

**DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE PRUEBAS  
DE MOTORES DIESEL EN LA EMPRESA CUMMINS API S.A.**

**OSCAR RAMIRO GUERRERO AMAYA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2008**

**DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE PRUEBAS  
DE MOTORES DIESEL EN LA EMPRESA CUMMINS API S.A.**

**OSCAR RAMIRO GUERRERO AMAYA**

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

**Director**

**ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES**

**Ingeniero Mecánico**

**Codirector**

**JAVIER SIERRA MUÑIZ**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2008**

## DEDICATORIA

A Dios por Todas sus Bendiciones.

A la Vida por permitirme el placer de vivir.

A Alicia, Madre que soñó y esperó con su hijo este triunfo.

A Ramiro, Padre que siempre me brindó su apoyo.

A Carolina, Hermana que adoro.

Oscar.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

La **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**, por la formación académica y humana que me brindó.

La **ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**, por formarme en la carrera que me apasiona.

Al profesor, **ISNARDO GONZÁLEZ**, Ingeniero Mecánico, director de este proyecto, por la oportunidad y la confianza.

A **JAVIER SIERRA**, Ingeniero Mecánico, codirector de este proyecto, por su colaboración.

A **OSCAR PEÑA**, Ingeniero Mecánico, apoyo y maestro en el desarrollo del proyecto.

Al doctor **CARLOS GIMENEZ**, Gerente de la compañía, por creer en mí.

Al personal de **CUMMINS API S.A.** que en algún momento aportó su granito de arena en mi trabajo.

A mi familia, por la esperanza y el cariño.

A mis amigos, por el apoyo, la amistad y las alegrías que hemos compartido.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO	3
1.1 HISTORIA DE LA COMPAÑÍA	3
1.1.1 Energía Distribuida.	4
1.1.2 Motores.	4
1.1.3 Industria Petrolera.	5
1.2 MISIÓN DE LA COMPAÑÍA	6
1.3 VISIÓN DE LA COMPAÑÍA	6
1.4 POLÍTICA DE CALIDAD	7
1.5 OBJETIVOS DE CALIDAD	7
1.6 ALCANCE	8
1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	8
1.8 RECURSO HUMANO	8
1.8.1 Sedes	9
1.9 PRODUCTOS	10
1.9.1 Energía Eléctrica	10
1.9.2 Potencia Motriz	11
1.9.3 Manejo de Fluidos / Equipos de Bombeo	12
1.9.4 Productos Especiales	14

1.9.5 Servicio	16
1.10 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.11 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR E PROBLEMA	22
1.12 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	25
1.12.1 Objetivo General	25
1.12.2 Objetivos Específicos.	25
2. BANCOS DE PRUEBAS Y DINAMÓMETROS PARA MOTORES DIESEL	26
2.1 FRENOS DINAMOMÉTRICOS	26
2.2 TIPOS DE ENSAYOS	27
2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE BANCOS DE PRUEBAS	28
2.4 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DIESEL.	30
2.4.1 El Motor Diesel.	30
2.4.2 Curvas Características del Motor	32
2.5 DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL BANCO DE PRUEBAS EN CUMMINS API S.A.	33
2.5.1 Conformación General	33
2.5.2 Estado Inicial del Dinamómetro	35
2.6 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS	36
2.6.1 Propuesta de banco de pruebas numero uno	36
2.6.2 Propuesta de banco de pruebas numero dos	37
2.7 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA SELECCIONADA	38
3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES EN CUMMINS API S.A.	40

3.1 LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.	40
3.2 SELECCIÓN DEL DINAMÓMETRO	41
3.3 DISEÑO DE LOS SISTEMAS BÁSICOS DEL BANCO DE PRUEBAS	43
3.3.1 Diseño del Sistema de Refrigeración del Motor Diesel	43
3.3.2 Diseño del Sistema de Refrigeración del Dinamómetro	45
3.3.3 Diseño del Sistema de Combustible	48
3.3.4 Diseño del Sistema de Escape	49
3.3.5 Suministro de Energía y Control	56
3.3.6 Disposición de todos los Sistemas en el Banco de Pruebas.	57
3.3.7 Calibración del Torque en el Dinamómetro.	58
4. ANÁLISIS DE COSTOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES	60
4.1 COSTO DE MATERIALES	60
4.2 COSTOS DE INGENIERÍA	65
4.3 COSTOS TOTALES	65
5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.	66
5.1 PRUEBA DE RENDIMIENTO.	66
5.2 DESCRIPCIÓN DEL MOTOR A PROBAR.	66
5.3 CARACTERÍSTICAS DEL DINAMÓMETRO.	69
5.4 ANÁLISIS PARA LA PRUEBA DEL MOTOR KTA-38	71
5.5 TEST SHEET.	72
5.6 GRAFICAS	73
5.7 CÁLCULOS Y ANÁLISIS.	78

5.7.1 Estimación de un factor de las condiciones de trabajo para adaptarlo a la altura y la temperatura	78
5.8 CONCLUSIONES DE LAS PRUEBAS.	80
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	84

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características de algunos Motores Cummins.	18
Cuadro 2. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo P31048	61
Cuadro 3. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo P33206.	62
Cuadro 4. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo P36824	62
Cuadro 5. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo S39691.	64
Cuadro 6. Costos Involucrados en todas las Órdenes de Trabajo.	65
Cuadro 7. Costos Totales del Banco de Pruebas de Motores.	65
Cuadro 8. Fases para la prueba del KTA-38.	71

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Instalaciones de Cummins API S.A. Sede Principal de Bucaramanga	9
Figura 2. Instalaciones de Cummins API S.A. Sede Bogotá.	9
Figura 3. Proveedor de Sistemas de Generación Diesel y Gas Natural	10
Figura 4. Proveedor de Sistemas de Potencia Ininterrumpida.	10
Figura 5. Proveedor de Motores Diesel y de Gas Natural	11
Figura 6. Proveedor de Sistemas Auxiliares para Motor.	12
Figura 7. Proveedor de Bombas Centrífugas Especiales.	12
Figura 8. Proveedor de Bombas Centrífugas Verticales.	13
Figura 9. Proveedor de Bombas Centrífugas Horizontales.	13
Figura 10. Proveedor de Bombas Rotativas de Desplazamiento Positivo	14
Figura 11. Proveedor de Bombas Reciprocantes.	14
Figura 12. Proveedor de Sistemas para Monitoreo y Control de Nivel en Tanques.	15
Figura 13. Proveedor de Instrumentos y Protecciones para Motores y Compresores.	15
Figura 14. Proveedor de Lubricantes.	16
Figura 15. Organigrama de Cummins API S.A.	17
Figura 16. Motor 4BT 3.9	19

Figura 17. Motor 6BT 5.9	20
Figura 18. Motor NT 855	20
Figura 19. Motor KTA 38	21
Figura 20. Espacio destinado para Banco de Pruebas.	21
Figura 21. Dinamómetro Hidráulico DT-2000	23
Figura 22. Software para Adquisición de Datos GPS 2508	24
Figura 23. Transductores	24
Figura 24. Radiadores	24
Figura 25. Carro Transportador de Motores	24
Figura 26. Dinamómetro Hidráulico de 1860 Kw. (2500 Hp) y 30000 RPM	26
Figura 27. Curvas Características de los Motores	33
Figura 28. Plano del Estado Inicial del Banco de Pruebas	34
Figura 29. Zona de Radiadores	34
Figura 30. Radiador destinado para Refrigeración	35
Figura 31. Dinamómetro	35
Figura 32. Propuesta de Diseño de Banco de Pruebas numero uno	36
Figura 33. Propuesta de diseño de Banco de Pruebas numero dos	37
Figura 34. Propuesta Seleccionada para Banco de Pruebas.	38
Figura 35. Ubicación del Banco de Pruebas.	40
Figura 36. Dimensiones del Dinamómetro DT-2000	42
Figura 37. Curvas de Rendimiento del Dinamómetro DT-2000.	42
Figura 38. Diagrama Sistema de Enfriamiento Motor Diesel.	45

Figura 39. Curvas de Flujos de Agua en el Dinamómetro.	47
Figura 40. Diagrama Sistema de Refrigeración del Dinamómetro.	48
Figura 41. Diagrama Sistema de Combustible.	49
Figura 42. Sistema de Escape típico.	51
Figura 43. Sistema de Escape con Cubierta de Lluvia.	54
Figura 44. Diagrama Sistema de Escape de Banco de Pruebas.	55
Figura 45. Suministro Eléctrico Zona de Enfriamiento.	56
Figura 46. Control Zona de Enfriamiento.	56
Figura 47. Disposición Final Sala de Pruebas.	57
Figura 48. Disposición Final Zona de Enfriamiento.	57
Figura 49. Montaje de los Brazos de Calibración, Masas y Platillo Porta pesas.	
Figura 50. Motor KTA-38 para Prueba.	66
Figura 51. Montaje de Dinamómetro en el Motor KTA-38	69
Figura 52. Pantallazo del Sistema de Adquisición de Datos.	70
Figura 53. Test Sheet.	72
Figura 54. Gráfica de Potencia vs.	73
Figura 55. Gráfica de Torque vs. RPM.	73
Figura 56. Gráfica de Temperatura de Refrigerante vs. RPM.	74
Figura 57. Gráfica de Temperatura de Aceite vs. RPM.	74
Figura 58. Gráfica de Temperatura del Dinamómetro vs. RPM.	75
Figura 59. Gráfica de Temperatura de Escape vs. RPM.	75
Figura 60. Gráfica de Temperatura Ambiente vs. RPM.	76

Figura 61. Gráfica de Presión de Aceite vs. RPM.	76
Figura 62. Gráfica de Presión de Combustible vs. RPM.	77
Figura 63. Gráfica de RPM vs. Consumo Específico de Combustible.	77
Figura 64. Visitante y operador durante prueba de Dinamómetro.	80

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Medidas de Seguridad.	85
Anexo B. Cálculos del Sistema de Enfriamiento del Motor Diesel.	92
Anexo C. Cálculos del sistema de Refrigeración del Dinamómetro.	97
Anexo D. Cálculos del Sistema de Escape del Banco de Pruebas.	107
Anexo E. Certificado de Calibración del Torque en el Dinamómetro.	113
Anexo F. Manual de Operación y Mantenimiento del Banco de Pruebas de Motores Diesel en Cummins API S.A.	121
Anexo G. Planos de Montaje de Elementos en el Banco de Pruebas.	197

## RESUMEN

**TÍTULO:**

**DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES DIESEL EN LA EMPRESA CUMMINS API S.A.**

**AUTOR:**

Oscar Ramiro Guerrero Amaya.

