grandes rasgos el costo aproximado de una construcción civil.

En nuestro caso la comparación se hará con el edificio del Centro de Caracterización de Materiales (CCM) de Ingeniería Civil, situado en el campus universitario detrás de la escuela de Ingeniería Eléctrica. Este presenta características similares a las que tendría el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Motores de Combustión Interna. Según datos obtenidos en la oficina de contratación de la universidad, el CCM tiene un área cubierta de 2744 m² y un área urbanizada de 1696 m² para un total de 4440 m² de superficie construida, y su valor fue de 1990'307773 pesos.

El área cubierta es aquella ocupada por el edificio como tal, esta se obtiene sumando las áreas construidas de cada piso (en el caso de ser de varios niveles). El área urbanizada es la que se construye alrededor del edificio, en

Tabla 16. Área cubierta

NIVEL	AREA [m ²]
Primer Piso	2205
Segundo Piso	1728
Tercer Piso	1773
Area Cubierta Total	5706

El valor promedio por metro cuadrado es $\frac{1990307773.}{4440.} = 448268$ pesos/m², entonces el costo aproximado de la obra civil del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Motores de Combustión Interna es

$11061 \text{ m}^2 \times 448268 \text{ pesos} / \text{m}^2 = 4958'292348$ pesos (aproximadamente **5000 millones de pesos Colombianos**)

Por otra parte todos los valores aquí consignados están respaldados por su correspondiente cotización detallada de fabricante, consignadas en los anexos con valores vigentes a la fecha de entrega de esta propuesta.

En la tabla 17 se muestran el costo mensual estimado que generaría el CIDEMC por concepto de los salarios de los trabajadores.

Tabla 17. Salarios aproximados del personal de CIDEMC

OCUPACIÓN	CANTIDAD	JORNADA C=completa ; M=media	SALARIO APROXIMADO (en pesos)
DIRECTOR CIENTÍFICO	1	M	3'000 000.
INVESTIGADORES	4	M	c/u 2'500 000.
TECNÓLOGO MECÁNICO	6	C	c/u 1'500 000.
TECNÓLOGO ELECTROMECAÁNICO	2	C	c/u 1'500 000.
TECNÓLOGO ELECTRÓNICO	1	C	1'500 000.
TECNÓLOGO EN SISTEMAS	1	C	1'500 000.
ADMINISTRADOR	1	C	2'000 000.
SECRETARIA	2	C	c/u 1'200 000.

OCUPACIÓN	CANTIDAD	JORNADA C=completa ; M=media	SALARIO APROXIMADO (en pesos)
BIBLIOTECARIO	1	C	700 000.
RECEPCIONISTA	1	C	700 000.
VIGILANTE	2	C	c/u 900 000.
ASEADOR	2	C	c/u 700 000.
TOTAL MENSUAL			37'000 000.

8. DILIGENCIAMIENTO DE FORMATOS BPPI-UIS ACORDADOS

En el anexo E se muestran en detalle los dos tipos de formato diligenciados de forma parcial de acuerdo a lo proyectado en los objetivos de éste trabajo de grado.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El CIDEMC estará formado por 10 celdas de ensayos, 8 para el estudio de motores en banco y 2 para pruebas de motores en vehículos sobre dinamómetros de rodillos. Además tendrá 6 laboratorios para investigación y desarrollo dotados de equipos de última tecnología, un auditorio, una biblioteca, una sala didáctica, oficinas, duchas, áreas de descanso y cafetería. Todo esto distribuido en una edificación de 3 plantas que cuenta con todos los servicios públicos (energía eléctrica, agua, alcantarillado, gas natural, telefonía, internet, televisión por cable, etc.).

Se determinó el dimensionamiento, las características y el equipo requerido por cada una de las celdas, laboratorios y salas que harán parte del centro en cuestión.

El CIDEMC estará en capacidad de analizar, certificar y homologar motores en áreas tales como: emisiones de escape, potencia y par, consumo, ruido y vibración, inyección y desempeño con combustibles alternativos. Sus equipos permitirán pruebas en MICH con valores máximos de 732 N-m de par, 10000 RPM y 450 HP, y en MIC con valores máximos de 3390 N-m de par, 4000 RPM y hasta 540 HP.

El Centro necesitará para su emplazamiento un lote de 7560 m². La edificación contará con un área cubierta total de 5706 m² distribuidos en 2205 m² en el primer piso, 1728 m² en el segundo y 1773 m² en el tercer piso.

Para la ejecución del CIDEMC se necesitarán recursos por un valor aproximado de 18.7 millones de dólares. Debido a su elevado costo, se recomienda desarrollarlo por etapas dándole prioridad a aquellas

instalaciones que se requieran con mayor urgencia y que tengan mayor capacidad de generación de servicios.

El CIDEMC estará en capacidad de trabajar en asocio con empresas productoras de combustibles (como por ejemplo ECOPETROL), ya sea en el desarrollo de nuevos combustibles alternativos, o bien, en labores de investigación tendientes a mejorar la calidad de los actuales, que dicho sea de paso, en Colombia está muy por debajo de los estándares internacionales.

Se diligenciaron de forma parcial los formatos para la presentación de proyectos de inversión en el banco de programas y proyectos de inversión de la UIS (BPPI-UIS); esto como una primera iniciativa en su proceso de concepción.

Es realmente necesario que la Universidad Industrial de Santander cuente con un Centro de las características del CIDEMC, que permita a estudiantes de pregrado y postgrado de diversos programas de la UIS y de otras Universidades tanto nacionales como internacionales, así como también a la industria, trabajar en verdaderas líneas de investigación que generen desarrollo y autonomía tecnológica en el área de las MCI.

La implementación del CIDEMC sería un gran paso hacia una verdadera cultura científica, investigativa y de desarrollo, que nos permita desarrollar tecnologías propias diseñadas específicamente para nuestras necesidades, y de esta manera dejar de simplemente “adaptar” a nuestro medio tecnologías provenientes de otras latitudes.

El Centro deberá ser económicamente autónomo, con capacidad de generar activos que permitan su autosostenimiento y además desarrollar obras tanto para su propio mejoramiento como de inversión social en la región. Los

recursos se conseguirán principalmente de la prestación de servicios al sector productivo.

Para el desarrollo del presente trabajo de grado, se debieron poner en práctica los criterios de Ingeniería propios del proceso de selección de equipos, criterios estos que fueron obtenidos a través del estudio de las diferentes asignaturas que conforman el plan de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

BIBLIOGRAFÍA

BASSHUYSEN, Richard y SCHAFER, Fred. Internal Combustion Engine Handbook. USA. SAE International. 2004

HERNÁNDEZ ESPINEL; RODRIGUEZ, Leonard, RODRIGUEZ PARO, José Javier; MALAVER MORENO, Jose J Javier: Sistema de ventilación controlado para bancos de pruebas de motores de combustión interna. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1998.

HEYWOOD, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. USA. McGraw Hill: 1988.

MEJÍA, Arguello, Adolfo. Tesis: Gas natural comprimido para vehículos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2000.

PLINT, Michael y MARTYR, Anthony. Engine Testing Theory and Practice. Oxford, Inglaterra. Butterworth-Heinemann : 1995. p.

RUIZ, Santiago et al. Prácticas de Motores de Combustión. México. Alfaomega. 2005.

NIÑO, Luis Alfredo. Tesis: Banco de pruebas de motores para el laboratorio de máquinas térmicas alternativas, diseño del puesto de trabajo y propuesta de modernización del laboratorio. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2006.

VILLADIEGO TORRES, Juan Carlos. Tesis: Conversión de un motor estacionario de gasolina a gas natural, prueba y evaluación. **Juan Carlos Villadiego Torres**. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001.

[8]

ZHAO, Hua y LADAMMATOS, Nicos. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. Warrendale, USA. SAE international 2001.

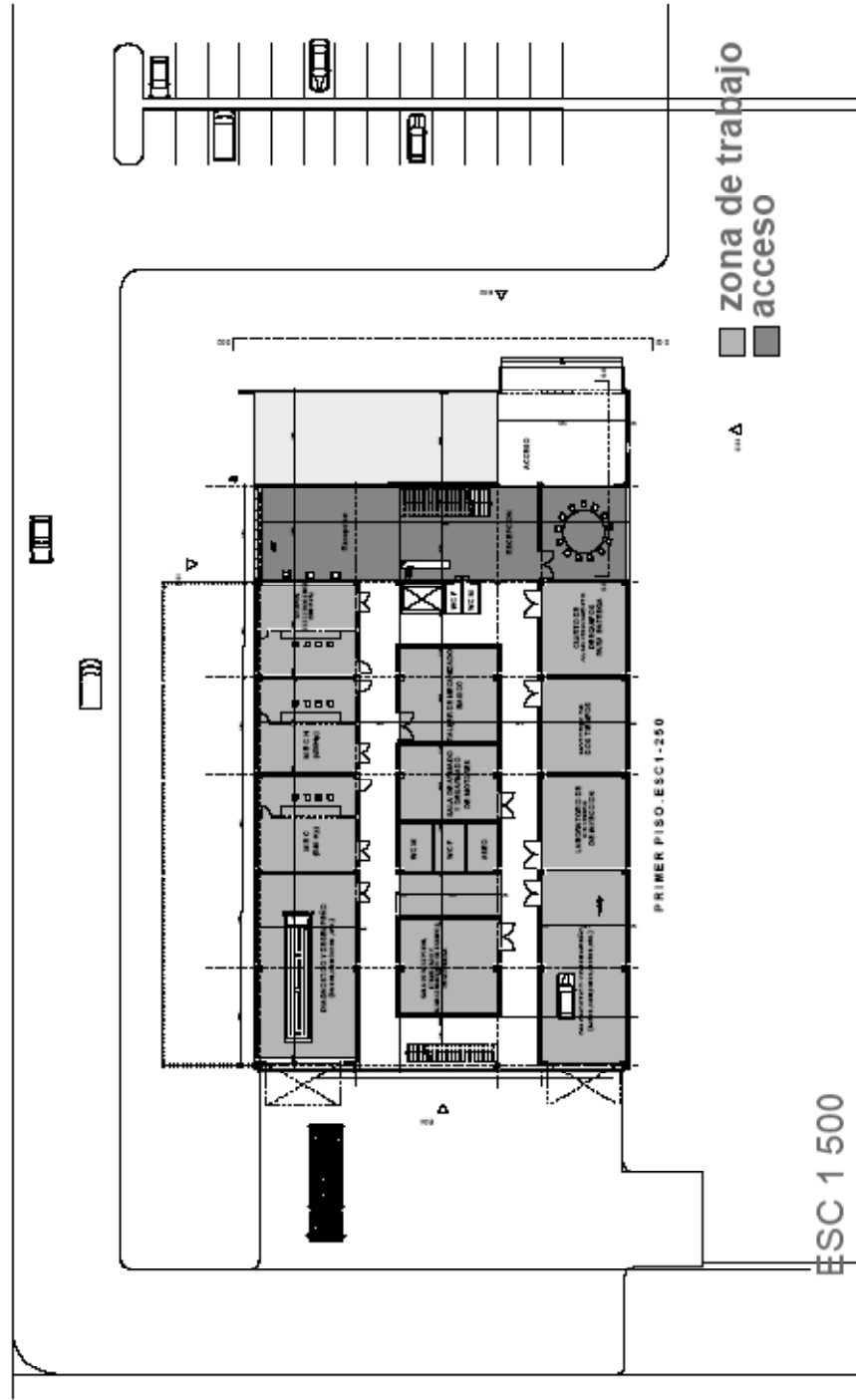
ANEXOS

ANEXO A. PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL CENTRO.

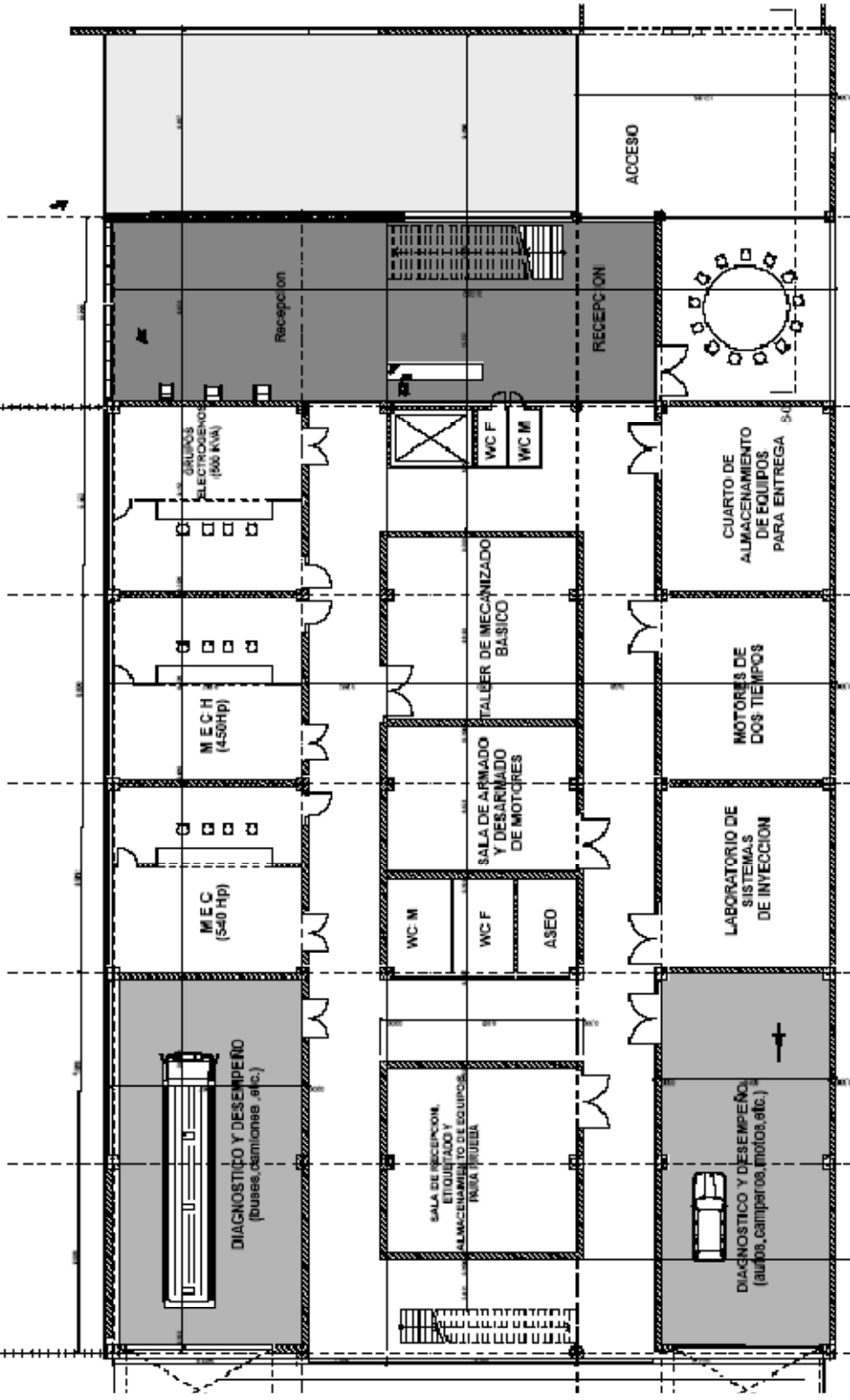
A.1 PRIMER PISO (VISTA GENERAL).

A.2 PRIMER PISO

DISEÑO DE UN CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
 TÉCNICO EN EL ÁREA DE MOTORES EN COMBUSTIÓN INTERNA
 PRIMER PISO
 ARQ. AMAURY ARROYO GARAY

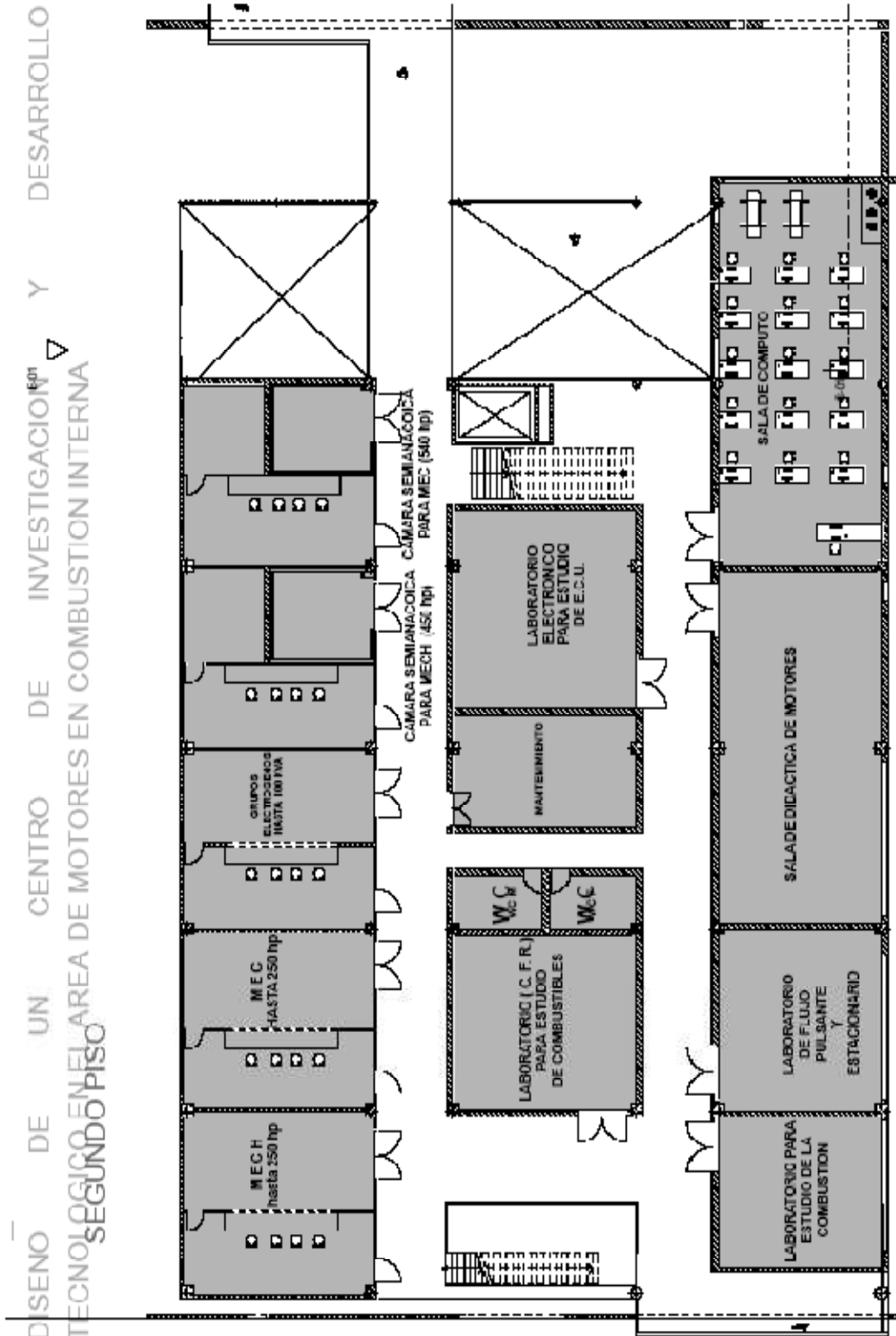


CIDFMC



PRIMER PISO. ESC 1-2-50
 Zona de trabajo
 acceso

A.3 SEGUNDO PISO.