**PALABRAS CLAVES:**

Bancos de Pruebas, Motores Diesel, Dinamómetros.

**DESCRIPCIÓN:**

El objetivo de este proyecto es dotar a la empresa Cummins API S.A. de un banco de pruebas de motores diesel, para complementar los trabajos de servicio en el taller de la compañía; además este proyecto intenta establecer una clara cooperación de la academia en las necesidades de las industrias a través de la solución de problemas en base a conceptos teóricos llevados a la práctica en la localización de fallas de los equipos que han sido reparados y la adecuación de un banco de pruebas de motores diesel; así que este trabajo tiene también la finalidad de brindar confianza y seguridad acerca de sus equipos en cuanto a confiabilidad y rendimiento a los clientes que requieren este servicio.

Con este proyecto se intenta realizar una inversión de recursos con el fin de dar paso al desarrollo de una ingeniería y unos resultados prácticos, enfocándose principalmente en los motores diesel de tipo automotriz e industrial.

Los primeros capítulos realizan una exposición de los productos de la compañía, un diagnóstico valorativo de las instalaciones destinadas para el banco de pruebas, además de conceptos fundamentales acerca de pruebas con motores. Los capítulos siguientes se concentran en el diseño de los diferentes sistemas del motor diesel y del dinamómetro, para finalmente concluir el proyecto con el manual de operación de la prueba dinamométrica, que es el resultado de una serie de pruebas llevadas a cabo en la finalización del proyecto.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo Gonzalez.

## SUMMARY

**TITLE:**

**DESIGN, ASSEMBLY AND BEGINNING OF THE DIESEL ENGINE TESTIG ROOM IN THE CUMMINS API S.A. COMPANY.**

**AUTHOR:**

Oscar Ramiro Guerrero Amaya.

**KEY WORDS:**

Diesel engine, Testing room, Dynamometer.

**DESCRIPTION:**

The objective of this project is to equip to the company Cummins API S.A. of a testing room with diesel engines, to complement the works on watch in the factory of the company; in addition this project tries to establish a clear cooperation of the academy in the necessities of the industries through the solution of problems on the basis of taken theoretical concepts to the practice in the location of faults of the equipment that has been repaired and the adjustment of a engine testing; so this work also has the purpose of offering to confidence and security about its equipment as far as trustworthiness and yield to the clients who require this service.

With this project it is tried to make an investment of resources with the purpose of giving to passage to the development of an engineering and practical results, focusing mainly in the diesel engines of automotive and industrial type.

The first chapters make an exhibition of products of the company, a evaluative diagnosis of the facilities destined for the proving stand, in addition to fundamental concepts about tests with engines. The following chapters are concentrated in the design of the different systems of the diesel engine and the dynamometer, finally to conclude the project with the manual of operation of the test, that it is the result of a series of tests carried out in the conclusion of the project.

---

\* Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering, Ing. Isnardo Gonzalez.

## INTRODUCCIÓN

El incremento en el precio de la energía y el decrecimiento de las reservas de petróleo en la década anterior tiende a incrementar el interés del público en el motor diesel como una fuente eficiente de potencia para equipos que han usado motores de gasolina en el pasado.

**¿Dónde están siendo usados los diesel hoy?** Los motores diesel son utilizados en transporte, construcción, minería, agricultura, aplicaciones marinas, petróleo y otras industrias que requieren altos desempeños combinados con durabilidad y confiabilidad.

Los motores diesel son ahora usados en casi en todos los camiones intermunicipales y buses, excavadoras, tractores de granjas, y otra maquinaria móvil.

**¿Cuál es el futuro de la potencia diesel?** Altos precios y firme suministro de combustible puede expandir el uso de motores diesel por su gran eficiencia comparada con otras fuentes de potencia. En el futuro, los motores diesel podrían ser mas usados extensamente en medianos y altos camiones de carga, buses, automóviles, embarcaciones marinas, que en el pasado.

De ninguna manera podemos discutir que no aparecerán otras formas de potencia en el futuro (Energía solar, energía nuclear, turbinas de gas) que tengan flexibilidad, versatilidad, y eficiencia requerida para maquinaria móvil. En conclusión, los motores diesel continuarán siendo mejorados con nueva tecnología.

El proyecto de diseño y acondicionamiento de una sala de pruebas de motores en la empresa Cummins API se desarrolló en la modalidad de pasantía universitaria y buscaba finalmente de un espacio de investigación y prueba para los equipos que requieren de este test para verificar su rendimiento y confiabilidad.

Desde la formación de la compañía como tal siempre se manifestó la necesidad de esta sala ya que se diseñó desde el comienzo de la elaboración de los planos este espacio para el funcionamiento de un dinamómetro para prueba de los motores Cummins.

La metodología que se siguió fue en base a la investigación y conocimiento de salas de pruebas con las que se cuenta en otras compañías a nivel nacional e internacional sin perder el sello, la personalidad, los materiales y equipos propios utilizados como instrumentos para el desarrollo del proyecto.

## **1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO**

En el presente capítulo se presentará la historia de la compañía CUMMINS API S.A., así como algunos aspectos de su estructura organizativa. Posteriormente se presentarán los productos ofrecidos por la compañía.

### **1.1 HISTORIA DE LA COMPAÑÍA**

Cummins API es una compañía colombiana dedicada a la distribución de equipos motrices, sistemas de generación de potencia distribuida y manejo de fluidos.

Establecida en Bucaramanga desde 1974, actúa como distribuidor de prestantes fabricantes internacionales en diferentes áreas de Colombia. En 1983 se creó la División Petrolera con sede en Bogotá cuyas actividades principales están enfocadas en la atención y soporte a clientes de la industria Petrolera y Petroquímica.

Las siglas API de su nombre corresponden a los tres principales campos de acción de la compañía: Automotriz, Petrolero e Industrial.

La responsabilidad como distribuidor, representa un compromiso total para soportar con todo el apoyo requerido a los clientes, incluyendo pero no limitado a actividades como el desarrollo de ingeniería de aplicaciones, diseño y construcción de instalaciones, suministro de equipos, instalación y puesta en marcha, entrenamiento, servicios de mantenimiento y reparación, contratos de servicio y operación y suministro temporal (arriendo) de equipos y servicios.

Las operaciones de la compañía están concentradas en tres áreas de negocio principalmente, cada una bajo la responsabilidad de un grupo experto de personal altamente calificado y todos ellos apoyados con una estructura común de servicios logísticos y de ingeniería.

Dos de las áreas están centralizadas en la sede de Bucaramanga: Energía distribuida y motores. La tercera, especializada en equipos para la industria petrolera y petroquímica tiene su sede de operaciones en Bogotá.

**1.1.1 Energía Distribuida.** Este grupo es responsable del desarrollo de proyectos en donde se requiere el suministro de energía como fuente alterna a la red pública o como fuente única en donde ella no existe. Típicamente los sistemas están compuestos por Grupos Generadores (diesel o de gas natural), tableros de control, maniobra, sincronización o transferencia de carga a la red del cliente. También incorporan componentes como cabinas insonorizadas y/o de intemperie que permiten mejorar la operación de los equipos y su instalación en áreas residenciales o críticas de ruido.

Recientemente se ha incorporado a esta línea de operaciones, sistemas de suministro ininterrumpido (UPS) que complementan la oferta de productos para las diferentes aplicaciones y necesidades que se detectan.

**1.1.2 Motores.** Es una unidad de negocio responsable de la venta de motores con combustible diesel y gas natural para impulsar vehículos de transporte, maquinaria de fuera de carretera y equipos de bombeo.

Adicionalmente tiene dentro de sus funciones la coordinación del soporte a equipos motrices y estacionarios, incluyendo los servicios de reparación, mantenimiento y suministro de repuestos para los mismos.

Típicamente los accionamientos están compuestos de un motor y equipos complementarios de enganche y maniobra como embragues, transmisiones y acoples hidráulicos entre otros.

Esta actividad esta asociada a trabajos de repotenciamiento en equipos existentes y al soporte de equipos originales de aquellos fabricantes quienes instalen motores Cummins en sus unidades. Además del mercado vehicular y de maquinaria, el grupo desarrolla proyectos en accionamientos para bombeo y equipos petroleros con los productos de Cummins Inc. Y sus subsidiarias.

Los motores Cummins son la opción predominante en la industria del transporte de carga y representan la primera opción en la dieselización del parque de buses de servicio urbano del país; asimismo ofrece opciones de tecnología avanzada para motores de control electrónico y motores de gas natural comprimido.

Dentro de los desarrollos estratégicos para el crecimiento de este grupo, la compañía trabaja activamente en desarrollar prototipos para “gasificar” motores diesel utilizando tecnologías estequiométricas de ignición pilotada con gas natural. Las versiones estacionarias que se han convertido, han acumulado varios miles de horas con desempeño muy satisfactorio.

**1.1.3 Industria Petrolera.** Este grupo es responsable del desarrollo de proyectos en donde se requiere el suministro de grandes potencias hidráulicas como ocurre en las instalaciones de proyección y transporte de petróleo, la generación de energía y los servicios públicos.

Típicamente los sistemas están compuestos de motobombas con accionamiento eléctrico, diesel o de gas y equipos básicos de maniobra y

protección. El tipo de bomba varía con las características del fluido a manejar y las condiciones hidráulicas. La línea de productos incluye bombas centrífugas, reciprocantes y rotativas de desplazamiento positivo; el grupo desarrolla no solo la ingeniería de las aplicaciones sino también la de diseño y ensamble de los diferentes equipos que suministra.

El apoyo y servicio a estos equipos se hace por técnicos basados en las dos sedes, quienes dependiendo del tipo de producto y aplicación se desplazan con sus herramientas a los lugares de instalación en toda Colombia. La compañía también ha desarrollado una flota de suministro temporal de equipos que contribuye de modo substancial con los ingresos del grupo; igualmente participa en proyectos BOO/BOT y similares en donde no solo suministra sino que opera el equipo de acuerdo con las necesidades de los clientes.

Dentro de los desarrollos estratégicos para el crecimiento de este grupo, la compañía lleva varios años desarrollando sistemas de medición automática para tanques de almacenamiento basándose en el conocimiento de las tecnologías proporcionadas por las diferentes marcas que representa.

## **1.2 MISION DE LA COMPAÑÍA.**

“Hacer a nuestros clientes más productivos, fácilmente.”

## **1.3 VISION DE LA COMPAÑIA**

“Mantener una tendencia de crecimiento que nos permita duplicar los ingresos de la compañía cada cinco años, manteniéndonos una entidad rentable, fiel a nuestros valores y siempre a la vanguardia de las soluciones que necesitan nuestros clientes.”

## **1.4 POLÍTICA DE CALIDAD**

“La política de calidad de Cummins API consiste en proporcionar a nuestros clientes equipos, partes y servicio que permitan atender y satisfacer sus necesidades a tiempo y siguiendo condiciones legales, ambientales y técnicas definidas de manera que aseguremos la venta de productos de calidad y servicio de postventa para tener clientes satisfechos. Para lograr esto, los procesos y actividades de la empresa se rigen por la norma ISO 9001:2000.”

## **1.5 OBJETIVOS DE CALIDAD**

- Buscar la satisfacción permanente del cliente.
- Trabajar continuamente por mejorar, buscando menores tiempos de entrega, menores garantías por trabajos mal realizados, y cumpliendo con los requerimientos de los clientes.
- Contar con personal capacitado, con cualidades humanas, técnicas y profesionales que permitan buscar soluciones efectivas para nuestros clientes.
- Mantener equipos e infraestructura actualizada y adecuada para la prestación de los servicios que ofrece la empresa y que demandan los clientes.
- Reducir al mínimo el número de quejas y reclamos de nuestros clientes y trabajar en equipo para identificar áreas que requieran mejoras para evitar que estas quejas se repitan.

## **1.6 ALCANCE**

Suministro temporal o permanente de equipos y partes, soporte técnico y servicio de postventa para soluciones de producción y generación de energía, accionamientos motrices y manejo de fluidos.

## **1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

En el año de 1974 nace la idea de constituir la sociedad “Equipos Técnicos Ltda.-EQUITEC” que principalmente estaría dedicada a la comercialización de equipos para compañías petroleras y de motores vehiculares para equipos automotores.

Posteriormente en 1979, se decide cambiar el nombre a la sociedad por el de “Cummins Diesel de Colombia Ltda.”, adoptando el nombre de Cummins por ser los representantes oficiales para el territorio Colombiano de la multinacional estadounidense Cummins Engine Co.

En 1984 se rebautiza nuevamente la sociedad ahora con el nombre de Cummins API Ltda. A finales del año 2001 se cambia su naturaleza, de Limitada pasa a ser Sociedad Anónima. La estructura organizacional actual se muestra en la figura 15.

## **1.8 RECURSO HUMANO**

En la actualidad laboran en la Compañía cerca de 100 personas entre Ingenieros, Técnicos de Servicio, Personal de Ventas y Administración. En la sede de Bucaramanga (con una área de 10,000 metros cuadrados) está a la disposición de los clientes el almacén de repuestos, talleres de reparación y montaje, y salón de entrenamiento.

**1.8.1 Sedes.** Actualmente las operaciones de la compañía funcionan en dos sedes:

- Sede Principal: Kilómetro 7 vía a Girón. PBX.6468060-FAX. 6468065. Bucaramanga, Colombia.

Figura 1. Instalaciones de Cummins API S.A. Sede principal de Bucaramanga.



- División Petrolera: Calle 12C No 79ª-25. Parque industrial Alsacia, Bodega 30. PBX. 4129900-FAX. 4128764. Bogota, Colombia.

Figura 2. Instalaciones de Cummins API S.A. Sede Bogota.



## 1.9 PRODUCTOS

### 1.9.1 Energía Eléctrica

#### ▣ **Sistemas de Generación Diesel y Gas Natural.**

- Grupos Generadores
- Transferencias Automáticas
- Tableros de Sincronismo / Paralelismo digital
- Alternadores AC
- Controles
- Accesorios Asociados.

Figura 3. Proveedor de Sistemas de Generación diesel y Gas Natural



**Sistemas de Potencia Ininterrumpida.** Se tienen disponibles UPS (On Line)

Figura 4. Proveedor de Sistemas de Potencia Ininterrumpida



## 1.9.2 Potencia Motriz

### ▣ Motores Diesel y de Gas Natural

- Vehiculares
- Estacionarios
- Maquinaria Off-Highway
- Contra incendio.

Figura 5. Proveedor de Motores Diesel y de Gas Natural.



### ▣ Sistemas Auxiliares Para Motor

- Filtros para Motor
- Filtros Hidráulicos
- Silenciadores
- Ayudas para Arranque
- Sistemas de Mantenimiento Extendido

Figura 6. Proveedor de Sistemas Auxiliares para Motor



### 1.9.3 Manejo de Fluidos/Equipos de Bombeo

#### ▣ Bombas Centrifugas Especiales

- Horizontales Multietapa
- Bombas API 610
- Tubo Pitot

Figura 7. Proveedor de Bombas Centrifugas Especiales.



#### ▣ Bombas Centrifugas Verticales

- Sistemas Contra incendio NFPA 20
- Bombas para Irrigación y manejo de agua
- Aplicaciones Industriales
- Bombas API 610

Figura 8. Proveedor de Bombas Centrífugas Verticales.



▣ **Bombas Centrífugas Horizontales**

- Horizontales
- Horizontales carcaza partida
- Sumideros
- Bombas ANSI

Figura 9. Proveedor de Bombas Centrífugas Horizontales



▣ **Bombas Rotativas de Desplazamiento Positivo**

- Cavidad Progresiva
- Peristálticas
- Dos Tornillos
- Tres Tornillos
- Manejo de Aceite Térmico

Figura 10. Proveedor de Bombas Rotativas de Desplazamiento Positivo



#### ▣ Bombas Reciprocantes

- Pistones (Duplex-Triplex)
- Plungers (Triplex-Quintuplex)

Figura 11. Proveedor de Bombas Reciprocantes.



#### 1.9.4 Productos Especiales

##### ▣ Sistemas para Monitoreo y Control de Nivel en Tanques

- Fluidos
- Interfase

- Temperatura
- Sistemas de Telemetría

Figura 12. Proveedor de Sistemas para Monitoreo y Control de Nivel en Tanques.



▣ **Instrumentos y Protecciones para Motores y Compresores**

- Presión, Vacío, Temperatura, Vibración
- Tableros de Control
- Sistemas de Telemetría

Figura 13. Proveedor de Instrumentos y Protecciones para Motores y Compresores



▣ **Lubricantes**

- Lubricantes para Motores Diesel, Gas natural y Gasolina
- Grasas para uso Industrial

**Figura 14. Proveedor de Lubricantes.**



### **1.9.5 Servicio**

#### **▣ Servicio PRE y Postventa.**

- Servicio y Asistencia Técnica tanto en campo, como en sedes.

#### **▣ Repuestos.**

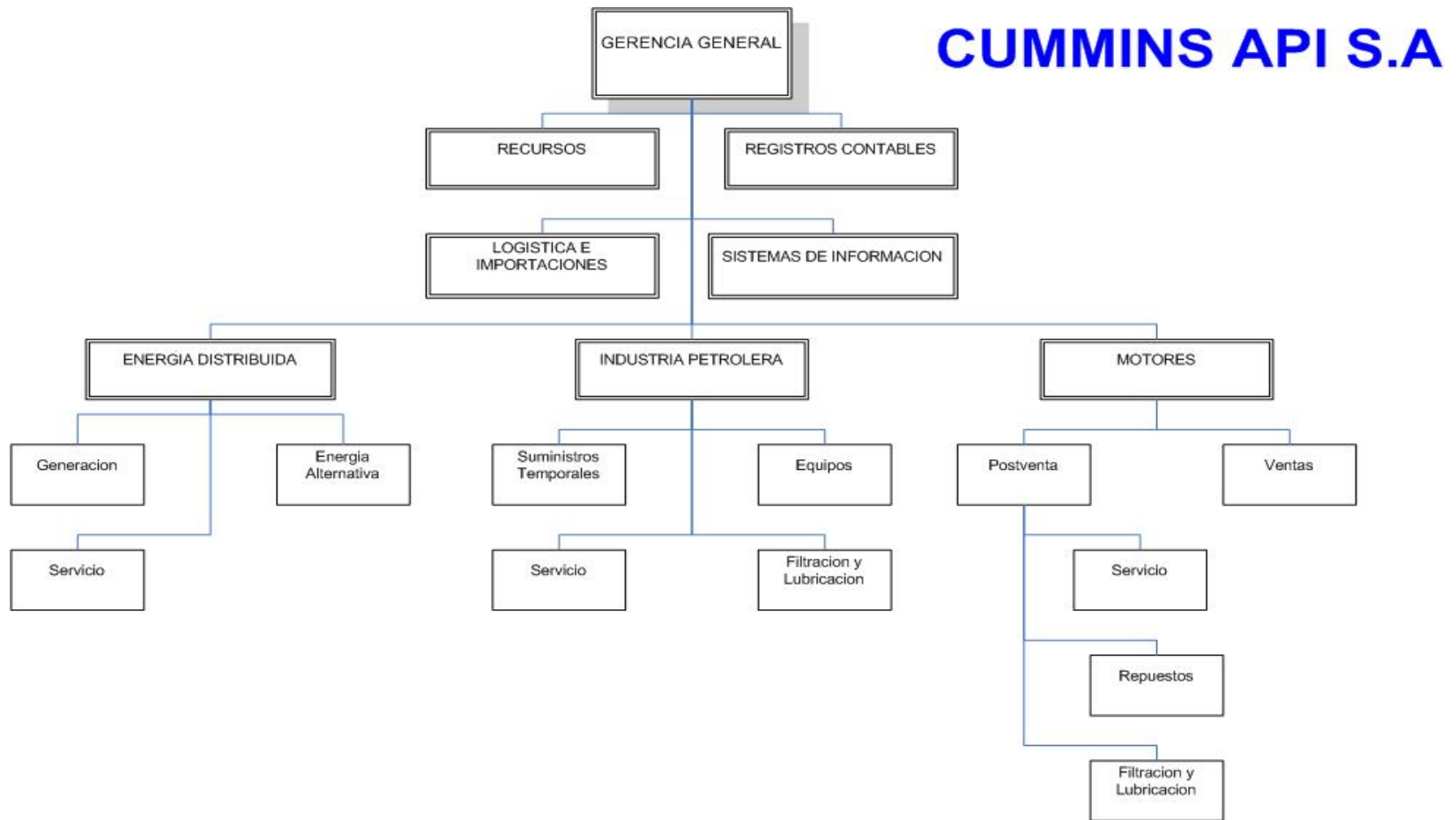
En la sede de Bucaramanga se cuenta con un completo stock de repuestos con más de tres mil (3000) referencias originales, garantizando el funcionamiento continuo de los equipos.

#### **▣ Suministros Temporales**

Arriendos de:

- Grupos Generadores
- Motobombas para Agua
- Motobombas para Crudo
- Torres de Iluminación.

Figura 15. Organigrama de Cummins API S.A.