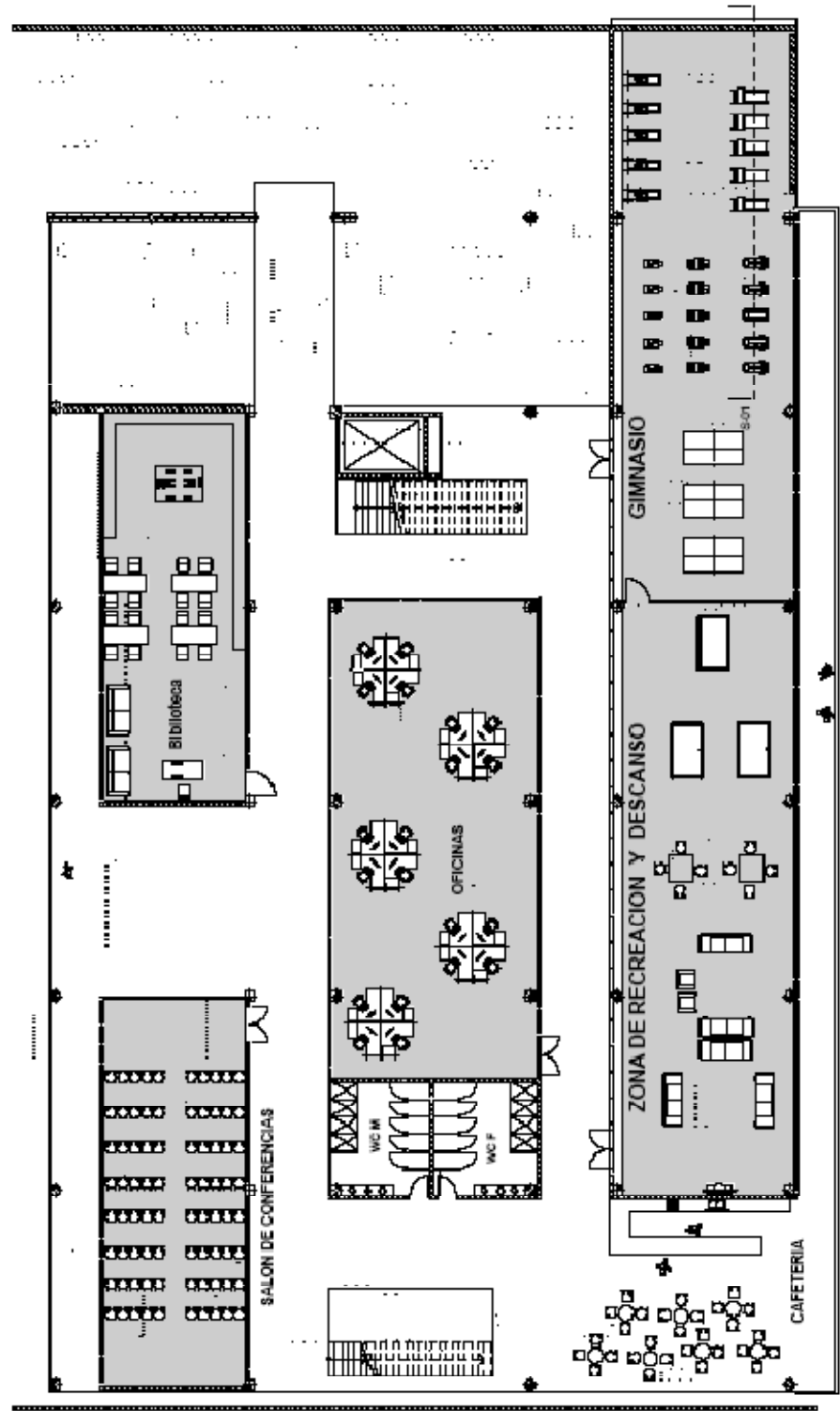


SEGUNDO PISO ESC1-250

CIDFMC

A.4 TERCER PISO.

DISEÑO DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL ÁREA DE MOTORES EN COMBUSTIÓN INTERNA
TERCER PISO



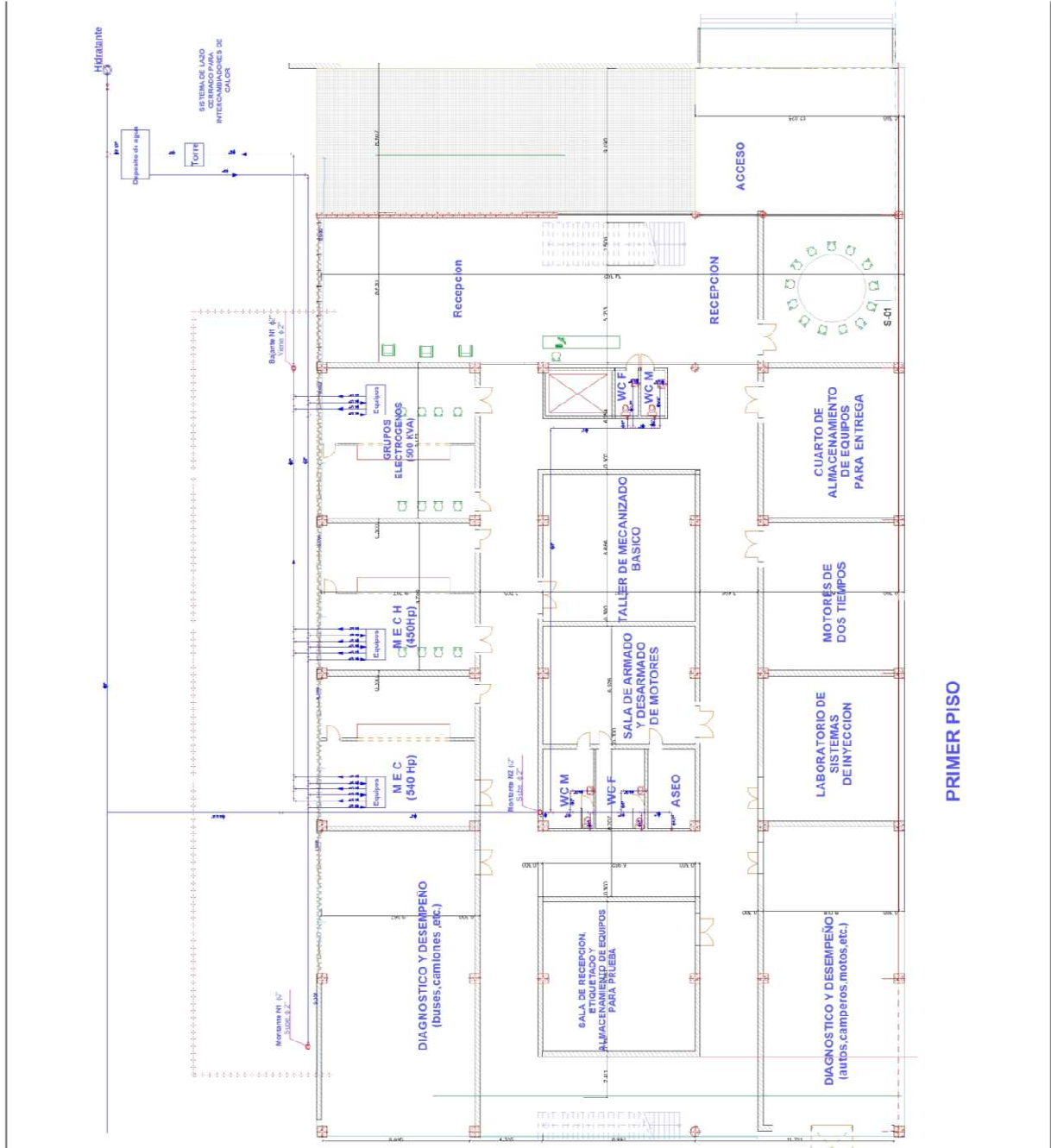
ESC 1-250

CIDFMC

ANEXO B. PLANOS HIDRÁULICOS, DE REDES DE COMBUSTIBLE Y ELÉCTRICOS.