## 1.10 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el desarrollo de sus servicios automotrices, que tiene dentro de sus funciones la coordinación del soporte a equipos motrices y estacionarios, incluyendo la reparación, mantenimiento y suministro de repuestos para motores diesel ( Ver Cuadro 1 y figuras 16, 17, 18, 19 y 20), en la empresa Cummins API S.A. se desea realizar el diseño, el montaje y la puesta en funcionamiento de un banco de pruebas de motores diesel para monitorear los parámetros más importantes del motor como lo son la potencia y el torque mediante la ayuda de un paquete que comprende la utilización de un dinamómetro y un software, por esta razón la empresa cuenta con una instalación física destinada para dicho propósito ( Ver figura 21). En el estado actual como se realizan los trabajos de reparación, la empresa no ofrece todas las garantías necesarias y esperadas por sus clientes y aunque a los motores se les realiza las respectivas pruebas de funcionamiento, estas no son suficientes porque no pueden ser comparables con los datos proporcionados en las curvas de desempeño ofrecidas por el fabricante.

**Cuadro 1. Características de Algunos de los Motores Cummins**

<b>Tipos de Motores</b>	<b>Potencia ( HP @ RPM)</b>	<b>Torque (lb.-ft @ RPM)</b>
SERIE B		
4B3.9	76 @2500	184@1200
4BT3.9	100@2500	260@1500
4BTA3.9	116@2500	300@1600
6B5.9	115@2500	270@1200
6BT5.9	152@2500	400@1600
6BTA5.9	177@2500	455@1500

<b>Tipos de Motores</b>	<b>Potencia ( HP @ RPM)</b>	<b>Torque (lb.-ft @ RPM)</b>
6BTA5.9	200@2200	568@1500
SERIE C		
6C8.3-C	150@2200	415@1200
6CT8.3	210@2200	567@1500
6CTA8.3	234@2200	640@1500

La nomenclatura de los motores CUMMINS se aclara mediante el siguiente ejemplo:

**4BTA3.9.**

**4:** Numero de cilindros.

**B:** Serie del motor.

**T:** Turbocargado.

**A:** Postenfriado.

**3.9:** Cilindrada en litros.

**Figura 16. Motor 4BT3.9.**



Figura 17. Motor 6BT 5.9.



Figura 18. Motor NT 855.



Figura 19. Motor KTA38.



Figura 20. Espacio Físico Destinado para Banco de Pruebas



## **1.11 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

En aras que la Universidad Industrial de Santander, y específicamente la Escuela de Ingeniería Mecánica, continúe con la política de ofrecer soluciones a la sociedad circundante y la industria en general, busca apoyar a la empresa CUMMINS API S.A. en el desarrollo de su proyecto del banco de pruebas de motores diesel que ofrezca la posibilidad a la industria y al gremio del transporte regional y nacional de satisfacer sus necesidades y mejorar el funcionamiento de sus máquinas.

Lo que se busca es realizar las pruebas de potencia y torque que beneficie tanto a la empresa como también a sus clientes ofreciendo una garantía del trabajo realizado al motor, buscando la satisfacción y la seguridad del óptimo rendimiento de los elementos en mención y en el caso de que en un futuro el motor falle por alguna razón, la empresa tenga el respaldo de sus pruebas certificadas y ahorre esfuerzos físicos y económicos en reparaciones no esperadas, lo cual implica el desplazamiento de su personal técnico hasta el sitio del problema.

La empresa actualmente cuenta con la tecnología necesaria para el desarrollo del trabajo porque dispone del espacio físico adecuado para llevar a cabo las pruebas, dispone también con un dinamómetro (Ver figura 21) para la medición de los parámetros, un software para la adquisición de los datos (Ver figura 22) obtenidos en la experiencia, elementos para realizar las mediciones que en este caso corresponde a los sensores como termocuplas y transductores de presión(Ver figura 23), radiadores dispuestos para el dinamómetro y los motores (Figura 24), carrito en el cual se transportan y anclan los motores (Figura 25), y son estos los elementos principales para el desarrollo de la tarea mencionada.

La empresa tiene toda la disposición de aportar todos los recursos necesarios para la realización del trabajo, recursos tales como el apoyo humano, técnico, logístico y económico proporcionado al estudiante para un mejor desempeño en su práctica.

Figura 21. Dinamómetro Hidráulico DT-2000.



Figura 22. Software para Adquisición de datos. GPS 2508.



Figura 23. Transductores



Figura 24. Radiadores



Figura 25. Carro Transportador de Motores



## **1.12 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

**1.12.1 Objetivo General.** Cumplir con la misión de la Universidad Industrial de Santander de hacer extensión hacia la comunidad, presentando el diseño, adecuación y puesta en marcha de un banco de pruebas de motores diesel reparados en la empresa Cummins API S.A.

### **1.12.2 Objetivos Específicos.**

■ Elaborar un proyecto de inversión y construcción de una sala de pruebas para motores diesel, cobijando las siguientes características:

- Banco de pruebas para motores diesel de potencia máxima 800 HP (597 KW), torque alcanzable de 2404 Lb.ft (3260 N.m) y velocidad máxima de 2100 revoluciones por minuto.
- Proponer el diseño y configuración de la sala de pruebas.
- Poner en marcha el banco de pruebas para motores diesel de manera que permita realizar la prueba de par de rotación y velocidad (RPM) con acelerador totalmente abierto necesaria para obtener los parámetros técnicos que influyen en el funcionamiento de los motores diesel como son la potencia y el torque efectivo.
- Adecuar la planta física de la sala de pruebas de la empresa CUMMINS API S.A., la instalación del hardware necesario para implementación del sistema medidor de las cantidades anteriormente mencionadas.
- Montaje e instalación del software Dynosoft GPS-2508 que proporcionará los resultados obtenidos de la prueba con el motor y el dinamómetro.
- Diseñar un manual de procedimientos de pruebas de motores diesel.

## 2. BANCOS DE PRUEBAS Y DINAMOMETROS PARA MOTORES DIESEL

### 2.1 FRENOS DINAMOMETRICOS.

Los frenos dinamométricos son los encargados de crear un par resistente el cual proporciona la "carga" al motor. Esta carga ha de ser variable para ensayar distintas condiciones operativas del motor.

Los más difundidos son:

- Frenos de fricción.
- Frenos hidráulicos.
- Frenos eléctricos.

Los frenos hidráulicos (Ver figura 26) son adecuados para mediciones de potencia de la mayor parte de los motores de combustión interna. Se componen de un rotor o eje de impulsión que gira accionado por el eje del motor y un estator o carcasa fija al sistema de medida de fuerza. El principio de funcionamiento es que básicamente consta de un impulsor con alabes montado en el eje que gira dentro de la carcasa cuando lo hace también con el cigüeñal del motor.

Figura 26. Dinamómetro Hidráulico de 1860 Kw. (2500 Hp) y 30000 RPM.



Si la carcasa tiene agua, el impulsor rotatorio agita dicho líquido a su alrededor y lo fuerza contra las paredes de la caja estacionaria. Las paredes de esta última también tienen álabes y las fuerzas del agua agitada que actúan contra dichas paredes hacen que la carcasa tienda a girar.

La cantidad de agua en la unidad de absorción de potencia determina el grado de carga del motor. Cuanto mayor sea la cantidad de agua que haya dentro de la carcasa, tanto mayor será la carga del motor.

## **2.2 TIPOS DE ENSAYOS**

Existen dos tipos de ensayos de los motores de combustión interna: ensayos de investigación y desarrollo y ensayos de producción.

Los primeros se efectúan en espacios especialmente equipados (celdas de ensayos), siendo su objetivo el desarrollo de un motor o de alguno de sus componentes, o bien el análisis de alguno de los procesos que tienen lugar en el mismo, por lo que en general se precisa una instrumentación sofisticada.

Las principales pruebas experimentales son aquellas que sirven para determinar los valores de:

- Par Motor.
- Potencia.
- Presión Media Efectiva.
- Consumo de Combustible.
- Rendimientos.

El trabajo a desarrollar en la empresa CUMMINS API S.A. es de este tipo de ensayo, aunque según la necesidad de la compañía lo más importante es la obtención de los resultados de las pruebas de Potencia y Torque.

También se efectúan otras pruebas con el objeto de investigar el desarrollo de los fenómenos físicos y químicos, determinando por ejemplo:

- Evolución de las presiones en el cilindro.
- Composición de los gases de escape.
- Pérdidas de calor.

Todos los motores de nuevo proyecto (prototipos) son sometidos a una larga serie de pruebas experimentales, hasta alcanzar las presiones previstas.

Los ensayos de producción son aquellos que se realizan a los motores ya fabricados en serie, y que sirven para controlar que sus características corresponden a las de los prototipos y al mismo tiempo efectuar un período de rodaje o asentamiento del motor. Por tanto la instrumentación necesaria es relativamente simple.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE BANCOS DE PRUEBAS**

Para ensayar un motor es necesario instalarlo en un banco de pruebas o de ensayos. Este consta básicamente de los siguientes elementos:

- Una cimentación que absorba las vibraciones que se producen debido a la existencia en el motor de fuerzas de inercia no equilibradas y de los correspondientes momentos resultantes.
- Bancada, cuya misión es soportar el motor.

- Soportes para montar y fijar el motor en la bancada, así como regular la altura y alinear el motor con el freno.
- Freno dinamométrico que absorba la potencia desarrollada por el motor, ofreciendo una resistencia al giro de éste, y que esté provisto de un dispositivo para medir el par motor.
- Transmisión que permita la conexión freno-motor con una cierta elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones.
- Sistema de alimentación de combustible al motor con instrumentos de medición de consumo.
- Sistema de refrigeración del motor. Si los motores son refrigerados por agua, normalmente se mantiene la bomba de agua del propio motor. Esta impulsa el agua a través del motor hacia un cambiador de calor (agua/agua o aire/aire), en general con regulación termostática por medio de válvulas motorizadas. En instalaciones más económicas se suele recurrir a un depósito de mezcla en donde se añade una pequeña cantidad de agua fría a la caliente, que proviene del motor.
- Red de agua. Los frenos dinamométricos transforman toda la energía mecánica que reciben del motor en calor. Este calor es eliminado por el sistema de refrigeración del freno que suele ser mediante un abastecimiento continuo de agua. En los frenos hidráulicos se ha de mantener la presión del agua dentro de unos límites, ya que por ser el agua el elemento frenante, cualquier variación de presión provocaría una variación en el par resistente y por tanto una variación en la medida.
- Sistema de evacuación de los gases de escape. Los gases de escape son enviados tras pasar por un silenciador a la atmósfera.
- Sistema de ventilación de la sala. Debe evitar el sobrecalentamiento del local por la radiación de calor del motor. Se efectúa mediante ventiladores axiales o centrífugos de impulsión y extracción.
- Cuando el banco se instala en una habitación o cámara cerrada y aislada se habla de una celda o cabina de ensayo de motores. En este caso existe

un pupitre de instrumentos en el exterior de la celda con los órganos de puesta en marcha y de gobierno del motor y freno, así como los instrumentos de control y registro.

## **2.4 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DIESEL.**

**2.4.1 El Motor Diesel.** Rudolf Diesel desarrolló la idea del motor diesel y obtuvo la patente alemana en 1892. Su logro era crear un motor con alta eficiencia. Los motores a gasolina fueron inventados en 1876 y, específicamente en esa época, no eran muy eficientes.

Las diferencias principales entre el motor a gasolina y el Diesel son:

- Un motor a gasolina aspira una mezcla de gas y aire, los comprime y enciende la mezcla con una chispa. Un motor diesel sólo aspira aire, lo comprime y entonces le inyecta combustible al aire comprimido. El calor del aire comprimido enciende el combustible espontáneamente.
- Un motor diesel utiliza mucha más compresión que un motor a gasolina. Un motor a gasolina comprime a un porcentaje de 8:1 a 12:1, mientras un motor diesel comprime a un porcentaje de 14:1 hasta 25:1. La alta compresión se traduce en mejor eficiencia.
- Los motores diesel utilizan inyección de combustible directa, en la cual el combustible diesel es inyectado directamente al cilindro. Los motores a gasolina generalmente utilizan carburación en la que el aire y el combustible son mezclados un tiempo antes de que entre al cilindro, o inyección de combustible de puerto en la que el combustible es inyectado a la válvula de aspiración (fuera del cilindro).

El motor diesel no tiene bujía, toma el aire y lo comprime, después inyecta el combustible directamente en la cámara de combustión (inyección directa). Es el calor del aire comprimido lo que enciende el combustible en un motor diesel.

El inyector en un motor diesel es el componente más complejo y ha sido objeto de gran experimentación en cualquier motor particular puede ser colocado en variedad de lugares. El inyector debe ser capaz de resistir la temperatura y la presión dentro del cilindro y colocar el combustible en un fino spray. Mantener el rocío circulando en el cilindro mucho tiempo, es también un problema, así que muchos motores diesel de alta eficiencia utilizan válvulas de inducción especiales, cámaras de precombustión u otros dispositivos para mezclar el aire en la cámara de combustión y para que por otra parte mejore el proceso de encendido y combustión.

Una gran diferencia entre un motor diesel y un motor a gasolina está en el proceso de inyección. La mayoría de los motores de barcos utilizan inyección de puerto o un carburador en lugar de inyección directa. En el motor de un barco, por consiguiente, todo el combustible es guardado en el cilindro durante el choque de aspiración, y se quema todo instantáneamente cuando la bujía dispara. Un motor diesel siempre inyecta su combustible directamente al cilindro, y es inyectado mediante una parte del choque de poder. Esta técnica mejora la eficiencia del motor diesel.

Si por un instante se compara el combustible diesel y la gasolina, se notará que son diferentes. Huelen diferente. El combustible diesel es más pesado y aceitoso. El combustible diesel se evapora mucho más lento que la gasolina, su punto de ebullición es más alto que el del agua. Usted oirá a menudo que al combustible diesel lo llaman gasoil por lo aceitoso. El combustible diesel se evapora más lento porque es más pesado. Contiene más átomos de

carbón en cadenas más largas que la gasolina (la gasolina típica es  $C_9H_{20}$  mientras el diesel es típicamente  $C_{14}H_{30}$ ). Toma menos tiempo refinar para crear el combustible diesel, ya que es generalmente más barato que la gasolina.

El combustible diesel tiene una densidad de energía más alta que la gasolina. En promedio, un galón de combustible diesel contiene aproximadamente 15582 Joules, mientras que un galón de gasolina contiene 13250 Joules. Esto, combinado con la eficiencia mejorada de los motores diesel, explica porqué los motores diesel poseen mejor kilometraje que el equivalente en gasolina.

**2.4.2 Curvas Características del Motor.** Las curvas características del motor permiten conocer el comportamiento de este, bajo diferentes condiciones de operación. La energía desarrollada por un motor de combustión interna produce sobre los pistones una fuerza que se transmite a las bielas y al cigüeñal.

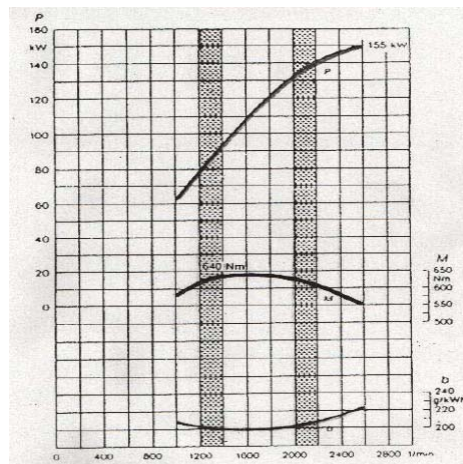
El movimiento alternativo de los pistones, se transforma así en un movimiento de rotación, el cual se transmite a la caja de velocidades, al diferencial y a las llantas, provocando el par torsional.

En las fichas técnicas generalmente se presenta el valor máximo del torque y las rpm correspondientes. La potencia del motor (POT) se puede obtener al multiplicar el par torsional y las revoluciones por minuto a las que gira el motor (N), por un factor K, que depende de las unidades utilizadas.

**POT:  $K * \text{Par} * N$ .**

**Ecuación 1**

Figura 27. Curvas Características de los Motores.



La potencia generalmente se mide en Caballos (HP) o en kilowatts (Kw.) y al igual que el par torsional presenta un máximo en la curva correspondiente. (Ver figura 27).

Otro dato importante de la ficha técnica es el consumo específico de combustible, que indica la cantidad de combustible consumido en un vehículo por hora y las revoluciones por minuto correspondientes. Esta curva tiene un valor mínimo a ciertas rpm. Como se muestra en la figura 27, para un motor de 155 Kw. (207 Hp) se tiene el par máximo a 1700 rpm., la potencia máxima a 2600 rpm. Y el consumo específico de combustible mínimo entre 1400 rpm y 2000 rpm.

## 2.5 DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL BANCO DE PRUEBAS EN CUMMINS API S.A.

**2.5.1 Conformación General.** El Banco de pruebas de motores diesel se encuentra dentro del área del taller de la compañía. Comprende de un cuarto de un solo piso, con un área aproximada de 26.97 metros cuadrados, con

una doble pared que contiene ladrillo y aserrín en su interior, su piso es en cemento. (Ver figura 28).

En la figura 28 se aprecia la vista superior del banco de pruebas, con sus dimensiones principales; consta de una ventana lateral y dos puertas para el acceso, una de forma lateral y la otra por la parte posterior que sería la puerta principal para la entrada de los motores. Adjunto a este cuarto se encuentra una zona de radiadores destinada para la refrigeración del motor diesel y el dinamómetro. (Ver figuras 29 y 30).

Figura 28. Plano del Estado Inicial del Banco de pruebas.

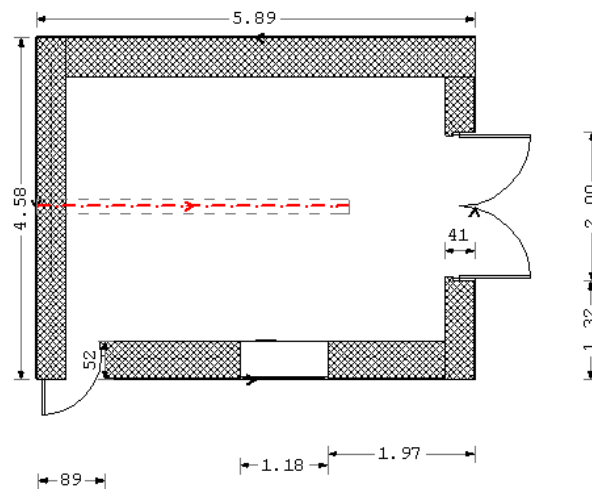


Figura 29. Zona de Radiadores.



Figura 30. Radiador destinado para Refrigeración.



**2.5.2 Estado Inicial del Dinamómetro.** En la figura 31 podemos ver el estado en el que se encontró el dinamómetro. Se encontraba almacenado en una caja con algunos accesorios de montaje.

Figura 31. Estado Inicial del Dinamómetro



También se encontraron los sensores necesarios para realizar las mediciones de temperatura y presión en las pruebas, junto con el sistema de adquisición de datos pero con una inadecuada ubicación e instalación.

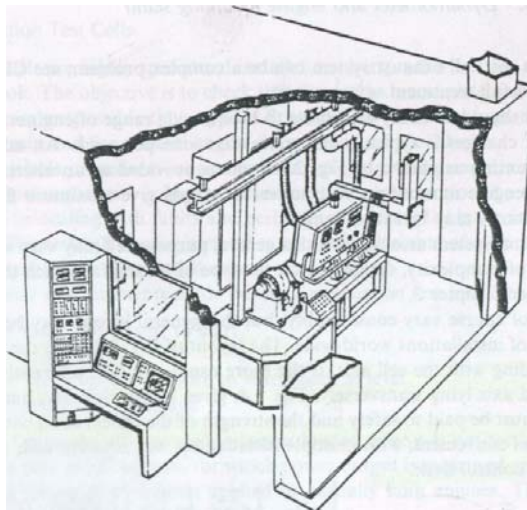
## 2.6 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

De acuerdo a las consultas realizadas en las diversas fuentes para los bancos de pruebas de motores diesel se dan dos posibles soluciones. (Libro Engine Testing de Michael Plint y Anthony Martyr).

Las dos propuestas para el diseño del banco de pruebas de motores diesel que más se acomodan a la necesidad son las siguientes:

**2.6.1 Propuesta Banco de Pruebas Numero Uno.** Consta principalmente de dos espacios: un espacio para realizar las pruebas y otro espacio de control de los parámetros: dentro del cuarto de pruebas podemos encontrar los elementos principales que son el motor y el dinamómetro, los motores normalmente pueden entrar por una gran puerta en la parte trasera del cuarto. El operario puede entrar por una puerta en la parte frontal o a un lado del tablero de control. (Ver figura 32).

Figura 32. Propuesta de Diseño de Banco de Pruebas Número Uno.