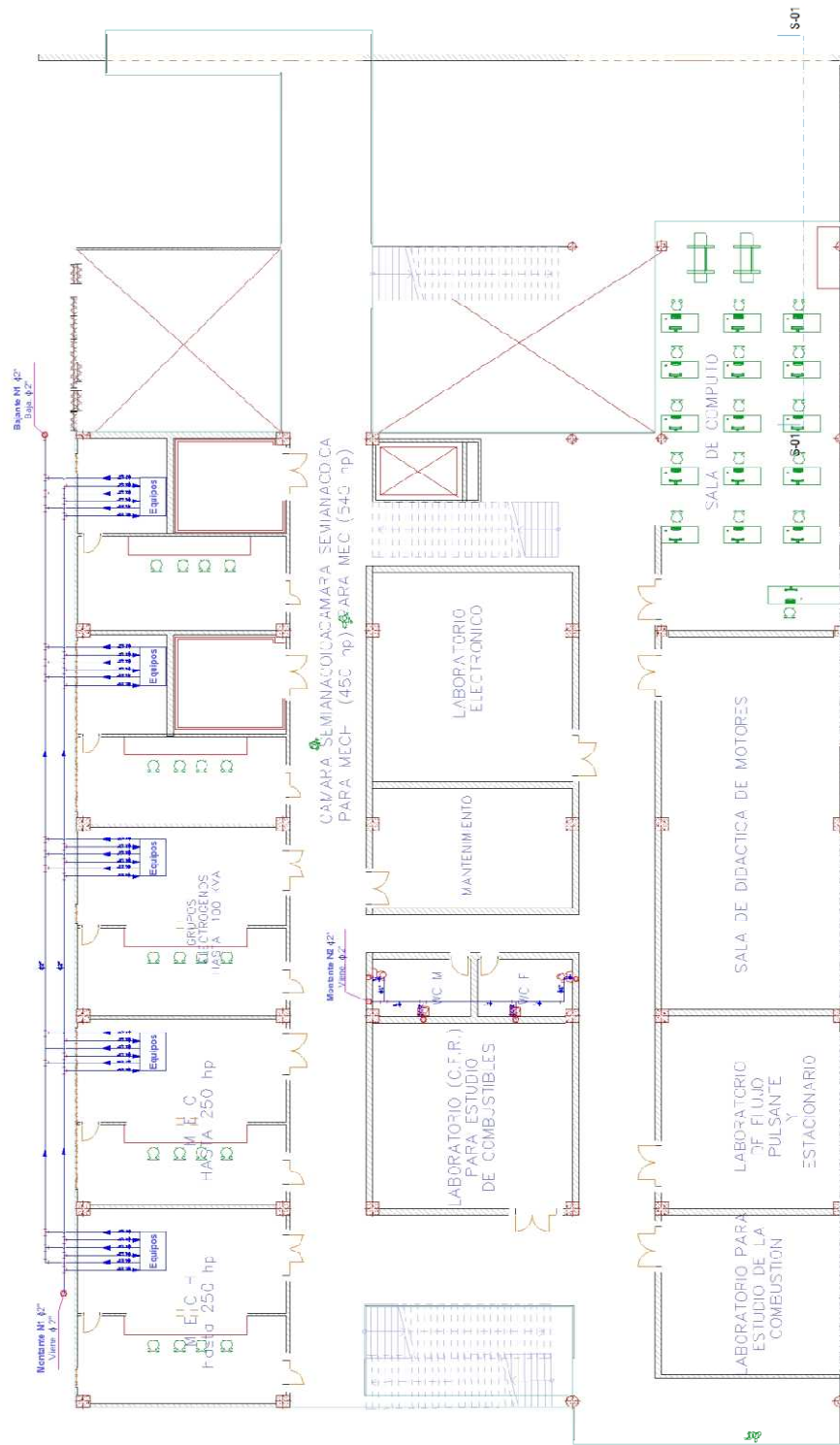
B. 1 PLANO HIDRÁULICO PRIMER PISO

B. 2 PLANO HIDRÁULICO SEGUNDO PISO



PRIMER PISO

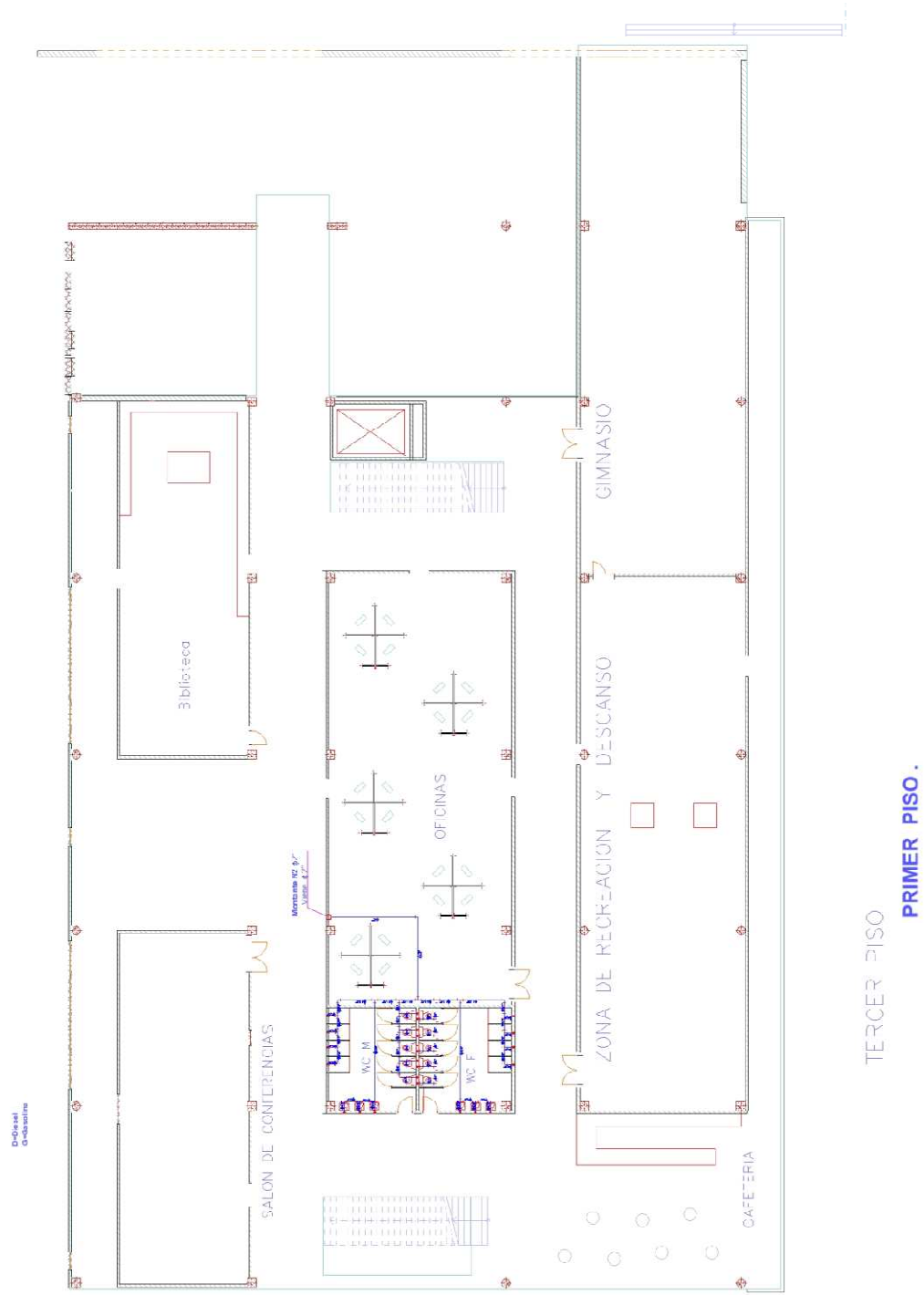
B. 2 PLANO HIDRÁULICO SEGUNDO

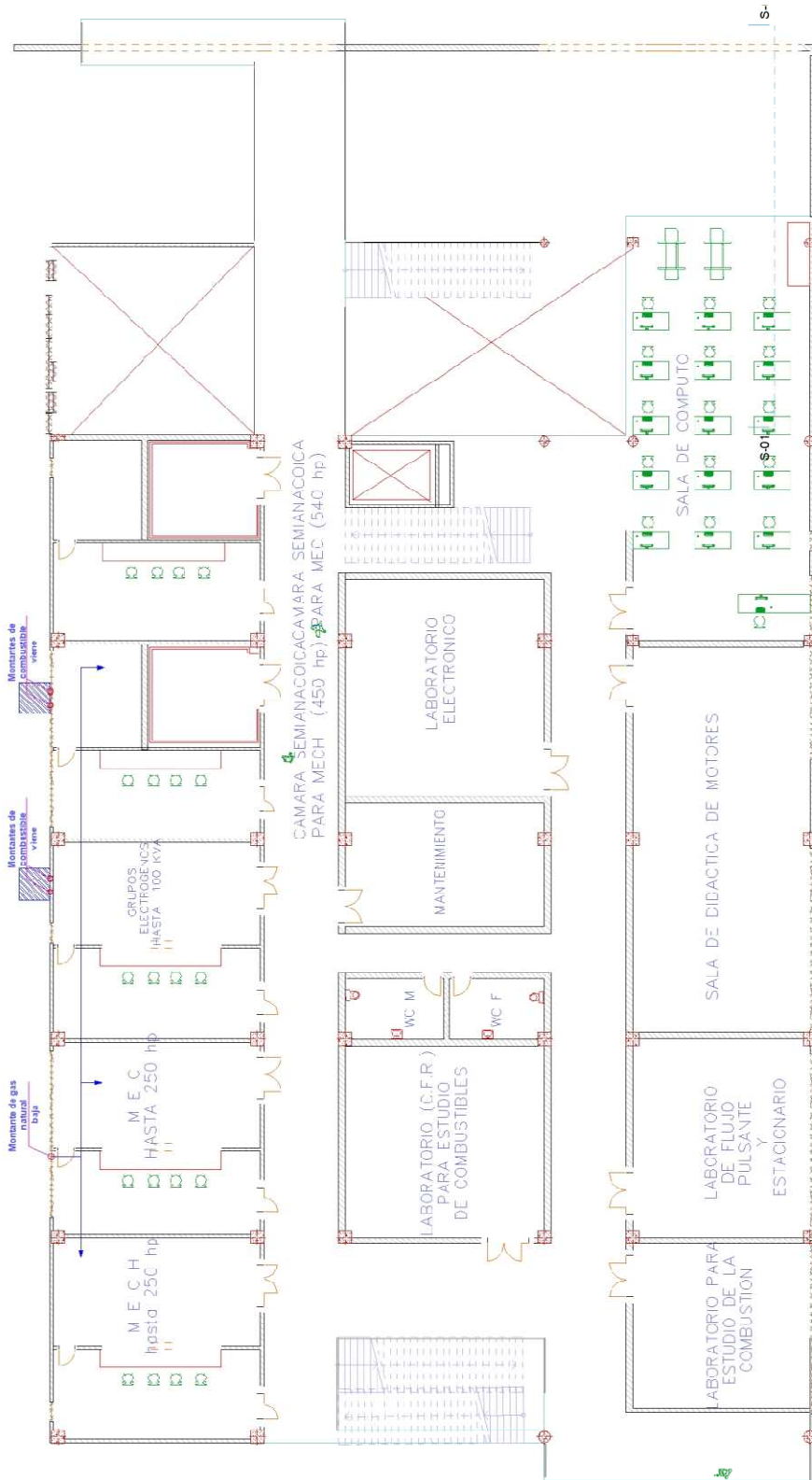


SEGUNDO PISO

B. 3 PLANO HIDRÁULICO TERCER PISO

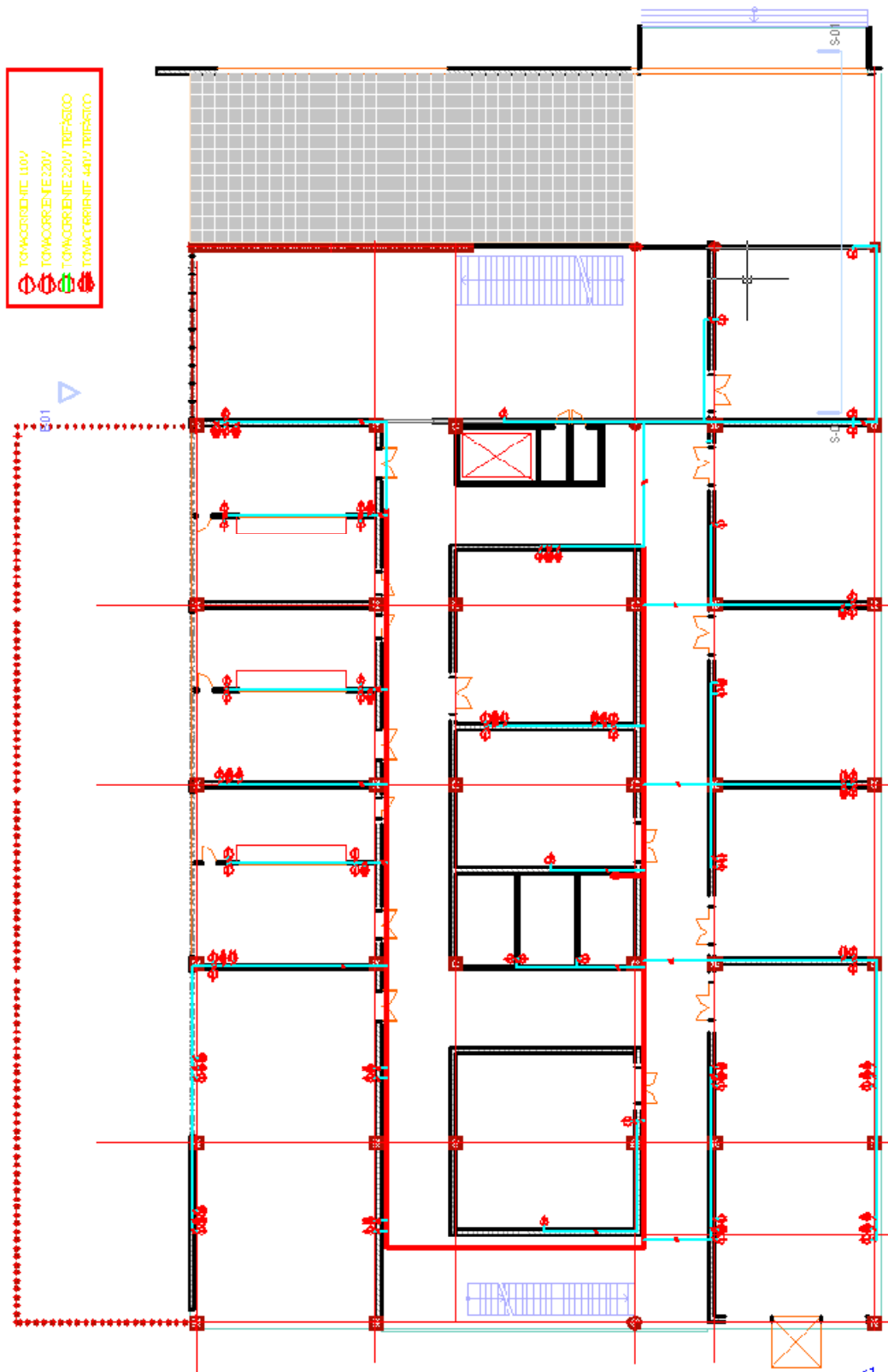
B. 4 PLANO RED DE COMBUSTIBLE PRIMER PISO



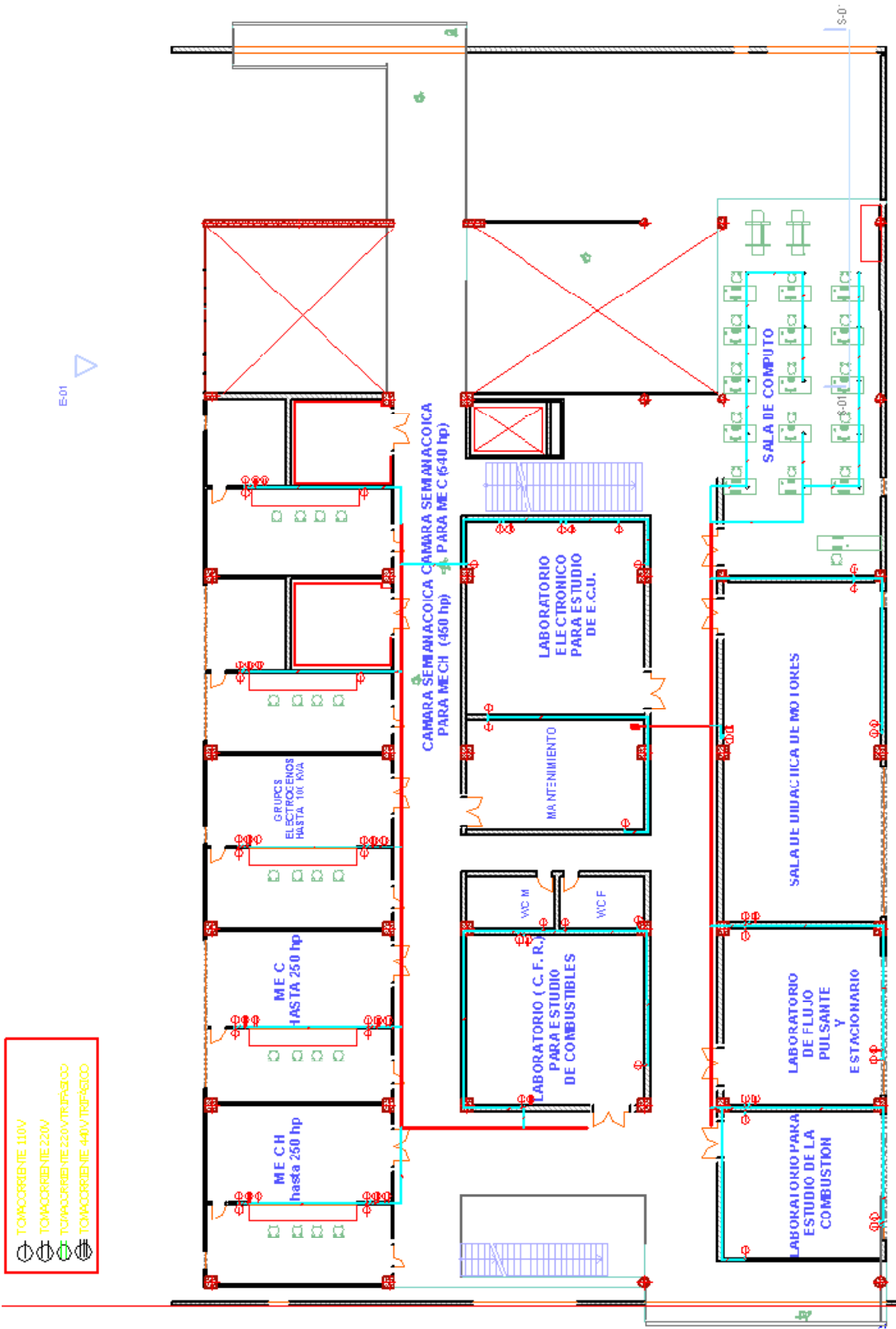


B. 5 PLANO RED DE COMBUSTIBLE SEGUNDO PISO

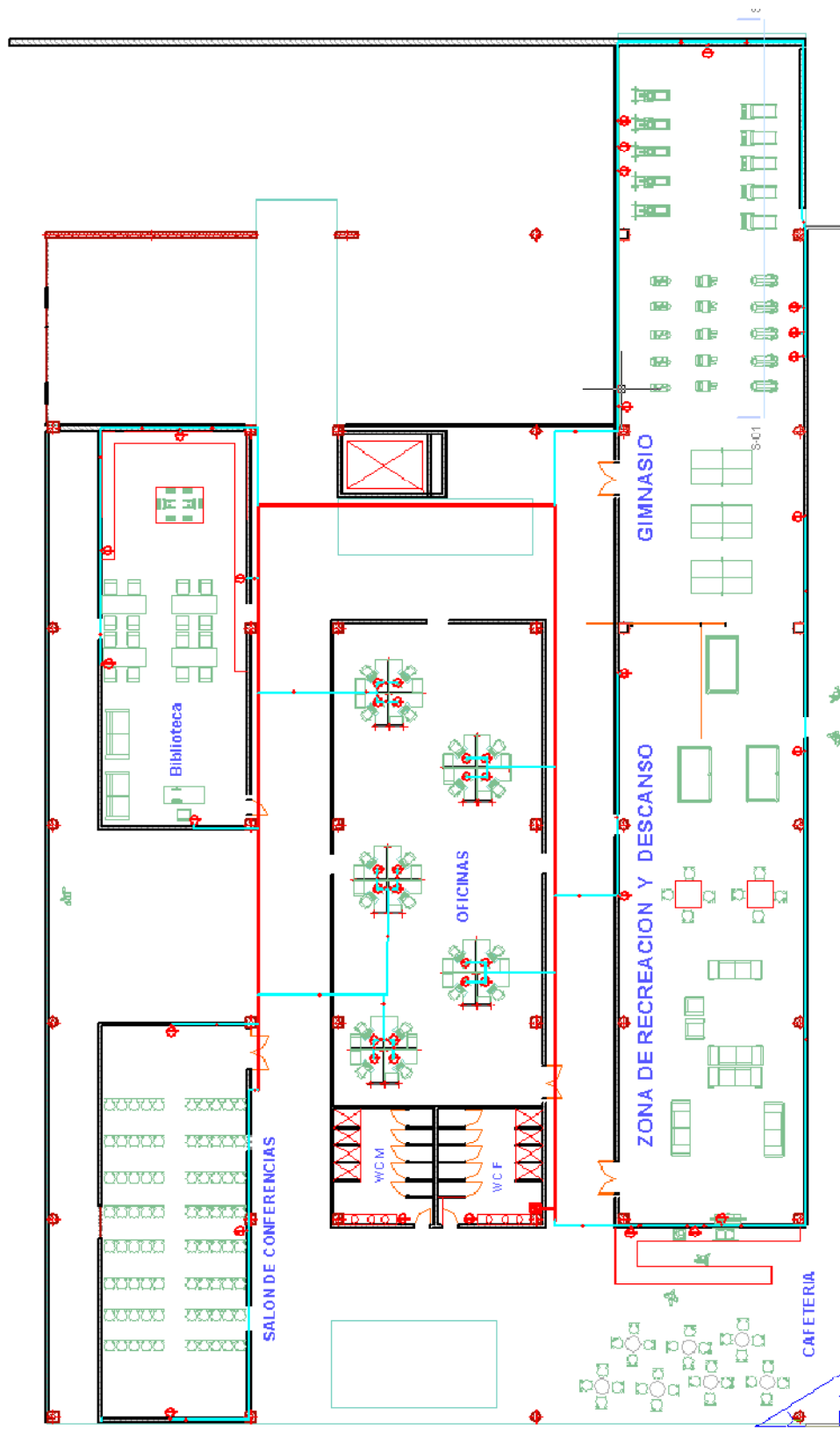
SEGUNDO PISO



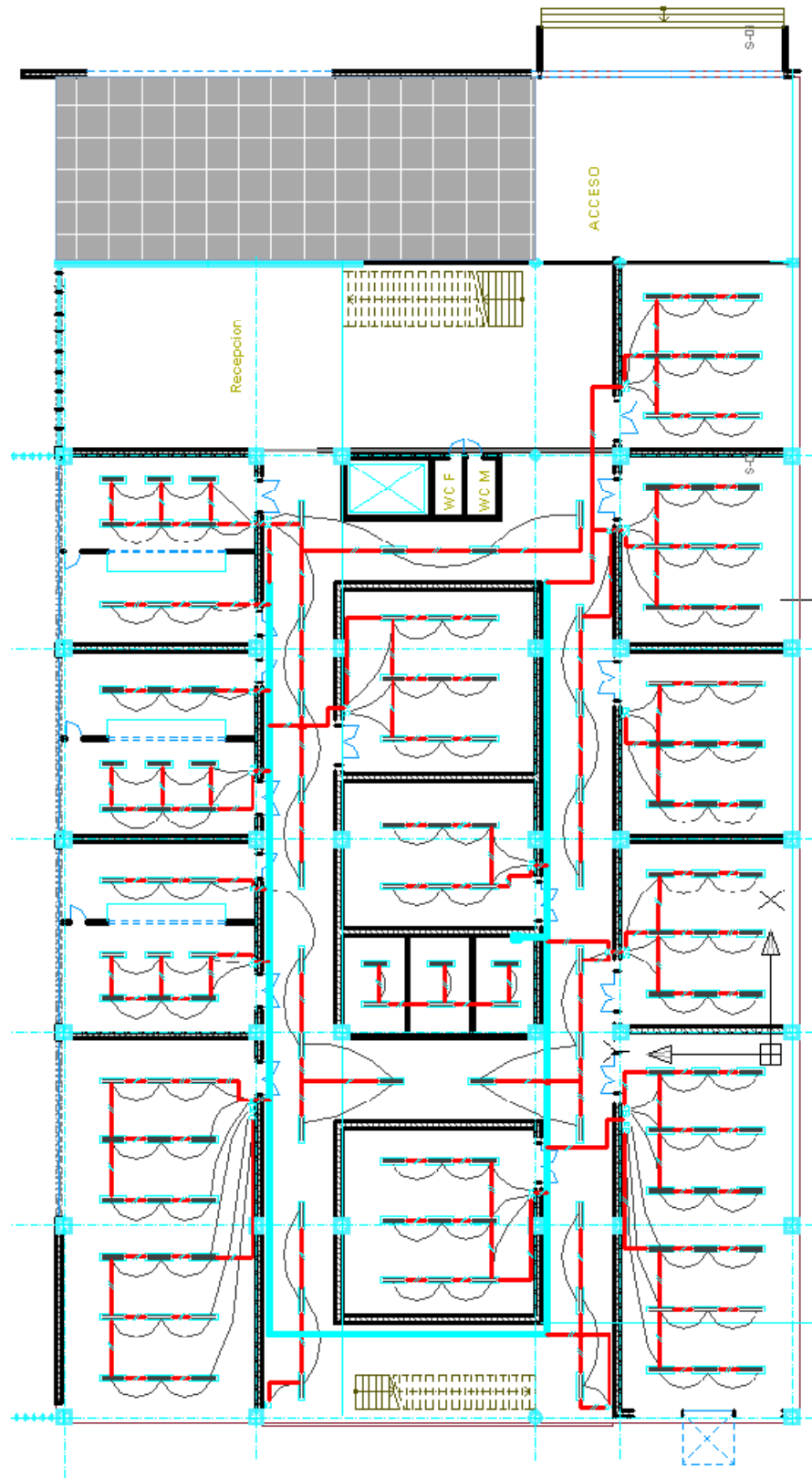
B. 6 PLANO DE TOMACORRIENTES PRIMER PISO



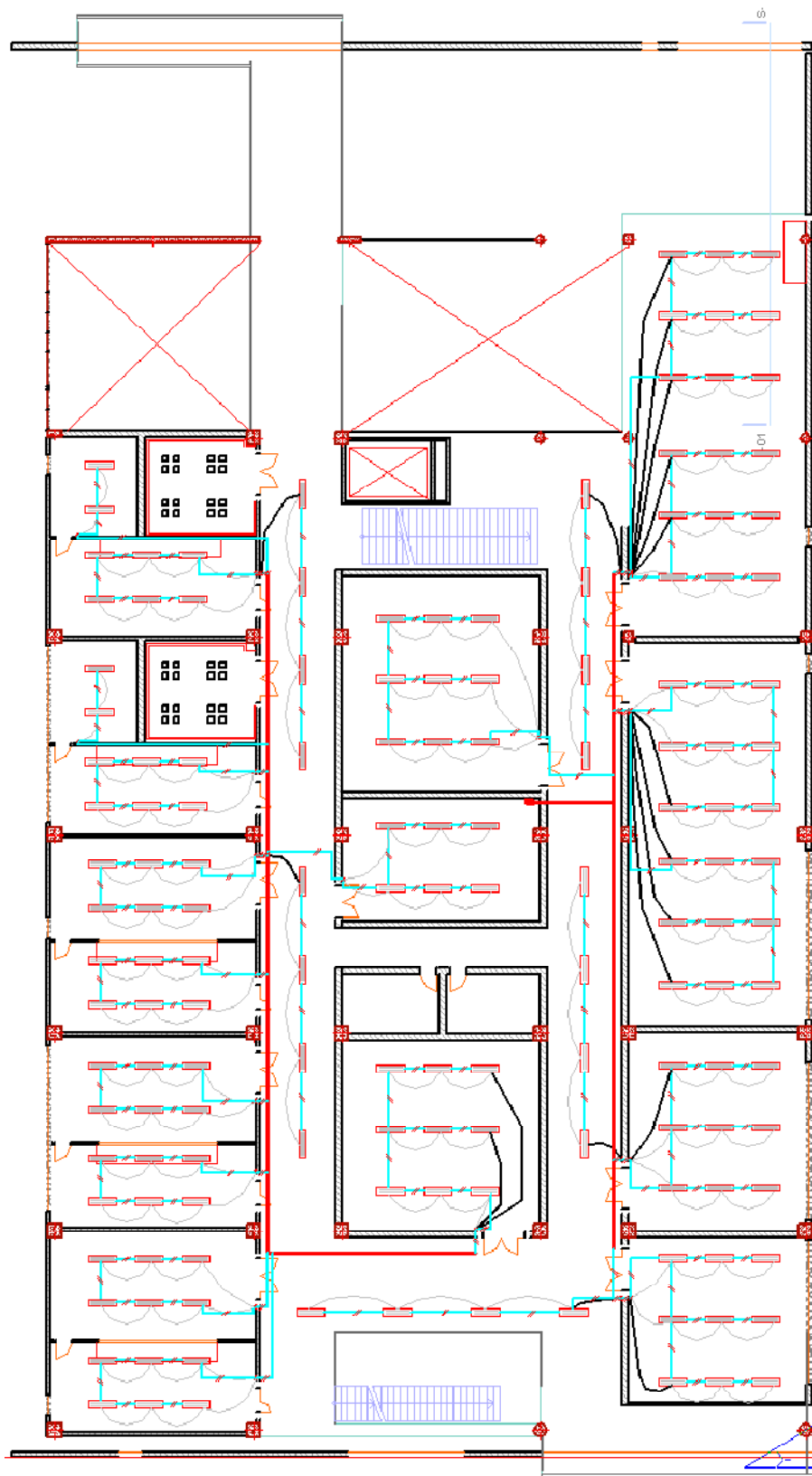
B. 7 PLANO DE TOMACORRIENTES SEGUNDO PISO



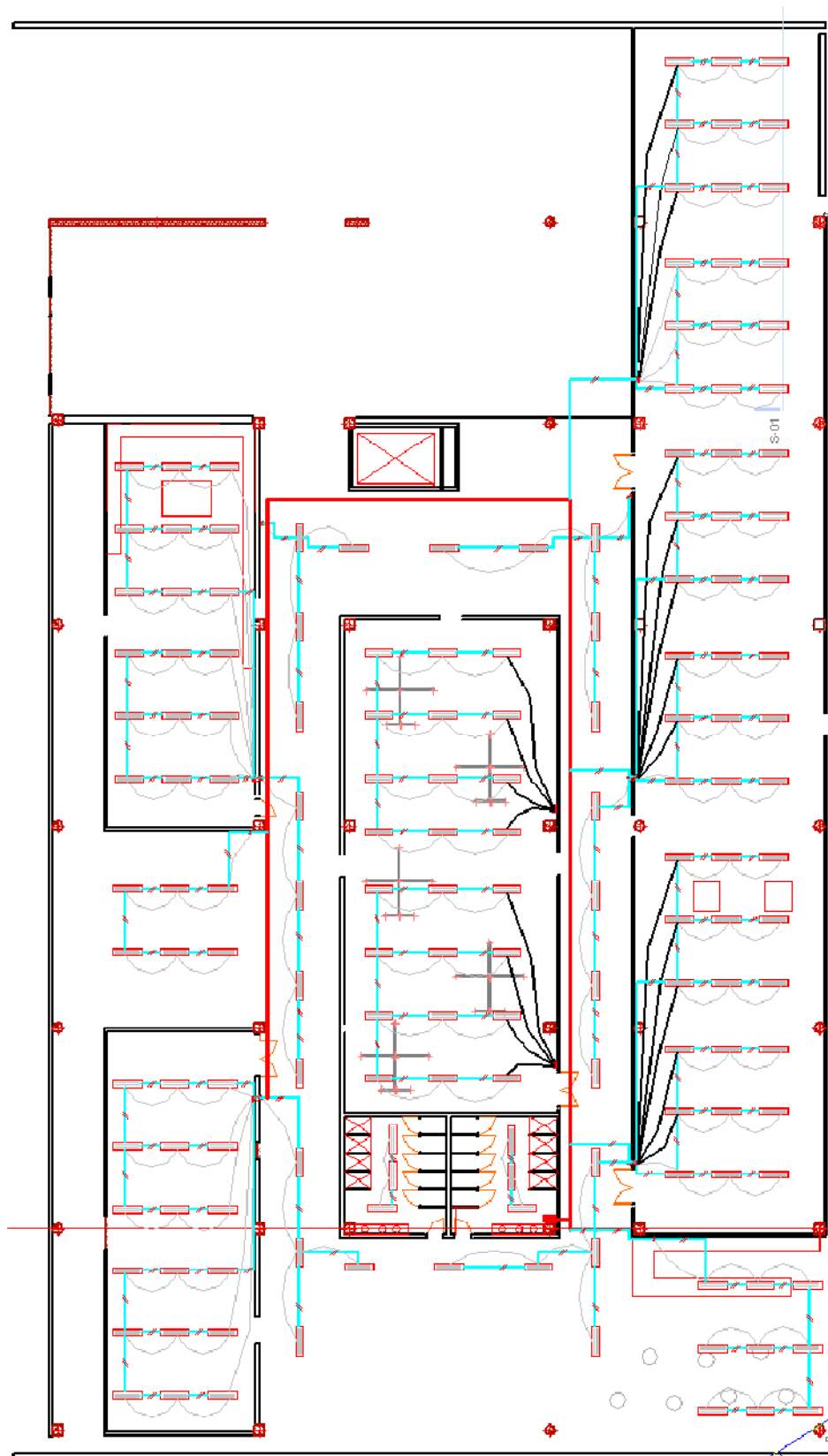
B. 8 PLANO DE TOMACORRIENTES TERCER PISO



B. 9 PLANO DE ILUMINACIÓN PRIMER PISO



B. 10 PLANO DE ILUMINACION SEGUNDO PISO



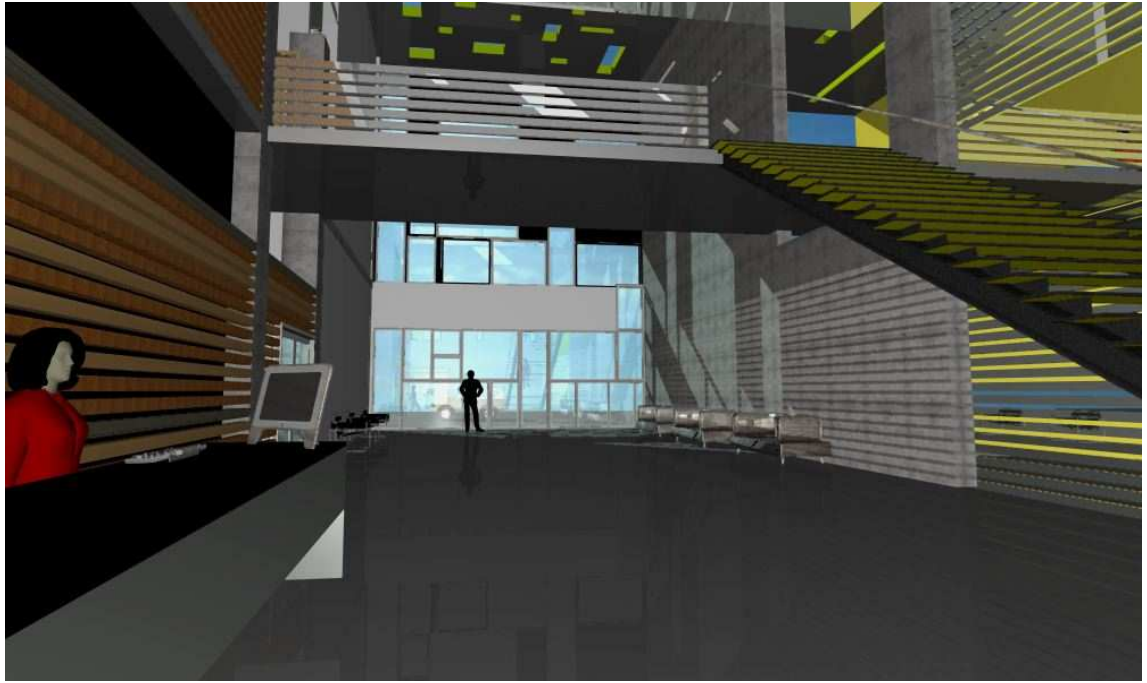
B. 11 PLANO ILUMINACION TERCER PISO

ANEXO C. APARIENCIA FÍSICA DEL COMPLEJO.

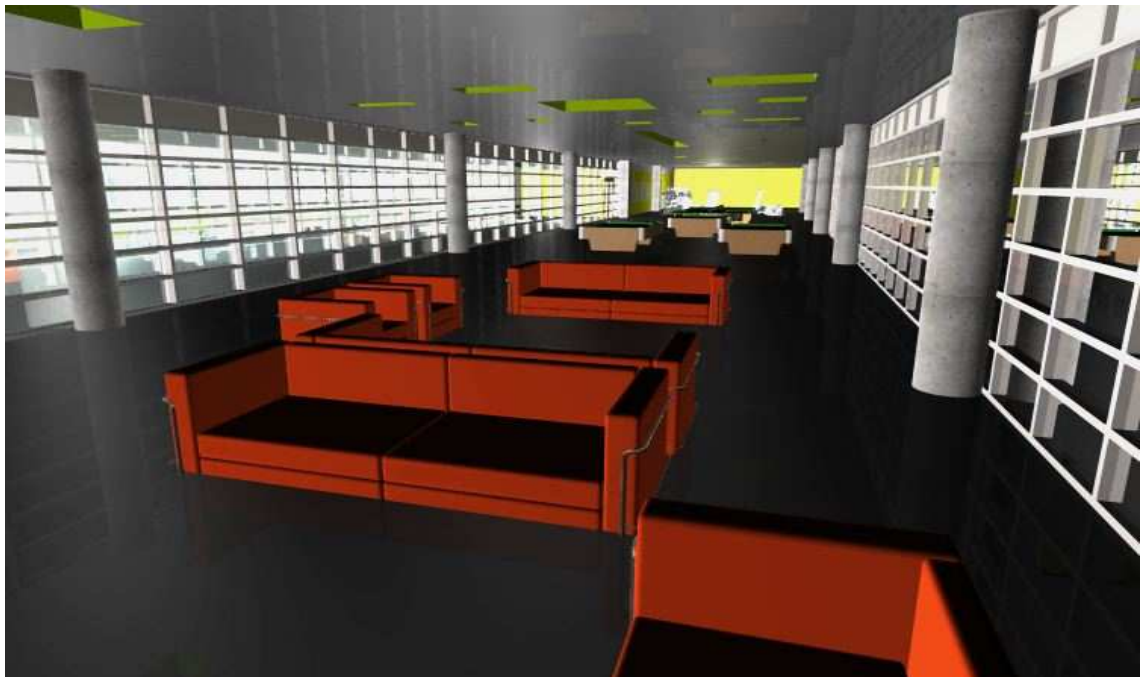




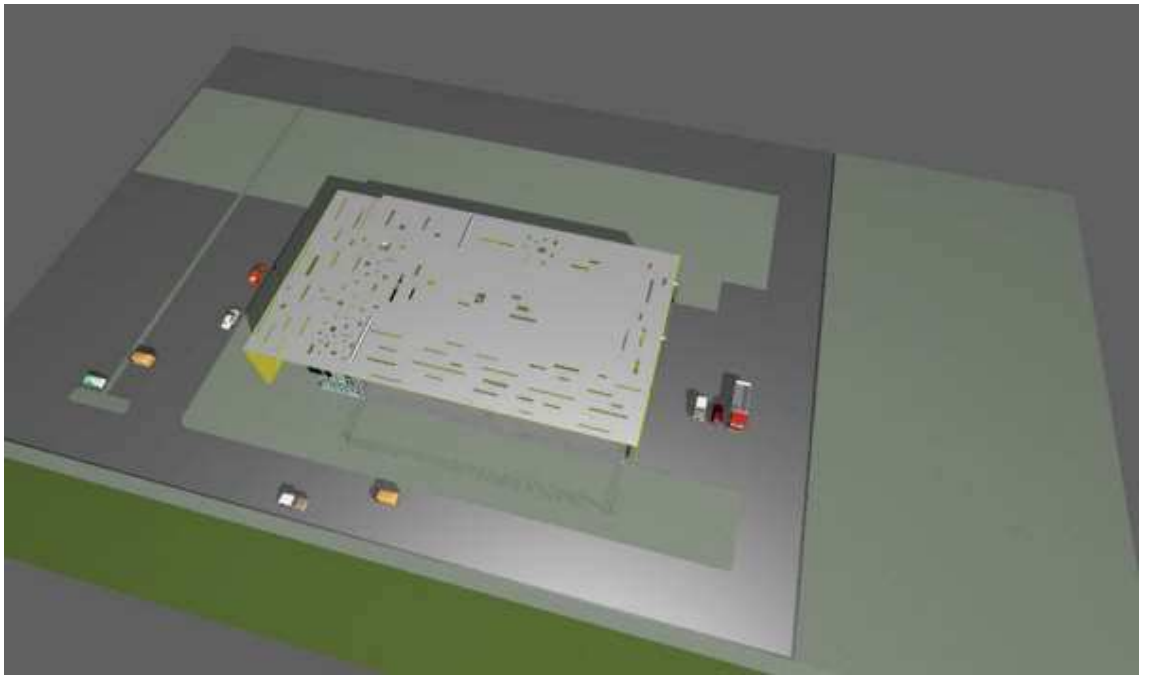












**ANEXO D. COTIZACIONES DE EQUIPOS REQUERIDOS
PARA DOTACIÓN DEL CENTRO.**

**D.1 PAQUETE DE EQUIPOS PARA CELDA DE PRUEBA
MECH DE POTENCIA MÁXIMA 250 HP (186.5 KW) = ENGINE
TEST CELL 1.**

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price €
1.01.07	1	US VERSION FOR 220KW CONTROL CABINET TLA220USA.01	
ALTERNATIVE			
1.01.08	1	VOLTAGE ADAPTATION 440V-60HZ TLAKR440A.01	
1.01.09	1	EMC FILTER FOR 220KW CONTROL CABINET TLAEMC20A.01	
1.02.00	1	DRIVE SHAFT SYSTEMS TP34D.00	5,800.00
1.02.01	1	COUPLING SHAFT 520/2600 TP34DD000A.01	
1.03.00	1	ISOLATED BASE PLATES TP34AE.00	24,500.00
1.03.01	1	ISOLATED BASE PLATE 4500x1500x300/7 TP34AH000A.01	
1.04.00	1	PALLET SYSTEM TP34C.00	9,850.00
1.04.01	1	ENGINE PALLET LD TP34CA000A.01	
1.04.02	1	ENGINE PALLET RECEIVER LD TP34CA001A.01	
1.05.00	1	COOLANT CONDITIONING SYSTEM CONSYSCOOL TP24A.00	26,600.00
1.05.01	1	CONSYSCOOL 553 200 TP24BA000A.01	
1.06.00	1	OIL CONDITIONING SYSTEM CONSYSLUBE 554 TP22A.00	18,300.00
1.06.01	1	OIL CONDITIONING SYSTEM ConysLube 200 TP22AE000B.01	