Fuente: Libro Engine testing. Michael Plint y Anthony Martyr

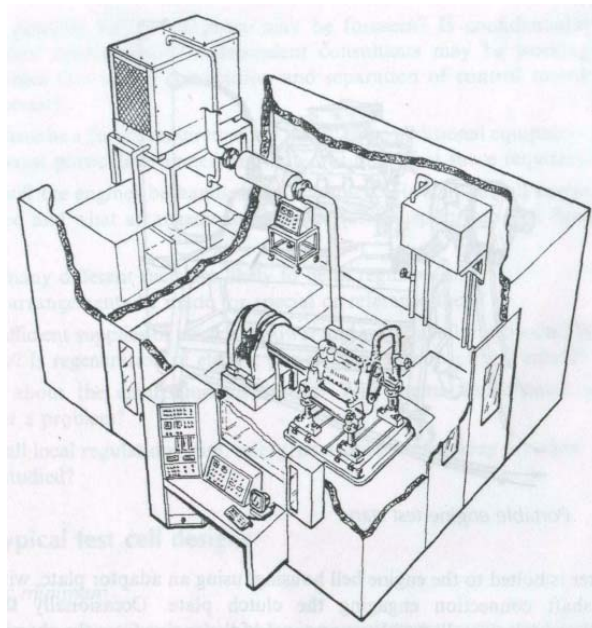
Las ventajas que ofrece son las siguientes:

- El montaje de la figura 32 con el eje de la bancada de pruebas coincidiendo con el eje del cuarto de control es la disposición mas usada.
- Mayor seguridad para el operario.

Mientras que la desventaja es la poca visibilidad para el operario durante la prueba.

**2.6.2 Propuesta Banco de Prueba Numero Dos.** Consta también de dos espacios y la disposición de los elementos internamente es la misma que la propuesta numero uno, la única diferencia es que la visibilidad es de forma transversal con respecto a la bancada de prueba donde esta alojado el motor y el dinamómetro. (Ver figura 33).

Figura 33. Propuesta de Diseño de Banco de Pruebas Numero Dos.



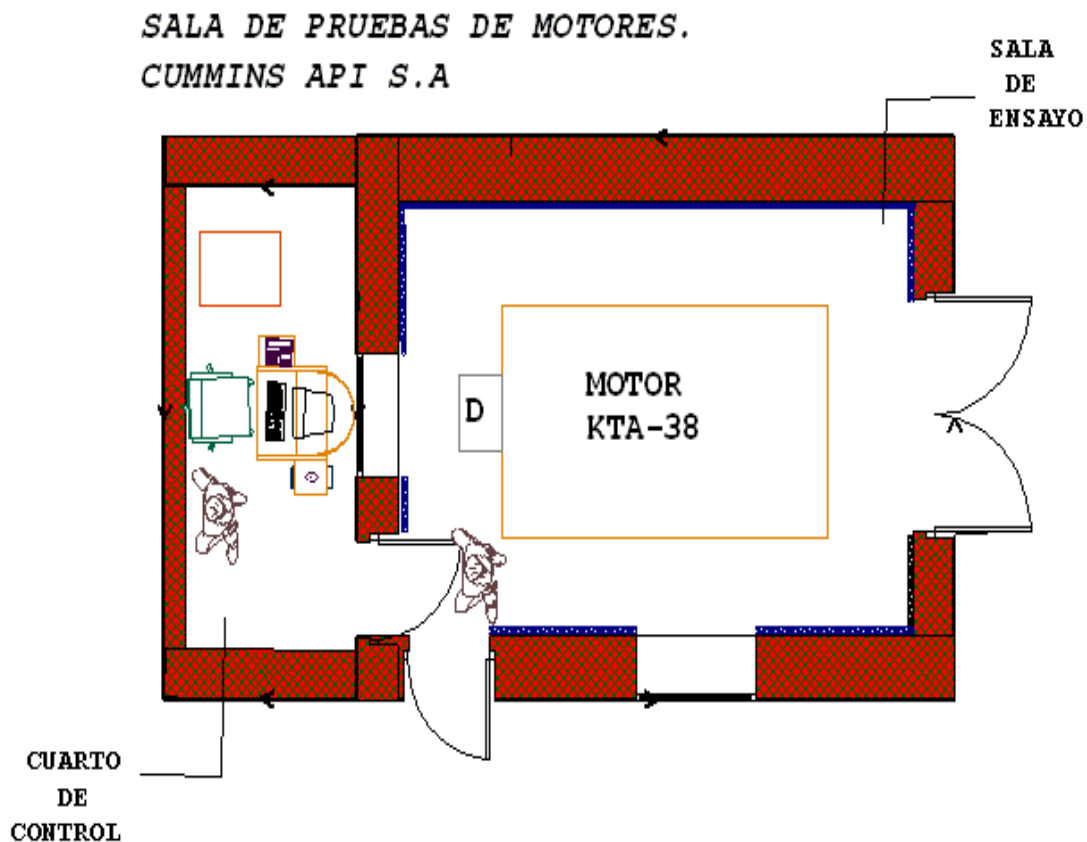
Fuente: Libro Engine testing. Michael Plint y Anthony Martyr

La ventaja que ofrece esta propuesta de diseño es que permite una mayor visibilidad del operario; mientras que la desventaja es que se presenta un mayor riesgo para el operario en la ventana de observación.

## 2.7 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA SELECCIONADA

Se analizó cada una de la propuestas y la solución mas apropiada para el banco de pruebas es la propuesta numero uno mostrada en la figura 33 por su seguridad y su amplio uso industrial. Se ha realizado una propuesta más formal y se puede ver en la figura 34 una distribución de planta teniendo en cuenta el espacio disponible y el motor más grande a probar.

Figura 34. Propuesta Seleccionada para Banco de Pruebas.



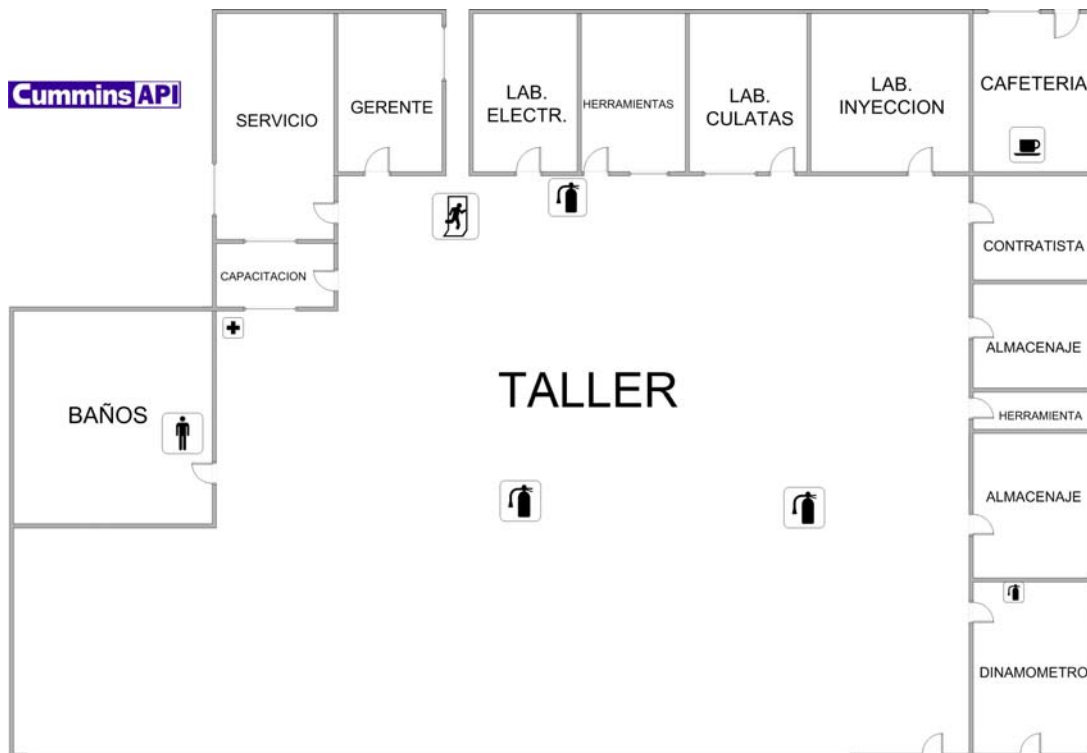
En el banco de pruebas las ventanas deben ser de doble capa de vidrio tenaz en frente del tablero de control. En bancos de pruebas mayores a 150 Kw. es usual que estén provistos de una grúa. Las puertas deben ser corredizas o de apertura hacia fuera. En el banco de pruebas deben existir ubicaciones para las señales de salida y advertencia de peligros, cables multinúcleos comunican con la unidad de adquisición de datos y el escape del motor puede estar direccionado hacia arriba o alternativamente hacia abajo, las paredes deben ser suficientemente fuertes para resistir cargas, el dinamómetro debe ser calibrado, también podría tener un sistema inteligente de alarma y los bancos de prueba modernos deben tener un aislamiento sonoro.

### 3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES EN CUMMINS API S.A.

#### 3.1 LOCALIZACION DEL BANCO DE PRUEBAS

El área destinada para el servicio del Dinamómetro se encuentra en la parte posterior del taller de Servicio de Cummins API S.A. con el objetivo de que se encuentre lo más lejos posible del área administrativa por ser este tipo de prueba muy ruidosa. El área del Dinamómetro se puede observar en la figura 35.

Figura 35. Ubicación del Banco de Pruebas.



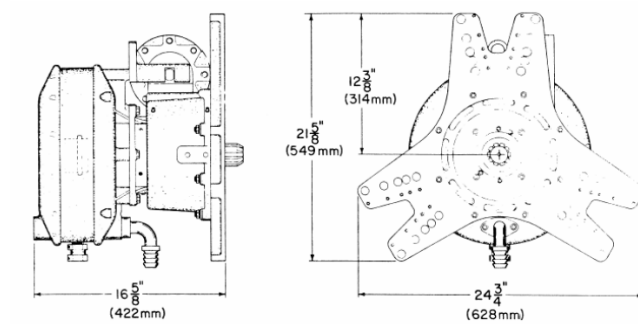
### **3.2 SELECCIÓN DEL DINAMOMETRO**

La función que cumple un dinamómetro es la de ser un medio para poder medir la cantidad de trabajo, potencia y torque, las cuales hacen parte de las características principales realizadas por las máquinas generadoras de potencia.

El Dinamómetro de Motor modelo DT-2000 es un freno hidráulico y opera con agua como medio frenante. Este sistema convierte el torque de rotación del motor en un torque estacionario que puede ser exactamente medido y calculado en términos de potencia. A medida que se incrementa la carga de agua al Dinamómetro, también es incrementada la carga al motor. La resistencia desarrollada por el dinamómetro incrementa con la velocidad del motor. La resistencia es medida como torque y es calculada en términos de potencia. En otras palabras, la resistencia es creada por el volumen de agua que entra al Dinamómetro actuando sobre los alabes del rotor. El volumen de agua que entra al dinamómetro es determinado por la rata de flujo que pasa por la unidad frenante. Esta rata de flujo es controlada a la entrada del Dinamómetro por una válvula reguladora de flujo. Al mismo tiempo, la potencia desarrollada por el motor es absorbida por el dinamómetro, convirtiéndola en calor y disipándola en el flujo de agua a la salida del Dyno. (Ver Figuras 36 y 37).