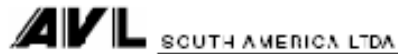
Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
1.07.00	1	COMBUSTION AIR CONDITIONING TP35A.00	46,700.00
1.07.01	1	AIR CONDITIONING UNIT ACS 400 TP35AAC00A.01	
1.08.00	1	CONT. FUEL MEASUR. UP TO 600KW FLEXFUEL TMCCONT50M.00	45,500.00
1.08.01	1	FUEL METER/TEMP.CONT. FLEXFUEL/HEATING TMCCONT50M.02	
1.09.00	1	AUTOMATION SYSTEM PUMA TP09A.00	135,750.00
1.09.01	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING SW TP09C0TB.01	
1.09.02	1	DRIVER BENCH RS232 A/K AVL CEB-II TA52JAC00A.01	
1.09.03	1	DRIVER AVL PARTICULATE MEASUREMENT TP09C0018A.01	
1.09.04	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING HW TP09B0TA.01A1	
1.09.05	5	TEMPERATURE SENSOR NiCrNi(K-TYPE)FFEM- A1 TP09AD000E.01	
1.09.06	5	TEMPERATURE SENSOR PT100/F00FEMAI TP09AAC00D.01	
1.09.07	5	ANALOG PRESSURE TRANSDUCER PTX TP10BE000A.01	
1.09.08	1	BAROMETRIC PRESSURE TRANSDUCER TP18AB000A.01	
1.09.09	1	HUMIDITY MEASURING EQUIPMENT ES TP17AC000E.01	
1.09.10	1	COMPACT CABINET TP01BH000E.01AB	
1.09.11	1	BOOM BOX FEM TP25BF000A.01	
1.09.12	1	CABLE BOOM 3 M TP25A1000A.01	
1.09.13	1	THROTTLE ACTUATOR THA 100 TP07AJ000A.01	

BRADB-08-001-01_LABORATORY.doc

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
1.09.14	1	MINITERMINAL THA 100 TP07AJ001A.01	
1.09.15	1	CONCERTO00P LICENCE VIA HARDLOCK T10CCNPA.02	
1.09.16	1	TEST RIG CONTROL EMCON 400 TP06EA000B.01	
1.10.00	1	CVS i60 BASIC UNIT TESCBU.00	186,400.00
1.10.01	1	CVS i60 LD MV CFV UNIT WITH IPC TES9D1002B.01	
1.10.02	1	iGEM CVS LD CONTROL SOFTWARE TES9D1004A.01	
1.10.03	1	CVS i60 LD VENTURI 2M ³ TES9D2002A.01	
1.10.04	1	CVS i60 LD VENTURI 4M ³ TES9D2004A.01	
1.10.05	1	CVS i60 LD VENTURI 8M ³ TES9D2C10A.01	
1.10.06	1	CVS i60 LD VENTURI 5M ³ TES9D2C11A.01	
1.10.07	1	CVS i60 LD BLOWER 20SMP TES9D4C01A.01	
1.10.08	1	RMU i60 LD WITH 3STAGE AIR FILTER 20SMP TES1C7C01A.01	
1.10.09	1	VTi273 3STAGE DILUTION AIR FILTER 30SMP TES2D9C02A.01	
1.10.10	1	VTi273 DIL TUNNEL W/O ELECTRO POLISH TES212C00A.01	
1.10.11	1	VTi273 PARTICULATE PROBESECTION (NiCrNi) TES214C00A.01	
1.10.12	1	CVS i60 LD PACKING DILUTION TUNNEL VTi273 TES010C01A.01	
1.10.13	1	CVS i60 LD PACKING DILUTION UNIT TES010C03A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
1.11.00	1	AMA i60 BASIC UNIT TE66BU.00	167,300.00
1.11.01	1	AMA i60 STD. CABINET WITH IPC TE6301B01A.01	
1.11.02	1	IGEM AMA BENCH CONTROL SW 1 STREAM TE6328B00A.01	
1.11.03	1	AMA i60 CABINET BASIC KIT D1 TE6306B00A.01	
1.11.04	1	AMA i60 GPU D1 TE6306B00A.01	
1.11.05	1	AMA i60 INST.MAT. PER CABINET/2 SPAN GAS TE6009B01A.01	
1.11.06	1	AMA i60 HEAT. THC MEAS./ TUNNEL FID LH TE6301B00A.01	
1.11.07	1	CLD i60 LC - 1 CHANNEL KIT TE6350B00A.01	
1.11.08	1	IRD NGS CO2 L / CO L -2 CHANNELS KIT TE6366B04A.01	
1.11.09	1	ICAL GNU EXTERNAL GDU / NGU 63 STEPS TE6332B04A.01	
OPTION			
1.11.10	1	GC i60 LOG - 1 CHANNEL KIT TE6358B00A.01	
OPTION			
1.11.11	1	AMA i60 TRACER EXTENSION TE6314B00A.01	
OPTION			
1.11.12	1	AMA i60 SGU EXTENSION 2ND SPAN GAS TE6312B00A.01	

D.2 PAQUETE DE EQUIPOS PARA CELDA DE PRUEBA MECH DE POTENCIA MÁXIMA 450 HP (335 KW) = ENGINE TEST CELL 2.



Page 6 of quotation BRADB09001/01 from 24.01.2008

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price €
2.00.00		ENGINE TEST CELL 2	839,250.00
2.01.00	1	DYNOROAD DRIVES TIAFASL00	180,950.00
2.01.01	1	DYNOROAD 2084 SL (EU) TIA20930UC.01	
2.01.02	1	TORQUE FLANGE HDM T10FS - G 5KNM TIBT301MD.01	
2.01.03	1	CALIBRATION LEVEL 2- 3KN / T10FS TIDCAL2KA.01	
2.01.04	1	LOCKING DEVICE DYNOROAD 2084 SI TIALOCKAB01	
2.01.05	1	CALIBRATION WEIGHTS 1870NM (137KG) TICW1870A.01	
2.01.06	1	SHIELDED POWER CABLE MC2X070 (L=10M) TICA2X070A.01	
2.01.07	1	US VERSION FOR 440KW CONTROL CABINET TIA440VSA.01	
2.01.08	1	VOLTAGE ADAPTATION KOREA 440V/0060HZ TIAKR440A.01	
2.01.09	1	EMC FILTER FOR 220KW CONTROL CABINET TIAEMC2KA.01	
2.02.00	1	DRIVE SHAFT SYSTEMS TF34D00	6,600.00
2.02.01	1	COUPLING SHAFT 90/4200 TF34DG00A.01	
2.03.00	1	ISOLATED BASE PLATES TF34AF00	24,500.00
2.03.01	1	ISOLATED BASE PLATE 4500x1500x300/7 TF34AH00A.01	
2.04.00	1	PALLET SYSTEM TF34C00	9,850.00
2.04.01	1	ENGINE PALLET LD TF34CA00A.01	

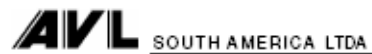
BRADB09-001-01_LABORATORY7.doc

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
2.04.02	1	ENGINE PALLET RECEIVER LD TP24GA001A.01	
2.05.00	1	COOLANT CONDITIONING SYSTEM CONSYSCOOL TP24A.00	15,300.00
2.05.01	1	CONSYSCOOL 553-350 TP24AG000B.01	
2.06.00	1	OIL CONDITIONING SYSTEM CONSYSLUBE 554 TP22A.00	18,900.00
2.06.01	1	OIL CONDITIONING SYSTEM ConsysLube 400 TP22AF000B.01	
2.07.00	1	COMBUSTION AIR CONDITIONING TP35A.00	48,200.00
2.07.01	1	AIR CONDITIONING UNIT ACS 800 TP35AB000A.01	
2.08.00	1	CONT. FUEL MEASUR. UP TO 600KW FLEXFUEL TMCONT50M.00	45,500.00
2.08.01	1	FUEL METER/TEMP.CONT. FLEXFUEL/HEATING TMCONT50M.02	
2.09.00	1	AUTOMATION SYSTEM PUMA TP03A.00	135,750.00
2.09.01	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING SW TP03C0TB.01	
2.09.02	1	DRIVER BENCH RS232 AK AVL CEB-II TA62JA000A.01	
2.09.03	1	DRIVER AVL PARTICULATE MEASUREMENT TP03C0D16A.01	
2.09.04	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING HW TP06B0TA.01 A6	
2.09.05	5	TEMPERATURE SENSOR NiCrNi(K-TYPE)/FEM-AI TP09AD000E.01	
2.09.06	5	TEMPERATURE SENSOR PT100/F-FEM-AI TP09AG000L.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
2.09.07	5	ANALOG PRESSURE TRANSDUCER PTX TP10BE00A.01	
2.09.08	1	BAROMETRIC PRESSURE TRANSDUCER TP18AB00A.01	
2.09.09	1	HUMIDITY MEASURING EQUIPMENT ES TP17AC00B.01	
2.09.10	1	COMPACT CABINET TP01BH00B.01A0	
2.09.11	1	BOOM BOX FEM TP25BF00A.01	
2.09.12	1	CABLE BOOM 3 M TP25A100A.01	
2.09.13	1	THROTTLE ACTUATOR THA 100 TP07AJ00A.01	
2.09.14	1	MINITERMINAL THA 100 TP07AJ00A.01	
2.09.15	1	CONCERTO-P LICENCE VIA HARDLOCK TI0CONPA.02	
2.09.16	1	TEST RIG CONTROL EMCON 400 TP06EA00B.01	
2.10.00	1	CVS i60 BASIC UNIT TEESBU.00	186,400.00
2.10.01	1	CVS i60 LD MV CFV UNIT WITH IPC TE6301C02B.01	
2.10.02	1	iGEM CVS LD CONTROL SOFTWARE TE6301C04A.01	
2.10.03	1	CVS i60 LD VENTURI 2M ³ TE6302C02A.01	
2.10.04	1	CVS i60 LD VENTURI 4M ³ TE6302C04A.01	
2.10.05	1	CVS i60 LD VENTURI 6M ³ TE6302C10A.01	
2.10.06	1	CVS i60 LD VENTURI 5M ³ TE6302C11A.01	
2.10.07	1	CVS i60 LD BLOWER 20SMP TE6304C01A.01	
2.10.08	1	RMU i60 LD WITH 3STAGE AIR FILTER 20SMP ³ TE6107C01A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			e
2.10.09	1	VT1273 3STAGE DILUTION AIR FILTER 30SMF TES209000A.01	
2.10.10	1	VT1273 DIL. TUNNEL W/O ELECTRO POLISH TES212000A.01	
2.10.11	1	VT1273 PARTICULATE PROBESECTION (NIC/NI) TES214000A.01	
2.10.12	1	CV'S 160 LD PACKING DILUTION TUNNEL VT1273 TES010001A.01	
2.10.13	1	CV'S 160 LD PACKING DILUTION UNIT TES010003A.01	
2.11.00	1	AMA 160 BASIC UNIT TES88U.00	167,300.00
2.11.01	1	AMA 160 ST.D. CABINET WITH IPC TES301801A.01	
2.11.02	1	IGEM AMA BENCH CONTROL SW 1 STREAM TES328800A.01	
2.11.03	1	AMA 160 CABINET BASIC KIT D1 TES306800A.01	
2.11.04	1	AMA 160 GPU D1 TES306800A.01	
2.11.05	1	AMA 160 INST.MAT. PER CABINET/2 SPAN GAS TES009801A.01	
2.11.06	1	AMA 160 HEAT. THC MEAS/ TUNNEL FID LH TES201800A.01	
2.11.07	1	CLD 160 LC - 1 CHANNEL KIT TES350800A.01	
2.11.08	1	IRD NGS CO2 L/ CO L - 2 CHANNELS KIT TES366800A.01	
2.11.09	1	ICAL GNU EXTERNAL GDU / NGU 63 STEPS TES332800A.01	
OPTION			
2.11.10	1	GC 160 LOG - 1 CHANNEL KIT TES358800A.01	
OPTION			
2.11.11	1	AMA 160 TRACER EXTENSION TES314800A.01	
OPTION			
2.11.12	1	AMA 160 SGU EXTENSION 2ND SPAN GAS TES312800A.01	

D.3 PAQUETE DE EQUIPOS PARA CELDA DE PRUEBA MEC DE POTENCIA MÁXIMA 250 HP (186.5 KW) = ENGINE TEST CELL 3.



Page 1 0 of quotation BRADB08/001/01 from 24.01.2008

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
3.00.00		ENGINE TEST CELL 3	906,200.00
3.01.00	1	DYNOROAD DRIVES TIAFASL.00	239,500.00
3.01.01	1	DYNOROAD 402/10 SL (EU) TIA4215LE.01	
3.01.02	1	TORQUE FLANGE HBM T10FS L G 2KNM TLBT2KNMD.01	
3.01.03	1	CALIBRATION LEVER 2- 3KN / T10FS TLBCAL3KA.01	
3.01.04	1	BLOCKING DEVICE DYNOROAD 3XX-10XX TIALBLOCKAC.01	
3.01.05	1	CALIBRATION WEIGHTS 995NM (99,5KG) TLCW0025A.01	
3.01.06	1	SHIELDED POWER CABLE MC2X150 (L=10M) TLCA2X150A.01	
3.01.07	1	US VERSION FOR 440KW CONTROL CABINET TIA440USA.01	
3.01.08	1	VOLTAGE ADAPTATION KOREA 440V-60HZ TIAKR440A.01	
3.01.09	1	EMC FILTER FOR 440KW CONTROL CABINET TIAEMC40A.01	
3.02.00	1	DRIVE SHAFT SYSTEMS TP34D.00	5,800.00
3.02.01	1	COUPLING SHAFT 520/2800 TP34DD000A.01	
3.03.00	1	ISOLATED BASE PLATES TP34AE.00	24,500.00
3.03.01	1	ISOLATED BASE PLATE 4500x1500x300/7 TP34AH000A.01	
3.04.00	1	PALLET SYSTEM TP34C.00	9,850.00
3.04.01	1	ENGINE PALLET LD TP34CA000A.01	

BRADB08-001-01_LABORATORY.doc

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
3.04.02	1	ENGINE PALLET RECEIVER LD TP3-4CA001A.01	
3.05.00	1	COOLANT CONDITIONING SYSTEM CONSYSCOOL TP2-4A.00	26,600.00
3.05.01	1	CONSYSCOOL 553 200 TP2-4BA000A.01	-
3.06.00	1	OIL CONDITIONING SYSTEM CONSYSLUBE 554 TP2-2A.00	18,300.00
3.06.01	1	OIL CONDITIONING SYSTEM ConsysLube 200 TP2-2AB000B.01	
3.07.00	1	COMBUSTION AIR CONDITIONING TP3-5A.00	46,700.00
3.07.01	1	AIR CONDITIONING UNIT ACS 400 TP3-5AA000A.01	
3.08.00	1	CONT. FUEL MEASUR. UP TO 600KW FLEXFUEL TMC-ONT50M.00	45,500.00
3.08.01	1	FUEL METER/TEMP.CONT. FLEXFUEL/HEATING TMC-ONT50M.02	
3.09.00	1	AUTOMATION SYSTEM PUMA TP0-3A.00	135,750.00
3.09.01	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING SW TP0-3C0TB.01	
3.09.02	1	DRIVER BENCH RS232 A/K AVL CEB-II TA5-2JA000A.01	
3.09.03	1	DRIVER AVL PARTICULATE MEASUREMENT TP0-3C0016A.01	
3.09.04	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING HW TP0-3B0TA.01A6	
3.09.05	5	TEMPERATURE SENSOR NIK#NIK-TYPE#FFEM- AI TP0-9AD000B.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
3.09.06	5	TEMPERATURE SENSOR PT100/F. FEM-AI TP09AA000D.01	
3.09.07	5	ANALOG PRESSURE TRANSDUCER PTX TP10BE000A.01	
3.09.08	1	BAROMETRIC PRESSURE TRANSDUCE R TP18AB000A.01	
3.09.09	1	HUMIDITY MEASURING EQUIPMENT ES TP17AC000B.01	
3.09.10	1	COMPACT CABINET TP01BH000B.01 A10	
3.09.11	1	BOOM BOX FEM TP25BF000A.01	
3.09.12	1	CABLE BOOM 3 M TP25A000A.01	
3.09.13	1	THROTTLE ACTUATOR THA 100 TP07AJ000A.01	
3.09.14	1	MINITERMINAL THA 100 TP07AJ001A.01	
3.09.15	1	CONCERTO-P LICENCE VIA HARDLOCK TI0CONPA.02	
3.09.16	1	TEST RIG CONTROL EMCON 400 TP06EA000B.01	
3.10.00	1	CVS i60 BASIC UNIT TE6CEU.00	196,400.00
3.10.01	1	CVS i60 LD MV CFV UNIT WITH IPC TE6301CC0B.01	
3.10.02	1	iGEM CVS LD CONTROL SOFTWARE TE6301CC0A.01	
3.10.03	1	CVS i60 LD VENTURI 2MP TE6302CC0A.01	
3.10.04	1	CVS i60 LD VENTURI 4MP TE6302CC0A.01	
3.10.05	1	CVS i60 LD VENTURI 8MP TE6302C10A.01	
3.10.06	1	CVS i60 LD VENTURI 5MP TE6302C11A.01	
3.10.07	1	CVS i60 LD BLOWER 20SMP TE6304C01A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price €
3.10.08	1	RMU 150 LD W/ WITH 3STAGE AIR FILTER 205M ³ TES107001A.01	
3.10.09	1	VT1271 3STAGE DILUTION AIR FILTER 305M ³ TES209002A.01	
3.10.10	1	VT1271 DIL. TUNNEL W/C ELECTRO POLISH TES213000A.01	
3.10.11	1	VT1271 PARTICULATE PROBE SECTION (NiCrNi) TES214000A.01	
3.10.12	1	CVS 80 LD PACKING DILUTION TUNNEL VT273 TES010001A.01	
3.10.13	1	CVS 80 LD PACKING DILUTION UNIT TES010002A.01	
3.11.00	1	AMA 160 BASIC UNIT TES88U.01	167,300.-
3.11.01	1	AMA 80 STD. CABINET WITH IPC TES301801A.01	
3.11.02	1	IGEM AMA BENCH CONTROL SW 1 STREAM TES328010A.01	
3.11.03	1	AMA 80 CABINET BASIC KIT D1 TES308010A.01	
3.11.04	1	AMA 80 GPU D1 TES308010A.01	
3.11.05	1	AMA 80 INST.MAT PER CABINET/2 SPAN GAS TES008010A.01	
3.11.06	1	AMA 80 HEAT. THC MEAS/ TUNNEL FID LF TES208010A.01	
3.11.07	1	CLD 160 LC - 1 CHANNEL KIT TES358010A.01	
3.11.08	1	IRD NGS CO2 L/ CO L - 2 CHANNELS KIT TES368010A.01	
3.11.09	1	ICAL GNU EXTERNAL GDU / NGU 63 STEPS TES338010A.01	
OPTION			
3.11.10	1	GC 160 LOG - 1 CHANNEL KIT TES358010A.01	
OPTION			
3.11.11	1	AMA 80 TRACER EXTENSION TES314801A.01	
OPTION			
3.11.12	1	AMA 80 SGU EXTENSION 2ND SPAN GAS TES312801A.01	

D.4 PAQUETE DE EQUIPOS PARA CELDA DE PRUEBA MEC DE POTENCIA MÁXIMA 540 HP (400 KW) = ENGINE TEST CELL 4.



Page 14 of quotation BRA08/08/001/01 from 24.01.2008

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price €
4.00.00		ENGINE TEST CELL 4	954,050.00
4.01.00	1	DYNOROAD DRIVES TLAFASL00	289,950.00
4.01.01	1	DYNOROAD 5(4/4,8 SF (EU) T1&R/ARFF.01	
4.01.02	1	TORQUE FLANGE HBM T10FS L G 10KNM TLBT10KNMD.01	
4.01.03	1	CALIBRATION LEVER 10KN / T10FS TLBCAL10KA.01	
4.01.04	1	BLOCKING DEVICE DYNOROAD 3XX-10XX TLABLOCKA.C.01	
4.01.05	1	CALIBRATION WEIGHTS 3700NM (370KG) TLCW3700A.01	
4.01.06	1	SHIELDED POWER CABLE M03X150 (L=10M) TLCASX150A.01	
4.01.07	1	US VERSION FOR 440KW CONTROL CABINET TLA440USA.01	
4.01.08	1	VOLTAGE ADAPTATION KOREA 440V-60HZ TLAKR440A.01	
4.01.09	1	EMC FILTER FOR 440KW CONTROL CABINET TLAEMC44A.01	
4.02.00	1	DRIVE SHAFT SYSTEMS TP34D.00	12,400.00
4.02.01	1	COUPLING SHAFT 520/2900 TP34DD000A.01	
4.02.02	1	COUPLING SHAFT 900/4200 TP34DG000A.01	
4.03.00	1	ISOLATED BASE PLATES TP34AE.00	24,500.00
4.03.01	1	ISOLATED BASE PLATE 4500x1500x3007 TP34AH000A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
4.04.00	1	PALLET SYSTEM TP34C.00	9,850.00
4.04.01	1	ENGINE PALLET LD TP34CA000A.01	
4.04.02	1	ENGINE PALLET RECEIVER LD TP34CA001A.01	
4.05.00	1	COOLANT CONDITIONING SYSTEM CONSYSCOOL TP24A.00	15,300.00
4.05.01	1	CONSYSCOOL 553-350 TP24AG000B.01	
4.06.00	1	OIL CONDITIONING SYSTEM CONSYSLUBE 554 TP22A.00	18,900.00
4.06.01	1	OIL CONDITIONING SYSTEM ConsysLube 400 TP22AF000B.01	
4.07.00	1	COMBUSTION AIR CONDITIONING TP35A.00	48,200.00
4.07.01	1	AIR CONDITIONING UNIT ACS 800 TP35AB000A.01	
4.08.00	1	CONT. FUEL MEASUR. UP TO 600KW FLEXFUEL TMCNT50M.00	45,500.00
4.08.01	1	FUEL METER/TEMP.CONT. FLEXFUEL/HEATING TMCNT50M.02	
4.09.00	1	AUTOMATION SYSTEM PUMA TP08A.00	135,750.00
4.09.01	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING SW TP09C0TB.01	
4.09.02	1	DRIVER BENCH RS232 A K AVL CEB-II TAS2JA000A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			e
4.09.03	1	DRIVER AVL PARTICULATE MEASUREMENT TP03C0016A.01	
4.09.04	1	PUMA OPEN ENGINE TESTING HW TP08B07A.01A7	
4.09.05	5	TEMPERATURE SENSOR NiCrNi(K-TYPE)FEM- AI TP09AD000E.01	
4.09.06	5	TEMPERATURE SENSOR PT100/F-FEM-AI TP09AAC00D.01	
4.09.07	5	ANALOG PRESSURE TRANSDUCER PTX TP10BE00A.01	
4.09.08	1	BAROMETRIC PRESSURE TRANSDUCER TP18AB00A.01	
4.09.09	1	HUMIDITY MEASURING EQUIPMENT ES TP17AC000E.01	
4.09.10	1	COMPACT CABINET TP01BH000E.01A11	
4.09.11	1	BOOM BOX FEM TP25BF00A.01	
4.09.12	1	CABLE BOOM 3 M TP25A100A.01	
4.09.13	1	THROTTLE ACTUATOR THA 100 TP07AJ00A.01	
4.09.14	1	MINITERMINAL THA 100 TP07AJ00A.01	
4.09.15	1	CONCERTO-P LICENCE V IA HARDLOCK T10CONPA.02	
4.09.16	1	TEST RIG CONTROL EMC ON 400 TP06EA000E.01	
4.10.00	1	CVS i60 BASIC UNIT TE60BU.00	186,400.00
4.10.01	1	CVS i60 LD MV CFV UNIT WITH IPC TE6301C02B.01	
4.10.02	1	iGEM CVS LD CONTROL SOFTWARE TE6301C04A.01	
4.10.03	1	CVS i60 LD VENTURI 2MP TE6302C03A.01	
4.10.04	1	CVS i60 LD VENTURI 4MP TE6302C04A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
4.10.05	1	CVS i60 LD VENTURI 8MP TES302C10A.01	
4.10.06	1	CVS i60 LD VENTURI 5MP TES302C11A.01	
4.10.07	1	CVS i60 LD BLOWER 20SMP TES304C01A.01	
4.10.08	1	RMU i60 LD WITH 3STAGE AIR FILTER 20SMP TES107C01A.01	
4.10.09	1	VTi273 3STAGE DILUTION AIR FILTER 30SMP TES209C02A.01	
4.10.10	1	VTi273 DIL. TUNNEL W/O ELECTRO POLISH TES212C00A.01	
4.10.11	1	VTi273 PARTICULATE PROBESECTION (NIC/Ni) TES214C00A.01	
4.10.12	1	CVS i60 LD PACKING DILUTION TUNNEL VTi273 TES010C01A.01	
4.10.13	1	CVS i60 LD PACKING DILUTION UNIT TES010C03A.01	
4.11.00	1	AMA i60 BASIC UNIT TES68U.00	167,300.00
4.11.01	1	AMA i60 STD. CABINET WITH IPC TES301B01A.01	
4.11.02	1	IGEM AMA BENCH CONTROL SW 1 STREAM TES326B00A.01	
4.11.03	1	AMA i60 CABINET BASIC KIT D1 TES306B00A.01	
4.11.04	1	AMA i60 GPU D1 TES306B00A.01	
4.11.05	1	AMA i60 INST.MAT. PER CABINET/2 SPAN GAS TES306B01A.01	
4.11.06	1	AMA i60 HEAT. THC MEAS/ TUNNEL FID LH TES301B00A.01	
4.11.07	1	CLD i60 LC - 1 CHANNEL KIT TES350B00A.01	
4.11.08	1	IRD NGS CO2 L/ COL.-2 CHANNELS KIT TES366B04A.01	
4.11.09	1	ICAL GNU EXTERNAL GDU / NGU 63 STEPS TES332B04A.01	


D.5 PAQUETE DE EQUIPOS PARA CELDAS DE DIAGNOSTICO Y DESEMPEÑO.

5.00.00		CHASSIS TEST CELL	905,545.00
5.01.00	1	CYCLE ROADSIM TRQI 00176A.00	158,350.00
5.01.01	1	CYCLE ROADSIM TRQI 00176A.01	
5.01.02	1	PROJECT CONSULTANT TRQI 00162A.01	
5.01.03	1	AIR STREAM FAN 48.000 qm/h TRQI 00133A.01	
5.01.04	1	MET. SPRAYING OF ROLLERS TRQI 00181A.01	
5.02.00	1	48"-COMPACT 4WD CHASSIS DYNAMOMETER TRQI 00110A.00	303,250.00
5.02.01	1	48" COMPACT F. CARS/LIGHT COMM. VEHICLES TRQI 00211A.01	
5.02.02	3	PROJECT CONSULTANT TRQI 00162A.01	
5.02.03	1	VEHICLE CENTERING DEV. (4) TRQI 00098A.01	
5.02.04	1	MET. SPRAYING OF ROLLERS (5) TRQI 00026A.01	
5.02.05	1	4WD VEHICLE RESTRAIN SYSTEM TRQI 00157A.01	
5.02.08	1	AIR STREAM FAN 29000 QM/H TRQI 00165A.01	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
5.03.00	1	CVS i60 BASIC UNIT TESCBU.00	186,400.00
5.03.01	1	CVS i60 LD MV CFV UNIT WITH IPC TES301002B.01	
5.03.02	1	GEM CVS LD CONTROL SOFTWARE TES301004A.01	
5.03.03	1	CVS i60 LD VENTURI 2M ³ TES302002A.01	
5.03.04	1	CVS i60 LD VENTURI 4M ³ TES302004A.01	
5.03.05	1	CVS i60 LD VENTURI 8M ³ TES302010A.01	
5.03.06	1	CVS i60 LD VENTURI 5M ³ TES302011A.01	
5.03.07	1	CVS i60 LD BLOWER 20SM ³ TES304001A.01	
5.03.08	1	RMU i60 LD WITH 3STAGE AIR FILTER 20SM ³ TES107001A.01	
5.03.09	1	VTi273 3STAGE DILUTION AIR FILTER 30SM ³ TES209002A.01	
5.03.10	1	VTi273 DIL. TUNNEL W/O ELECTRO POLISH TES212002A.01	
5.03.11	1	VTi273 PARTICULATE PROBESECTION (NiCNi) TES214002A.01	
5.03.12	1	CVS i60 LD PACKING DILUTION TUNNEL VTi273 TES010001A.01	
5.03.13	1	CVS i60 LD PACKING DILUTION UNIT TES010002A.01	
5.04.00	1	MAIN CABINET WITH SOFTWARE TMD472B.00	90,245.00
5.04.01	1	V:3/INPE, 220 - 240VAC (POWER OPTION) TMD472SPCB.05	
5.04.02	1	MAIN CABINET, SPC 472 & GEM 140 TMD472BASE.05	
5.04.03	1	1 X 70MM FILTER PANEL (1) TMD472F01L.05	
5.04.04	1	DILUTION AIR CONDITIONING UNIT TMD472DACH.03	

Pos.	Qty.	Item Name	Total Price
			€
5.04.05	1	STANDARD SAMPLING PROBE, 220VAC TM0472FP62.05	
5.04.06	1	V. 110V/PE (POWER FILTER PANEL ONLY) TM0472F110.05	
5.04.07	1	STANDARD SAMPLING PROBE, 220VAC TM0472FP62.05	
5.05.00	1	AMA 160 BASIC UNIT TE638U.01	167,300.00
5.05.01	1	AMA 160 STD. CABINET WITH IPC TE6301B01A.01	
5.05.02	1	IGEM AMA BENCH CONTROL SW 1 STREAM TE6326B00A.01	
5.05.03	1	AMA 160 CABINET BASIC KIT D1 TE6306B00A.01	
5.05.04	1	AMA 160 GPU D1 TE6306B00A.01	
5.05.05	1	AMA 160 INST.MAT. PER CABINET/2 SPAN GAS TE6306B01A.01	
5.05.06	1	AMA 160 HEAT. THC MEAS./ TUNNEL FID LH TE6301B00A.01	
5.05.07	1	CLD 160 LC - 1 CHANNEL KIT TE6350B00A.01	
5.05.08	1	IRD NGS CO2 L / CO L-2 CHANNELS KIT TE6300D04A.01	
5.05.09	1	ICAL GPU EXTERNAL GPU / NGU 63 STEPS TE6332B04A.01	
OPTION			
5.05.10	1	GC160 LOG - 1 CHANNEL KIT TE6358B00A.01	
OPTION			
5.05.11	1	AMA 160 TRACER EXTENSION TE6314B00A.01	
OPTION			
5.05.12	1	AMA 160 SGU EXTENSION 2ND SPAN GAS TE6312B00A.01	

D.6 POLIPASTOS ELÉCTRICOS CON CARRO MANUAL LOADMATE.

3 Ton Capacity		LOADMATE® ELECTRIC CHAIN HOIST										Page 33 Jan. 14, 2008		
MODEL NUMBER							SUSPENSION							
Frame	CAP (Short) Tons	Lift* In Feet	Susp.	Lift Speed (FPM)	S or T	No. of Falls	Top Hook (TH) or Lug Mount (LM)	Push Trolley (PT)	Two Speed (MT) Motorized Trolley 80/20 FPM*	Inverter (MT) Motorized Trolley 65/16 FPM [§]				
LIST PRICES - For 208, 230 or 460V. - 3Ph. - 60 Hz.														
10 Ft. Lift														
LM16	3	10	**	16/4	T	2	3947	4581	6301	6902				
LM25	3	10	**	24/6	T	1	4387	5021	6741	7342				
15 Ft. Lift														
LM16	3	15	**	16/4	T	2	4137	4771	6491	7032				
LM25	3	15	**	24/6	T	1	4432	5126	6846	7447				
20 Ft. Lift														
LM16	3	20	**	16/4	T	2	4327	4961	6681	7282				
LM25	3	20	**	24/6	T	1	4597	5231	6951	7552				
2 Ton Capacity		LOADMATE® ELECTRIC CHAIN HOIST										Page 31 Jan. 14, 2008		
MODEL NUMBER							SUSPENSION							
Frame	CAP (Short) Tons	Lift* In Feet	Susp.	Lift Speed (FPM)	S or I	No. of Falls	Top Hook (TH) or Lug Mount (LM)	Push Trolley (PT)	Two Speed (MT) Motorized Trolley 80/20 FPM*	Inverter (MT) Motorized Trolley 65/16 FPM [§]				
LIST PRICES - For 208, 230 or 460 V. - 3Ph. - 60 Hz.														
10 Ft. Lift														
LM10	2	10	**	8	S	2	2296	2590	4363	4837				
LM10	2	10	**	16	S	2	2725	3019	4792	5266				
LM10	2	10	**	16/4	T	2	3280	3574	5347	5821				
LM20	2	10	**	32/8	T	1	4370	5004	6724	7325				
LM10	2	10	**	1-16	I	2	4146 ⁽²⁾	4442 ⁽²⁾	6215 ⁽²⁾	6669 ⁽²⁾				
15 Ft. Lift														
LM10	2	15	**	8	S	2	2406	2700	4473	4947				
LM10	2	15	**	16	S	2	2835	3129	4902	5376				
LM10	2	15	**	16/4	T	2	3390	3684	5457	5931				
LM20	2	15	**	32/8	T	1	4475	5109	6829	7430				
LM10	2	15	**	1-16	I	2	4258 ⁽²⁾	4552 ⁽²⁾	6325 ⁽²⁾	6799 ⁽²⁾				
20 Ft. Lift														
LM10	2	20	**	8	S	2	2516	2810	4583	5057				
LM10	2	20	**	16	S	2	2945	3239	5012	5486				
LM10	2	20	**	16/4	T	2	3500	3794	5567	6041				
LM20	2	20	**	32/8	T	1	4580	5214	6934	7535				
LM10	2	20	**	1-16	I	2	4368 ⁽²⁾	4662 ⁽²⁾	6435 ⁽²⁾	6909 ⁽²⁾				
<p>* Additional lifts are available in 1 ft. increments up to 150 ft. Max. 1 fall and 75 ft. Max. 2 fall. See Options page 66 for pricing additional lift.</p> <p>** Suspension Type (TH), (LM), (PT), (MT). See Options page 62 for Alternate Suspensions. Hoist power supply cable is not included in pricing - see Options page 58 for pricing. Please specify required length / type of cable on order.</p> <p>* No optional speeds available. § Alternate speeds available, see Technical Guide.</p> <p>List prices FOB Factory, Springfield, Ohio. Subject to change without notice.</p>														
												⁽²⁾ Available for 460 volt only.		
												Phone: 937-328-5100		

D.7 BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN Y ACCESORIOS.

Bogotá, Octubre 9 de 2007.

Señor:

Michel Reyes.