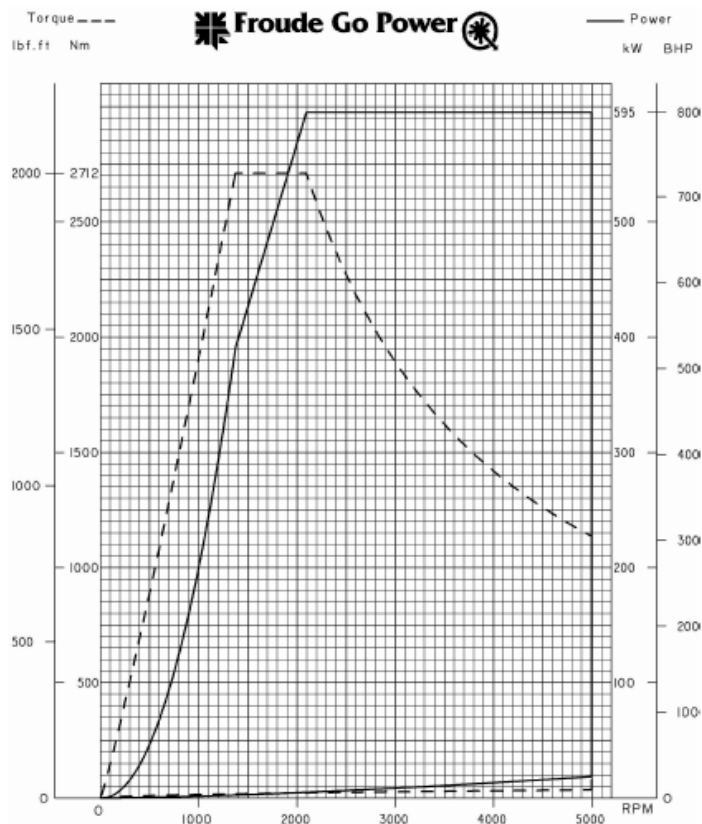
Existen unos rangos de temperatura que debemos controlar a la entrada y a la salida del Dinamómetro para garantizar una óptima operación. La temperatura a la entrada del Dinamómetro debe estar entre 60 y 120 grados Fahrenheit. Sin embargo, a la salida también se debe controlar que la temperatura no exceda los 180 grados Fahrenheit.

Figura 36. Dimensiones del Dinamómetro DT-2000



Fuente: Tomado de catálogo Dinamómetro DT-2000 Froude Go Power

Figura 37. Curvas de Rendimiento del Dinamómetro DT-2000.



Fuente: Tomado de catálogo Dinamómetro DT-2000 Froude Go power

### 3.3 DISEÑO DE LOS SISTEMAS BASICOS DEL BANCO DE PRUEBAS

#### 3.3.1 Diseño del Sistema de Refrigeración del Motor Diesel.

##### ▣ Recomendaciones básicas

- El sistema de Enfriamiento debe ser proyectado de manera que la temperatura máxima del agua en la salida del motor no sobrepase el valor fijado en la hoja de datos técnicos del motor.
- La presión en el lado de succión de la bomba de agua debe ser mayor que la atmosférica, verificada con el motor en rotación máxima sin carga, sin tapa de presión en el radiador, y a una temperatura del agua entre 88 y 90 grados Celsius.
- La restricción impuesta al flujo de agua por el radiador y otros eventuales componentes, no puede exceder el especificado en la hoja de datos técnicos del motor.
- El sistema de enfriamiento debe recibir tratamiento químico para inhibir la corrosión de los pasajes internos del agua.
- Debe ser evitada al máximo la recirculación de aire por la colmena del radiador.

▣ **Enfriamiento del Motor.** Los motores enfriados por líquido son enfriados al bombear una mezcla de refrigerante a través de pasajes en el bloque del motor y las cabezas por medio de una bomba impulsada por el motor. La configuración más común tiene un radiador y un ventilador impulsado por el motor para enfriar el refrigerante. Los métodos alternativos para enfriar el refrigerante incluyen intercambiadores de calor líquido-líquido montados en el patín, radiador remoto, un intercambiador de calor líquido-líquido remoto y configuraciones de torre de enfriamiento. Los sistemas de enfriamiento para los generadores por ejemplo, impulsados por motores reciprocantes tienen

las siguientes características comunes, independientemente del intercambiador de calor usado para remover el calor del motor. Estas incluyen:

- La porción del motor del sistema de enfriamiento es un sistema cerrado, presurizado (10–14 psi/69.0 –96.6 Kpa) que se llena con una mezcla de agua suave (desmineralizada) limpia, glicol etileno o propileno y otros aditivos. Los motores no deben ser enfriados directamente por agua sin tratar, puesto que esto causará corrosión en el motor y enfriado potencialmente incorrecto. El lado “frío” del sistema de enfriamiento se puede servir de un radiador, intercambiador de calor o torre de enfriamiento.
- El sistema de enfriamiento del motor debe ser del tamaño apropiado para el ambiente y los componentes seleccionados. Típicamente, la temperatura del tanque del sistema (temperatura a la entrada del motor) no excederá 200°F (93°C) para instalaciones de potencia.
- Se usa un termostato en el motor para permitir que el motor se caliente y para regular la temperatura del motor en el lado “caliente” del sistema de enfriamiento.

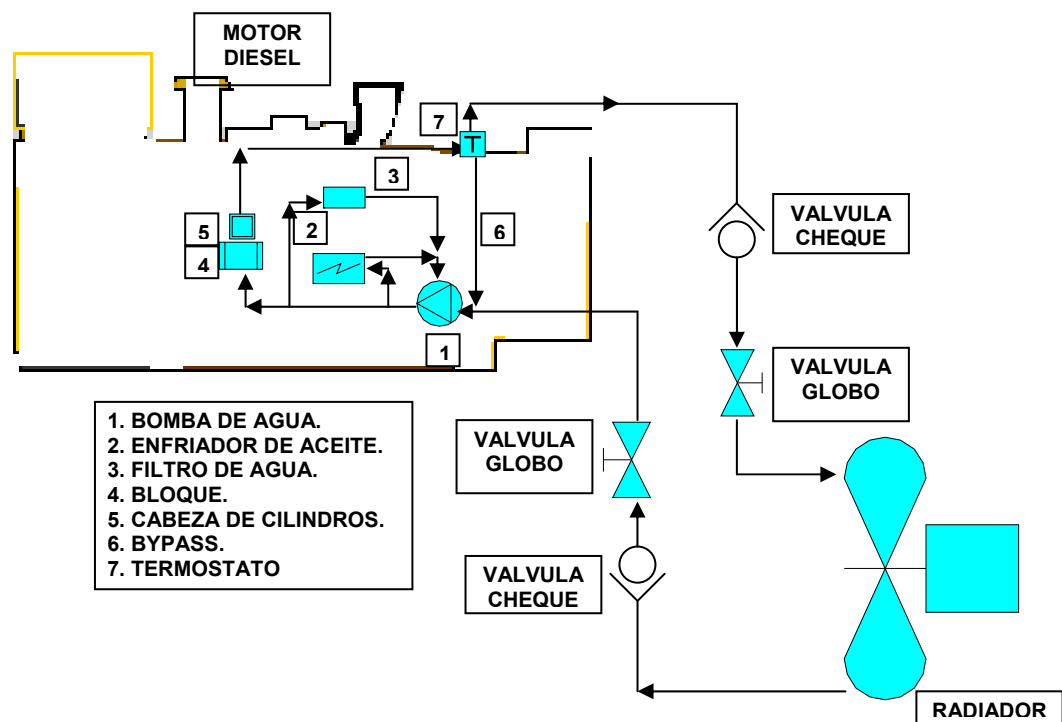
Para nuestro caso, por las dimensiones del cuarto destinado para realizar las pruebas y la disposición ya encontrada en el momento del inicio de la práctica, se decide realizar el diseño y montaje del sistema de enfriamiento en la parte posterior del cuarto de pruebas. Ya se cuenta con dos radiadores montados en un lugar específico y se procede a realizar los respectivos cálculos tomando como guía el diseño con radiador remoto.

■ **Radiador Remoto.** Los sistemas de radiador remoto se usan a menudo cuando no se puede proveer de suficiente aire de ventilación para el sistema

de enfriamiento montado en el patín. Los radiadores remotos no eliminan la necesidad de ventilación para el cuarto, pero si la reducen. Si se requiere un sistema de enfriamiento de radiador remoto, el primer paso es determinar el cálculo de de la estática y fricción que se aplicará al motor basado en su ubicación física. (Ver Anexo B). Basado en los cálculos se diseñó un sistema de enfriamiento como el mostrado en la figura 38.

Nota: Este sistema con radiador remoto y con estos tamaños de tubería son suficientes únicamente hasta motores con potencia inferior a 700 caballos.

Figura 38. Diagrama Sistema de Enfriamiento Motor Diesel.



**3.3.2 Diseño del Sistema de Refrigeración del Dinamómetro.** El suministro de agua para el dinamómetro debe ser aproximadamente de 85

gpm a 45 psi para 800 Hp (45 gpm a 45 psi para el dinamómetro y 41 gpm para la torre de enfriamiento en caso de tener este sistema de refrigeración). Si la tubería de suministro de agua se encuentra a una distancia significativa, esto debe ser considerado en la selección del tamaño de la tubería. Un largo trayecto de tubería pequeña podría ocasionar una restricción para el flujo de agua requerido. La mayoría de los motores diesel requieren 3.06 galones por minuto de agua por hora de potencia. Los motores de gasolina requieren 4.2 galones por minuto de agua por hora de potencia. La figura 39 muestra algunas típicas ratas de flujo de agua en el dinamómetro para varias velocidades y cargas.

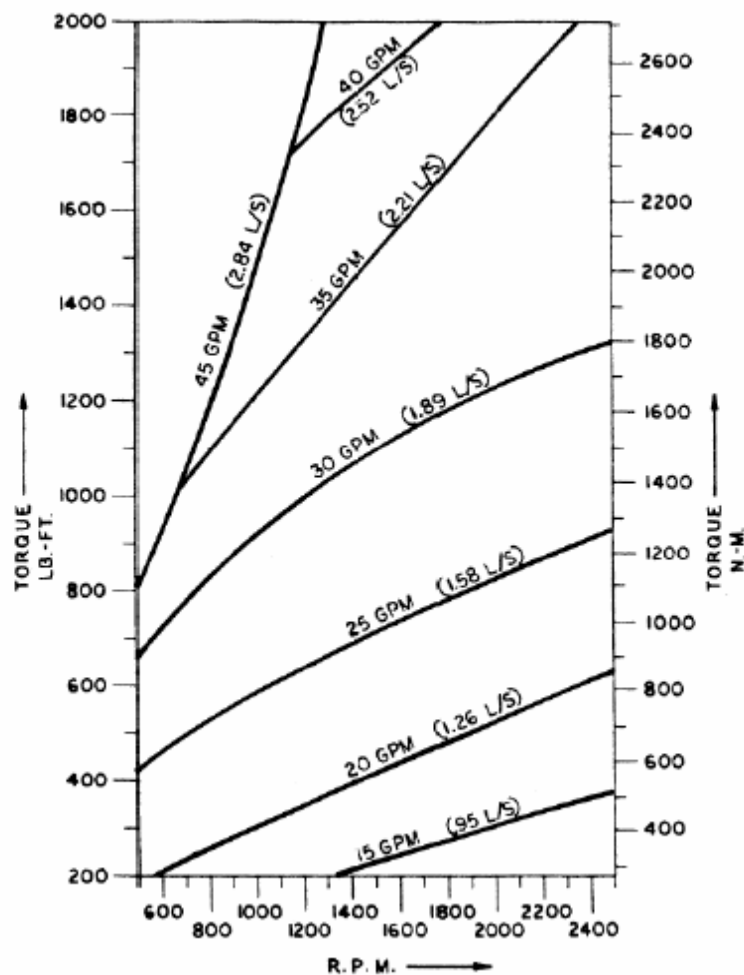
Ambos, el dinamómetro y la torre de enfriamiento deben drenar a la presión atmosférica debajo de la unidad, es decir, debajo del dinamómetro. El agua usada por el dinamómetro y la torre de enfriamiento puede ser recirculada.

La temperatura del agua en la entrada del dinamómetro no debe exceder de 80 grados Fahrenheit. Con base en la recomendación del fabricante del dinamómetro con respecto al drenaje del equipo, se procede a realizar el diseño del sistema de enfriamiento. En base a los cálculos (Ver Anexo C), se construye un sumidero de aproximadamente dos mil galones de capacidad para la necesidad mencionada anteriormente. Adicionalmente a esto se diseña un circuito semiabierto que consiste en la división en dos partes del sumidero o tanque construido con el fin de realizar la separación del agua caliente procedente del dinamómetro y del agua fría que ya ha pasado por el radiador dispuesto para esta tarea de enfriamiento.

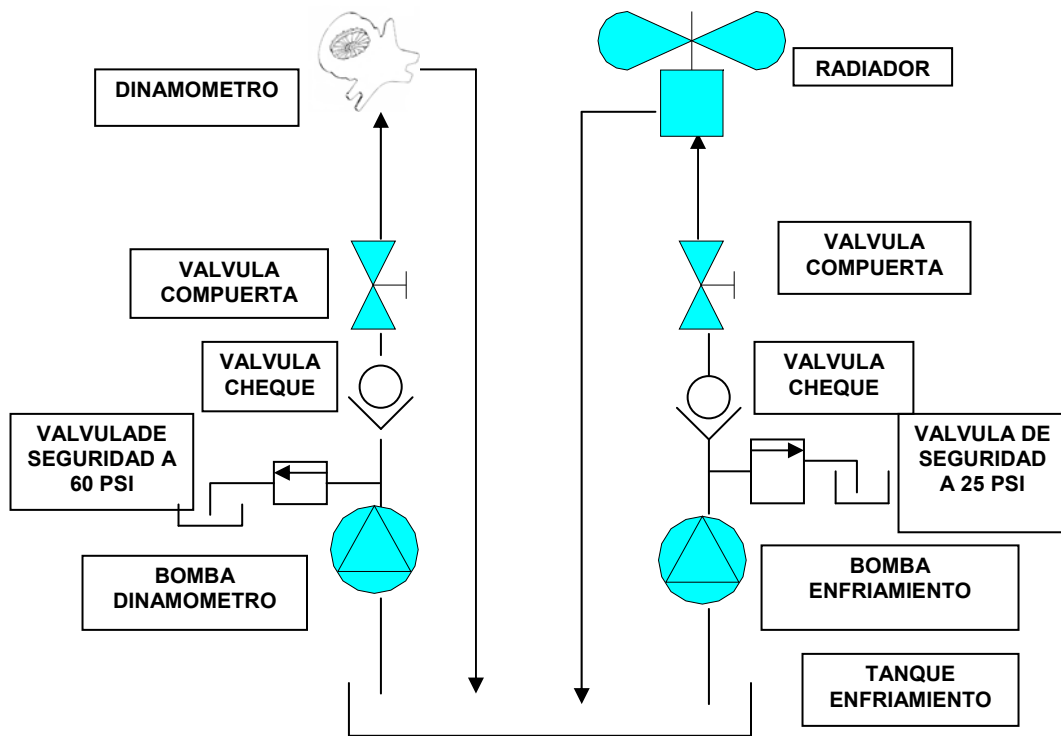
El circuito consiste en que el agua caliente proveniente del dinamómetro durante la prueba drena en una de las dos divisiones del tanque, luego, esta agua caliente se toma por medio de una bomba centrífuga y se lleva hasta un radiador dispuesto para enfriarla, después esta agua ya fría se envía a la otra

división del sumidero. De esta otra parte del tanque con el agua ya enfriada, con otra bomba centrífuga se toma esta agua y se envía nuevamente hacia el dinamómetro para continuar con la prueba dispuesta. En la figura 40 se puede observar claramente el circuito planteado. En el anexo C se puede encontrar el diseño y la selección de las bombas para este sistema de enfriamiento.

Figura 39. Curvas de Flujos de Agua en el Dinamómetro.



Fuente: Tomado de catálogo Dinamómetro DT-2000 Froude Go power  
 Figura 40. Diagrama Sistema de Refrigeración del Dinamómetro.

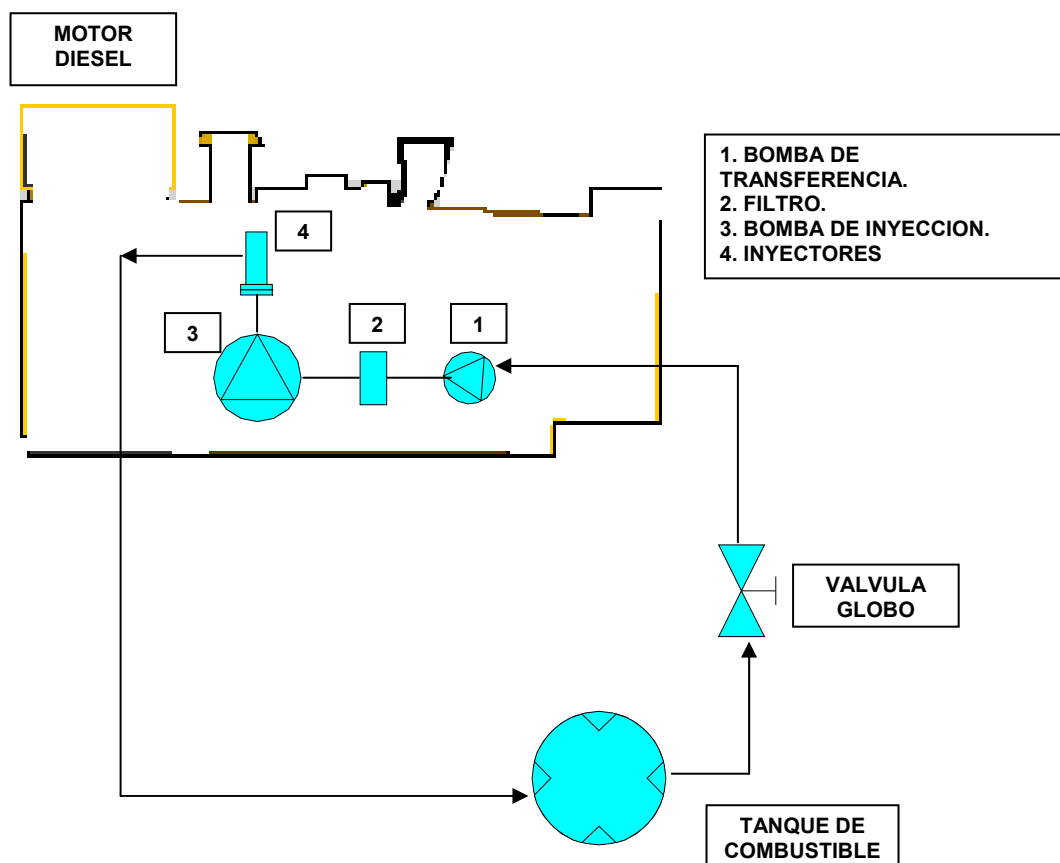


**3.3.3 Diseño del Sistema de Combustible.** El trabajo del sistema de combustible es entregar una cantidad suficiente de combustible al motor bajo todas las condiciones de carga y en todos los ambientes. El sistema de combustible incluye almacenamiento, líneas, filtros, bombas y, en los sistemas diesel, inyectores de combustible. Para todos los motores, el combustible es una materia prima que se utiliza para la producción de energía. Además, en los motores diesel, el combustible lubrica la bomba de combustible y los inyectores.

La ubicación del tanque de combustible en los bancos de pruebas de motores influye sobre varios aspectos del diseño de sistema de combustible. El método más sencillo es colocar el tanque de combustible al mismo nivel que el motor y así se ha dispuesto para este diseño. Con frecuencia, es necesario ubicar el tanque de combustible por encima o por debajo del nivel del motor.

Para el banco de pruebas se tiene el suministro de combustible diesel, este tipo de suministro se realiza mediante la utilización de un tanque de capacidad de 55 galones ubicado en la parte posterior de la sala. El tanque cuenta con un respiradero en la parte superior y sus respectivas válvulas de drenaje y de paso de combustible ubicadas en la parte inferior del mismo. (Ver figura 41).

Figura 41. Diagrama Sistema de Combustible.



**3.3.4 Diseño del Sistema de Escape.** El trabajo del sistema de escape es transferir los productos de la combustión desde el motor hasta la atmósfera. Como el banco de pruebas es un espacio cerrado, se requiere una tubería que lleve al exterior los gases. Si se restringe demasiado el flujo de los gases de escape se produce un exceso de contrapresión. Trabajar contra un

exceso de contrapresión disminuye la salida de potencia útil del motor, reduce la economía en el gasto de combustible y aumenta la temperatura del escape.