Ciudad

ASUNTO: COTIZACIÓN BANCO DE PRUEBAS EPS SERIE 815 ELECTRONICO Y ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS.

Respetado señor:

De acuerdo a su interés en la compra del equipo para pruebas Bosch Diesel EPS 815 con sistema de medición electrónica KMA, adjunto cotización del equipo con precio valido hasta el 30 de Diciembre de 2007.

Antes queremos informar las características de este equipo:

Banco EPS 815 ref. 0683 815 002. Dispositivo de medición KMA 822:

- Potencia de entrega 15 KW.
- Revoluciones 0 –4000 RPM
- Requerimientos de energía 200/220/230/240 V +/- 10%. 50/60 Hz.
- Cumple los requisitos de la norma ISO 4008.
- Dispositivo de medición hasta 12 cilindros, garantiza el uso universal con indicación numérica y analógica en forma de columnas.
- Manejo adecuado del medio ambiente, gracias a la reducción del vapor de aceite y neblina de aceite con la válvula de aislamiento cerrada.

- Sistema electrónico de medición constante KMA 822, plantean condiciones de precisión en la medición y ajuste en las bombas de inyección ideal para las condiciones estrictas en el control de emisiones.
- Monitor a color de 14"
- PC con plataforma Windows para trabajo con ESI (tronic), con carro para montaje junto al banco.
- Auto detección de fallos y advertencias (códigos de fallo)

Precio en Euros

BANCO EPS 815			
Cantidad	Referencia	Descripción	Precio
1	0683 815 002	EPS 815 200V-240V 50/50 HZ	46,558.72
1	0683 802 001	KMA 802	21,867.47
1	1687 022 358	Teclado - Español	129.98
1	1685 510 165	Protección Teclado	28.30
1	1687 022 958	PC sin software VP44	2,873.00
1	1687 023 370	Impresora	290.35
1	1684 465 309	Cabo Impresora	56.60
1	1687 000 956	Software	16.56
Subtotal			71,820.98

ACCESORIOS RECOMENDADOS			
Cantidad	Referencia	Descripción	Precio
4	1682 388 043	Placa Amortiguador	13,34
1	0684 200 610	LDA	4,377.00
6	1680 750 014	Tubería	421.89
6	1680 750 089	Tubería	536.30

1	1688 010 129	Dispositivo de fijación	643.00
2	1688 030 141	Base Plana	570.00
6	0681 343 009	Porta inyector básico	2,100.10
1	1665 720 017	Brida de fijación	289.89
Subtotal			8,951.52

GRUPO DE INYECTORES UNIVERSALES			
Cantidad	Referencia	Descripción	Precio
2	1688 901 016	Porta inyector de Ensayo	1,112.00
2	1688 901 023	Porta inyector de Ensayo	1,239.45
2	1688 901 116	Porta Inyector de Ensayo	1,589.00
2	1680 103 097	Platillos	190.68
2	1680 103 098	Platillos	158.90
Subtotal			4,290.03

EQUIPOS DE DIAGNOSTICO			
Cantidad	Referencia	Descripción	Precio
1	0986 611 140	Herramienta limpieza inyectores	167.00
1	0687 000 021	Auxiliar de Arranque	1,420.00
1	0684 400 701	Probador de Baterías	921.00
1	0684 400 570	Escáner para diagnóstico	2,597.93
1	F000 WA0 725	Escáner para UPS – UIS	1,373.00
1	1687 233 015	Comparador de reloj	98.00
1	F000 WA0 010	Multimetro Automotriz	180.00
Subtotal			6.756.93

Equipos Analizador de Gases			
Cantidad	Referencia	Descripción	Precio
1	0684 105 370	BEA 350	8,088.00
1	0688 100 006	Extensión Gasolina + Diesel	873.00
1	1687 230 045	Sensor térmico de aceite	238.00
1	1687 022 358	Teclado español	154.00
1	1687 246 021	Control Remoto	89.00
Subtotal			9,442.00
Gran Total			101,261.46

A ESTOS VALORES FAVOR AGREGAR 16% DE IVA

Procedencia: Alemania

Disponibilidad: 12 Semanas después de confirmado el pedido

Condiciones Cotización. 30% con la orden de compra del banco EPS815
 30% con la nacionalización.
 40% para la entrega.

Cordialmente

Nelson Wiston Gutiérrez M.
 Coordinador de Servicios y Equipos
 División Automotriz
 E-mail: ngutierrez@bosch.com.co

D.8 EQUIPOS PARA CELDA DIDÁCTICA DE MOTORES



CO-COM-699-07

Pereira, 6 de noviembre de 2017

Ingeniero
MICHEL REYES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Bucaramanga

Asunto: Nuestra cotización CTD-318-07

Respetado Ingeniero Reyes:

De acuerdo a su solicitud gustosamente estamos poniendo a su consideración oferta relacionada con los equipos en el área de diagnóstico automotriz de marca: Neolab. Esperamos que esta información le sea de utilidad.

ÍTEM	CANT	MODELO	DESCRIPCIÓN	UNITARIO ENTREGA LOCAL \$	TOTAL ENTREGA LOCAL \$
1	1	DIS-002/05	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AIRE ACONDICIONADO VEHICULAR Marca: Neolab	\$28,460,565	\$28,460,565
2	1	DIS-001/05	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN ALARMAS VEHICULARES Marca: Neolab	\$11,259,075	\$11,259,075
3	1	DIS-003/05	MODULO DE ENTRENAMIENTO EN INYECCIÓN DIESEL DE RIEL COMÚN Marca: Neolab	\$135,002,847	\$135,002,847
4	1	DIS-015/06	MOTOR DIDÁCTICO DE 4 CILINDROS (O DE 5 SEGÚN LO ESPECIFIQUE LE CLIENTE) Marca: Neolab	\$156,587,260	\$156,587,260
5	1	DIS-005/06	SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DOMICILIARIAS Marca: Neolab	\$8,820,461	\$8,820,461



ÍTEM	CANT	MODELO	DESCRIPCIÓN	UNITARIO ENTREGA LOCAL \$	TOTAL ENTREGA LOCAL \$
6	1	DIS-011/06	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN SISTEMA DE CARGA CON ALTERNADOR - UFO Marca: Neolab	\$11,074,142	\$11,074,142
7	1	DIS-012/06	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN Marca: Neolab	\$11,074,142	\$11,074,142
8	1	DIS-013/06	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN SISTEMAS IMPARTIDAS Marca: Neolab	\$9,712,210	\$9,712,210
9	1	DIS-014/06	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN SISTEMAS DE PANEL DE INSTRUMENTOS Marca: Neolab	\$9,712,210	\$9,712,210
10	1	DIS-008/06	SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN SISTEMAS DE LUCES Marca: Neolab	\$7,023,717	\$7,023,717
				SUB-TOTAL	388,716,649
				TVA (16%)	62,196,264
				TOTAL	450,912,913

SON: CUATROCIENTOS CINCUENTA MILLONES NOVECIENTOS VEINTIDÓS MIL NOVECIENTOS TRECE PESOS

D.9 VENTILADORES CENTRÍFUGOS Y AXIALES



EDUARDO JESURUN FRANCO & CIA LTDA.



Balanceo Dinámico – Blowers – Ventiladores – Extractores de Aire

Barranquilla, Febrero 28 del 2.008

Señor:

MICHEL REYES

E-mail

De la manera más atenta nos permitimos cotizarles:

VENTILADOR CENTRÍFUGO ACOPLADO CON CORREAS Y POLEAS

MEDIDAS	DESCRIPCION	VALOR
92 cm Ø	20 H.P. Aleta inclinada hacia atrás	\$13'000.000
87.00 cmØ	15 H.P. Aleta inclinada hacia atrás	11'000.000
61 cmØ	7.5 H.P. Aleta inclinada hacia atrás	7'500.000

VENTILADOR VANAXIAL ACOPLADO DIRECTO

MEDIDAS	DESCRIPCION	VALOR
92 cm Ø	25 H.P. Ventiladores axiales	\$9'000.000
87.00 cmØ	25 H.P. Ventiladores axiales	8'000.000
61 cmØ	10 H.P. Ventiladores axiales	6'000.000

Los Ventiladores será balanceado dinámicamente en nuestra balanceadora IRD B-50 que con un computador automático MECHANALYSIS IRD-246, representa lo mejor y más avanzado en tecnología del Balanceo Dinámico.

Para determinar el grado de desbalanceo del rotor se aplicará el criterio de la norma ISO 1940 que rige los parámetros para balanceo dinámico de rotores rígidos.

Nos complace informarle que INDUSTRIAS FRIGIDAIRE es la única empresa en Colombia Certificada en la **"Prestación de servicio para Balanceo dinámico para rotores rígidos"** bajo la norma ISO 9000:2001 por el ente certificador BUREAU VERITAS mediante el certificado No 172506. de fecha 16 de marzo del 2.005 aún vigente.

NOTA : Adicionar el 16% del IVA al precio anterior.

TIEMPO DE ENTREGA : 20 días.

FORMA DE PAGO : 60 % Anticipado y 40 % Contra entrega en
nuestras instalaciones

Visiten nuestra página de Internet: www.industriasfrigidaire.com

Atentamente,

YERLYS MALDONADO FONSECA

INDUSTRIAS FRIGIDAIRE LTDA.

March 12, 2008

Universidad Industrial de Santander
Calle 9 con 27
Bucaramanga, Colombia

Attention: Michel Reyes

Phone: 301-245-0368

Email: micheler81@hotmail.com

Reference: Rough Order of Magnitude ("ROM") for a Hemi-Anechoic Chamber and Associated Instrumentation for Testing Internal Combustion Engines

Saludos Mr. Reyes,

ETS-Lindgren Acoustic Systems is pleased to submit this ROM for a Hemi-Anechoic Chamber and associated measurement and data acquisition instrumentation. Thank you for the information you have already provided to Mr. Felix Perez, aiding in the assembly of this ROM. It is our intention for this document to provide assistance as you submit a budget to the University for carrying out this project in the future. The ROM includes baseline technical and budgetary pricing information based on your need for acoustic study of internal combustion (gasoline and diesel) engines (1m x 0.5m x 0.7m) up to 500 HP.

Overview

Acoustic Systems will provide all the necessary materials and labor required to design and fabricate this Hemi Anechoic Chamber. The EUT will be installed on a special support system (provided by the University) within this Chamber. The Chamber also houses the measurement equipment. The whole spectrum of sound power and sound pressure is recorded within this Chamber, resulting in test results per the corresponding ISO 3744 standard. The Hemi Anechoic Chamber is coupled via a long axle to a dyno located in an adjacent room provided by the University. In this configuration the adjacent room provides a break from outside noise entering the Chamber. A control room provided by the University will house the data analyzing equipment, PC, etc.



Hemi-Anechoic Chamber
For Illustrative Purposes Only

Hemi-Anechoic Chamber

The proposed 18'-0" x 18'-0" x 11'-9" (wedge-tip to wedge-tip) Hemi-Anechoic chamber includes an acoustic chamber shell, absorber material and installation services. It utilizes 24 in. fire-retardant acoustic wedges. The chamber's lowest frequency of interest ("LFI") is approximately 125 Hz. The Hemi includes a panelized steel floor system, Acoustic Systems modular acoustic panel system, vibration isolation construction, heavy-duty acoustical doors and HVAC silencers.

As mentioned above, the chamber qualifies at ISO 3744 for testing purposes. In addition, Acoustic Systems offers a variety of testing and consulting services to assist you with chamber design, product characterization or final chamber performance verification. Pricing and details regarding field performance verification and data summaries, reverberation time characterization, etc. can also be provided upon request.

D.10 CÁMARAS SEMIANECOICAS Y EQUIPO RESPECTIVO



ROM Pricing

These prices are provided for budgeting purposes only as a rough order of magnitude ('ROM'). They do not include freight and/or applicable sales taxes, duties, etc. Actual prices should be within +/-20%.

Hemi Anechoic Chamber

Chamber:	\$ 240,000.00 (USD)
Instrumentation:	\$ 75,000.00 (USD)

Upon placement of order, a down payment for 50% and an Irrevocable letter of credit for the remaining 50% are required. 40% is required upon presentation of shipping documents. The remaining 10% is required upon performance test acceptance. The billable line items associated with the chamber portion of this proposal consist of 1) Shipment of Materials (including shielding, wedges and instrumentation) and 2) Performance Verification (if selected).

Conclusion

ETS-Lindgren Acoustic Systems has built a reputation for exceeding customer expectations through our customer responsive and technically superior approach to designing and constructing outstanding acoustic test chambers. Over the past thirty years, Acoustic Systems' experienced professionals have applied their expertise to achieve outstanding chamber performance and to assist their clients with selecting the right chamber design for their acoustic measurement application.

Constructing this self-sufficient facility available in your region will provide less restricted testing at a lower cost versus travelling with equipment to Bogota. In addition, it will generate and sustain further development in the area of acoustics at the University.

We appreciate this opportunity to offer our products and services to the Universidad Industrial de Santander. Should you have any questions or require additional information about our ROM, please do not hesitate to contact me at (512) 632-5178. Thank you for your interest in Acoustic Systems' products and services. We look forward to discussing this ROM with you.

Atentamente,

Hernan Urdiales
Regional Sales Director – Latin America
ETS-Lindgren, L.P.
(512) 632-5178

D.11 MEDIDOR DE FLUJO DE GNV



V. Alsina (BA), viernes, 21 de marzo de 2008

Señores:

Atte.: Michel Reyes

Ref.: Pedido de Cotización vía E-mail 12/02/08

J.I. Ruco 1091
Valentín Alsina-
Lanusá
B1522CJU
Argentina
T +54-11-4229-3199
F +54-11-4229-3650
www.elster.com

Presupuesto: 8263 Patron Húmedo size 4 - Michel eugenio reyes

De nuestra consideración:

De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado de cotizarles el material seguidamente detallado:

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario
1	1	<ul style="list-style-type: none">• Medidor de sello húmedo para baja presión.• Marca Elster Modelo 4.• Industria Alemana.• Qmin. 0.1 m3/h.• Qmáx. 10 m3/h.• Pmáx de trabajo. 50 mbar• Versión: Standard, Carcasa y tambor de aleación de Cobre.• Volumen cíclico nominal 30 dm3.• Cuadrante de 0.1 m³ por revolución del puntero.• Manómetro desconectable de plexiglass 0-10 mbar• Cantidad de líquido contenido: 90 dm3• Peso apróx: 37 Kg.• Código: RPH000 SMA• Ilustrado en el folleto adjunto al precio de:	Euros 6069

Nota: Estos medidores pueden venir con emisores de impulso (opcionales):

MOZ30: 720 Euros. 1000 pulsos por revolución

D.12 HARDWARE LABORATORIO DE COMPUTO CIENTÍFICO

Nexus

Humberto Becerra & Cía Ltda
 Carrera 38 No. 52-40
 Tel: 657 1000 Fax 643 4943
 Bucaramanga

Bucaramanga, March 5, 2008

Cliente	MICHEL REYES
Contacto	
Cotización No.	3204

De acuerdo a su solicitud , a continuación nos permitimos cotizar:

DESCRIPCIÓN	Precio	Cantidad	Total
Xserve Two 2.8GHz Quad-Core Intel Xeon (8-core) RAM 2 GB , On-board SATA/SAS Controller 80GB Serial ATA ADM @ 7200-rpm, 8x SuperDrive DL (DVD+R DL/DVD±RW/CD-RW, ATI Radeon X1300 64MB SDRAM with VGA Adapter, Rack Mounting Kit - Square Hole Rack	\$1.999,00	1	\$3.999,00
2 GB de RAM Adicionales para Xserve	\$500,00	1	\$500,00
Mac Pro Two 2.8GHz Quad-Core Intel Xeon, RAM 4GB 800MHz DDR2 FB- DIMM, ATI Radeon HD 2600 XT, Disco Duro 320GB Serial ATA, Unidad Optica 16x SuperDrive, Bluetooth 2.0 + EDK Spanish	\$3.892,00	1	\$3.892,00
Apple Cinema HD Display (27" Flat Panel)	\$1.154,00	2	\$2.308,00
iMac Monitor 20"LCD, Procesador Intel Core 2 Duo 2.0GHz Memoria RAM 2GB. Disco Duro 250GB. Unidad Optica SuperDrive. Tarjeta de Video ATI Radeon HD 2400 XT-128MB, AirPort, Bluetooth, Control Remote. Spanish	\$1.706,00	20	\$34.120,00

Prezios Incluyen IVA	No	SUBTOTAL	\$44.819
Validez de la Oferta	5 días	IVA	\$7.171
Tiempo de Entrega	30 Días	TOTAL USD \$	\$51.990
Garantía	1 año	TOTAL \$	\$51.990
Plazo	a Bucaramanga		
Prezios en dólares	Even liquidadas a la TFM del día de facturación		
Contacto Nexus	mercant@mac.com - mercantia@yahoo.es	TMM March 5, 2008	\$1



Distribuidor Autorizado Apple Computer Inc

Nexus

Humberto Becerra & Cía Ltda

Carretera 88 No. 53-10

Tel: 657 1060 Fax 648 4943

Bucaramanga

Bucaramanga, March 14, 2008

Cliente	MICHEL REYES
Contacto	
Cotización No.	3253

De acuerdo a su solicitud , a continuación nos permitimos cotizar:

DESCRIPCIÓN	Precio	Cant.	IVA	Total
Laser P2014N 24 PPM, 512MB RAM EXP. MB, USB 2.0 de alta velocidad, Procesador de 400 Mhz, Bandeja de entrada de 150 hojas, Ciclo mensual de impresión de 10.000 paginas. RED 10/100 Ideal para P2000 que incluye en su paquete cable	\$681.355,00	1	16	\$681.355,00
Laser P2015DN 27 PPM, 512MB RAM EXP. MB, USB 2.0 de alta velocidad, TARJETA DE RED 10/100, DUPLEX AUTOMÁTICO INCLUIDO, Procesador de 400 Mhz, 2 Bandeja de entrada de 500 hojas, Ciclo mensual de impresión de 15.000 paginas.	\$1.094.651,00	1	16	\$1.094.651,00
Laser P5005N, 55 PPM, 512MB RAM EXP. 512MB, USB 2.0 de alta velocidad, Puerto EIO libre, Puerto paralelo, JET DIRECT INTERNO 10/100, Procesador de 400Mhz, Bandeja de entrada de 500 hojas y multifusor de 100 hojas, Ciclo mensual	\$2.350.500,00	1	16	\$2.350.500,00
Impresora HP LaserJet 4250N, 45 PPM, 10/100 incluida, Ciclo de impresión de 200.000 paginas por mes, 4MB ram exp. 512MB. INCLUYE PROMOCION CARE PACK A TRES AÑOS	\$2.001.052,94	1	16	\$2.001.052,94

Precio Incluye IVA	No	SUBTOTAL	\$6,856,537
Validez de la Oferta	5 días	IVA	\$1,096,886
Tiempo de Entrega	2 Días Sujeto a Inventario	TOTAL \$	\$7,952,423
Garantía	1 Año		
Plazo	a Bucaramanga		
Precio en dólares	Sean liquidados a la TMM del día de facturación		
Contacto Nexus	marcanet@nec.com - nexusventas@yahoo.es	TMM March 14, 2008	\$1



Distribuidor Autorizado Apple Computer Inc.

Nexus

Humberto Becerra & Cía Ltda
 Carrera 38 No. 52-40
 Tel: 657 1060 Fax 643 4943
 Bucaramanga

Bucaramanga, March 14, 2008

Cliente	MICHEL REYES
Contacto	
Cotización No.	3249

De acuerdo a su solicitud , a continuación nos permitimos cotizar:

	DESCRIPCIÓN	Precio	Cant.	IVA	Total
IMPRESORA PLOTTER	HP Designjet 70	\$1.566.117,00	1	16	\$1.566.117,00
IMPRESORA PLOTTER	HP Designjet 90	\$1.749.594,00	1	16	\$1.749.594,00
IMPRESORA PLOTTER	HP Designjet 90R***	\$2.299.090,00	1	16	\$2.299.090,00
IMPRESORA PLOTTER	HP Designjet 800 42"	\$7.905.185,00	1	16	\$7.905.185,00

***SOBRE PEDIDO A 30 DIAS

Preços Incluyen IVA	No	SUBTOTAL	\$13,368,886
Válides de la Oferta	2 días		
Tiempo de Entrega	1 Día Sujeto a Inventario	IVA	\$2,139,022
Garantía	1 Año	TOTAL \$	\$15,507,908
Lugar	a Bucaramanga		
Preços en dólares	Sevan liquidados a la TMM del día de facturación	TMM March 14, 2008	\$1
Contacto Nexus	marcanet@mac.com - nexuserventas@yahoo.co		



Distribuidor Autorizado Apple Computer Inc

D.13 SOFTWARE FLUENT DE ANSYS

Bucaramanga, Viernes, 29 de febrero de 2008

Formato-cotizacion-29022008

Señor
 Michel Reyes
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 Bucaramanga

Cordial Saludo,
 Atendiendo su solicitud estamos cotizando los productos ANSYS para entidades académicas:

ACADEMIC PRODUCTS ANSYS	PERMANENTE*	TECS**	ANUAL**
ACADEMIC TEACHING			
<i>ANSYS Academic Teaching Advanced (5 licencias)</i>	\$13.652.800,00	\$1.720.400,00	\$4.126.200,00
<i>ANSYS Academic Teaching Advanced (25 licencias)</i>	\$26.031.400,00	\$3.783.500,00	\$9.285.100,00
<i>ANSYS Academic Teaching Advanced (50 licencias)</i>	\$33.423.800,00	\$4.966.400,00	\$12.378.600,00
<i>ANSYS Academic Teaching Introductory (5 licencias)</i>	\$8.046.000,00	\$515.200,00	\$1.375.400,00
<i>ANSYS Academic Teaching Introductory (25 licencias)</i>	\$11.072.200,00	\$1.202.900,00	\$3.095.800,00
<i>ANSYS Academic Teaching Introductory (50 licencias)</i>	\$13.652.800,00	\$1.720.400,00	\$4.126.200,00

*Estas licencias no expiran, recomendamos adquirir el programa de mantenimiento y actualizaciones después del primer año. Este valor incluye el TECS del primer año.

**Para los años siguientes el cliente opta por TECS "Technical Enhancements and Customer Support" e incluyen el envío automático de nuevas versiones del software lanzadas en el periodo, y soporte técnico por teléfono y/o correos electrónicos.

***Estas licencias expiran anualmente, la entidad recibirá el programa de mantenimiento y actualizaciones "TECS" durante la vigencia de la licencia.



NIT. 804.001.988-2

DISEÑO - SUMINISTRO E INSTALACION
DE SISTEMAS ELECTROMECANICOS
AIRE ACONDICIONADO - REFRIGERACION
INDUSTRIAL Y COMERCIAL
TRANSPORTE VERTICAL: ASCENSORES
Y MONTACARGAS

COTIZACION NO 0245-08

FECHA 26 DE MARZO DE 2008

SEÑOR
MICHEL
BUCARAMANGA

Atendiendo su amable solicitud, FRIOGOMEZ LTDA le presenta a consideración de su empresa una lista de los precios correspondientes al suministro de los siguientes equipos de aire acondicionado.

AIRE ACONDICIONADO

TIPO SPLIT CAPACIDAD 4 TONELADAS O 48.000BTU/MARCA LG	\$3.769.000
TIPO SPLIT CAPACIDAD 5 TONELADAS O 60.000BTU/MARCA LG	\$4.215.000
TIPO SPLIT CAPACIDAD 7.5 TONELADAS O 90.000BTU/MARCA LG	\$9.422.000
TIPO SPLIT CAPACIDAD 10 TONELADAS O 120.000 BTU/MARCA LG	\$11.860.000

Los anteriores precios tiene I.V.A Incluido

CONDICIONES COMERCIALES

FORMA DE PAGO	Contado
VALEZ DE PRECIOS	10 Dias a partir de la fecha
TIEMPO DE ENTREGA	10 Dias Hábiles

**ANEXO E. DILIGENCIAMIENTO DE FORMATOS BPPI-UIS
ACORDADOS.**

FORMATOS PROYECTOS TIPO A

FORMATO ID-01 : DESCRIPCION DEL PROBLEMA O NECESIDAD

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

El problema radica principalmente en la ausencia de laboratorios adecuados en el área de Motores de Combustión Interna (MCI) que permitan generar verdaderas líneas de investigación y ayudar a que los estudiantes de pregrado aterricen conceptos relacionados con las mismas.

Esta situación hace que en B/manga y en general en los Santanderes se siga especulando respecto a las MCI conllevando todo esto a fallas en su manipulación, problemas ambientales y mayores costos en su operación.

Esta disyuntiva se ha tratado de solucionar a través de proyectos de grado generados por la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) a través de sus estudiantes pero sin ninguna ejecución evidente. Alternativamente se cuenta con una sala de ensayos de MCI en el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) pero su uso se encuentra muy restringido incluso para el personal docente de la UIS, lo cual es lo mismo que no tener nada.

En general el problema ha ido evolucionando año tras año debido a la indiferencia de las directivas de la Universidad en cuanto al mantenimiento de los laboratorios de EIM.

FORMATO ID-02 : OBJETIVOS DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

OBJETIVO GENERAL:

- Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander en cuanto a la formación integral de sus estudiantes.
- Atender y dar solución a necesidades de la industria y comunidad en general.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Contar con un ente objetivo que genere credibilidad en los aspectos técnicos de estas maquinas.
- Analizar las dañinas emisiones y material particulado generadas en la zona para luego aportar soluciones que conlleven a su regulación.
- General desarrollo en la zona afectada por el proyecto.

FORMATO ID-03: POBLACION AFECTADA Y/O ZONA AFECTADA Y POBLACION OBJETIVO DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Este problema afecta a 1957789 personas correspondientes a la población del departamento de Santander. Estas personas son gentes de todas las clases sociales y de todas las edades.

El proyecto está enfocado a personas involucradas con el transporte y otras actividades que utilizan MCI en sus quehaceres.

FORMATO ID-04 : DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL Y SU EVOLUCION

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Actualmente la EIM de la UIS no cuenta con laboratorios operativos en el área de las MCI que permitan generar líneas de investigación y ayudar a los estudiantes a aterrizar conceptos relacionados con las mismas. Esto hace que nuestros profesionales se vean cada vez mas impedidos al momento de resolver problemas referentes con los MCI, lo que genera inconvenientes en la sociedad como contaminación, elevación de los costos en general y una lamentable dependencia de mano de obra foránea.

FORMATO ID-05: DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LA NECESIDAD O PROBLEMA

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Actualmente se tienen viejos laboratorios en donde se hallan equipos que solo sirven como ayuda didáctica ya que no son funcionales. Debido a que son viejos no permiten el adecuado aprendizaje de las nuevas tecnologías, y aun mas grave no se pueden implementar programas de investigación ya que sencillamente no existen los medios para llevarlos a cabo.

FORMATO ID-06: CUANTIFICACION DE LA DEMANDA Y OFERTA DEL PRINCIPAL BIEN Y/O SERVICIO

AÑOS CALENDARIO	Año cero (0): Horizonte de Evaluación: Nombre del bien o servicio: Unidad de medida:		
	DEMANDA	OFERTA	DÉFICIT

FORMATO ID-07 : PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto:

ALTERNATIVA No. __ :

Nombre:

ALTERNATIVA No. __ :

Nombre:

FORMATO ID-08 : DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA No:

Nombre del Proyecto:

Nombre de la alternativa:

Descripción de la alternativa:

Nombre de la alternativa:

Descripción de la alternativa:

FORMATO PE-01: DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO

SECCION A: Descripción de los principales beneficios del proyecto

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Entre los principales beneficios que se obtendrán con la ejecución del proyecto están el de ofrecer servicios técnicos a la industria verdaderamente objetivos, desarrollo de mejoras en los MCI que los hagan más eficientes y menos contaminantes y contribuir a la formación de profesionales con gran autoridad en el tema.

FORMATO PE-01: DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO

SECCION B : Cuantificación del principal bien o servicio producido

Nombre del Proyecto:

Horizonte del Proyecto:

Año cero:

BIEN O SERVICIO:
UNIDAD DE MEDIDA:

FACTOR
VALOR
PRESENTE

VALOR
PRESENTE

AÑO DEL PROYECTO	AÑO CALENDARIO	CANTIDAD PRODUCIDA	FACTOR VALOR PRESENTE	VALOR PRESENTE
0			1.0000	
1			0.8929	
2			0.7972	
3			0.7118	
4			0.6355	
5			0.5674	
6			0.5066	
7			0.4523	
8			0.4039	
9			0.3606	
10			0.3220	
11			0.2875	
12			0.2567	
13			0.2292	
14			0.2046	
15			0.1827	
16			0.1631	
17			0.1456	
18			0.1300	
19			0.1161	
			TOTAL	

FORMATO PE-03 : COSTOS DE INVERSIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
--

Nombre del Proyecto:

Alternativa:

(Este formato es generado por el Sistema)

FORMATO PE-04 : COSTOS DE OPERACION DE LAS ALTERNATIVAS
--

Nombre del Proyecto:

Alternativa:

(Este formato es generado por el Sistema)

FORMATO PE-05 : CAPACIDAD INSTALADA

Nombre del Proyecto:

¿CUAL ES LA CAPACIDAD INSTALADA POR EL PROYECTO?

CANTIDAD:

UNIDAD DE MEDIDA:

OBSERVACIONES:

FORMATO PE-06 : RESUMEN DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA
--

Nombre del Proyecto:

Alternativa:

(Este formato es generado por el Sistema)

FORMATO PE-07 : EFECTO AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Alternativa:

La edificación pensada que tendrá por lugar de emplazamiento el valle de Guatiguara tendrá un efecto positivo sobre la cultura de los habitantes de esta localidad ya que les permitirá interactuar y participar en el accionar de un centro con las características del CIDEMC (Centro de Investigación y Desarrollo de Motores de Combustión).

En cuanto a efectos sobre el ambiente natural cabe destacar que solo el aire se verá levemente afectado debido a que se generaran emisiones de gases de escape y material particulado; sin embargo su volumen no será tema de preocupación debido a que serán muy bajas en comparación con los niveles detectados en zonas verdaderamente contaminadas.

FORMATO PE-08 : SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MÍNIMO COSTO

Nombre del Proyecto:

Alternativa No.:

Costo Precio social: (Información generada por el Sistema)

Nombre de la alternativa:

OBSERVACIONES:

FORMATO PE-09 : MARCO INSTITUCIONAL

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

FORMATO FS-01: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto:

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN INTERNAS						
Fondo Común						
Estampilla ProUIS						
RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO						
TOTAL FINANCIACION INVERSIÓN						

FORMATO FS-02: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto:

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	2	3	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN								
INTERNAS								
Fondos Especiales								
TOTAL FINANCIACION OPERACION								

FORMATO FS-03: SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

En general existen solo 2 aspectos que pueden retrasar la normal ejecución del proyecto: Que los recursos destinados al proyecto sean parcialmente girados y retrasos en la entrega e instalación de equipos sobre todo los que operan bajo la modalidad llave en mano.

En cuanto a la consecución de las fuentes de financiación, si es posible su consecución debido a que es un proyecto que estará directamente ligado con el desarrollo de la industria y con un servicio de mucho interés para la sociedad como lo es la capacitación de las personas en tan importante area.

FORMATOS FICHA EBI

FORMATO EBI-01: CLASIFICACION
Nombre del Proyecto:
PERIODO :
PROGRAMA:
SUBPROGRAMA:

FORMATO EBI-02: LOCALIZACIONES

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	UAA
SANTANDER	BUCARAMANGA	GUATIGUARA

La edificación propuesta en el proyecto mencionado está planeada a ser construida hacia el oriente colombiano en el departamento de Santander, más exactamente en el municipio de Piedecuesta sobre el denominado Valle de Guatiguara a 15 minutos de la capital del Departamento, B/manga.

FORMATO EBI-03: JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Se puede decir que el problema es básicamente la ausencia de laboratorios operativos debidamente adecuados que permitan el buen aprendizaje e investigación en el área de las MCI, lo cual origina falencias en la formación de los profesionales egresados al mismo tiempo que imposibilita la transferencia de conocimientos al sector industrial de la región.

Con la puesta en marcha de un proyecto de este tipo se logran profesionales mejor capacitados capaces de enfrentar problemas derivados de las MCI y la oportunidad de crear líneas de investigación que mejoren el desempeño, costo de operación y contaminación de los MCI.

Este centro al contar con tecnología de punta en sus procesos permitirá emitir análisis muy objetivos en sus operaciones, lo cual garantizará una muy alta calidad del servicio prestado. Esto ayudará a eliminar la especulación que se cierne alrededor de los motores lo cual genera cada día sobrecostos e importantes pérdidas en el sector.

Es decir, al utilizar instrumentos muy avanzados en las mediciones se logrará identificar las principales fallas en los motores al mismo tiempo que se detectarán de forma exacta los agentes contaminantes de sus emisiones lo cual permitirá tomar los correctivos necesarios para que no se sigan generando. Esta labor entonces se convierte en gran oportunidad para que los estudiantes de pregrado y postgrado midan sus conocimientos en el mundo real, generando para ellos importantes competencias y experiencia en el campo.

FORMATO EBI-04: DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA

(Este formato es generado por el Sistema)

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Nombre Alternativa:

Descripción alternativa: El centro en cuestión será una edificación de 3 pisos en los cuales se alojaran diversas celdas para prueba de motores y laboratorios de apoyo a los mismos que tendrán por objeto la investigación, desarrollo y prueba de las MCI.

Se contara con celdas para el estudio del desempeño de motores con combustible alternativo, para análisis de ruido, para sistemas de inyección, combustión, estudio de emisiones y material particulado, para análisis de combustibles, etc. Estará dotado además de sala de cómputo científico, oficinas para investigadores, biblioteca especializada en el área, sala de conferencias y una zona de esparcimiento y recreación.

El complejo de esta manera tendrá la capacidad de certificar equipos, de hacer estudios de emisiones de los automotores, de hacer pruebas de ruido, de determinar niveles de octanaje y cetanos en los combustibles, realizar diseños especializados al sector industrial entre otros muchos beneficios.

FORMATO EBI-05: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

(Este formato es generado por el Sistema)

Nombre del Proyecto:

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN INTERNAS						
Fondo Común						
Estampilla ProUIS						
RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO						
TOTAL FINANCIACION INVERSIÓN						

FORMATO EBI-06: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACION DEL PROYECTO

(Este formato es generado por el Sistema)

Nombre del Proyecto:

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	2	3	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN								
INTERNAS								
Fondos Especiales								
TOTAL FINANCIACION OPERACION								

FORMATO EBI-07: IMPACTO DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto:

REGION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO

AREA DE INFLUENCIA

FORMATO EBI-08: ESTUDIOS QUE RESPALDAN EL PROYECTO

Nombre del Proyecto:

NOMBRE	FECHA DD MM AA	ENTIDAD AUDITORA	DIRECCIÓN DE CONSULTA

FORMATO EBI-09: DILIGENCIAMIENTO

(Este formato lo genera el Sistema)

Nombre del Proyecto: **Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Área de Motores de Combustión Interna.**

Funcionario:	
Número de Documento de identidad:	
Tipo de Documento de Identidad:	
Dirección:	
Teléfono:	
Cargo:	

**FORMATO EBI-10: OBSERVACIONES DEL PROYECTO
DILIGENCIAMIENTO**

Nombre del Proyecto: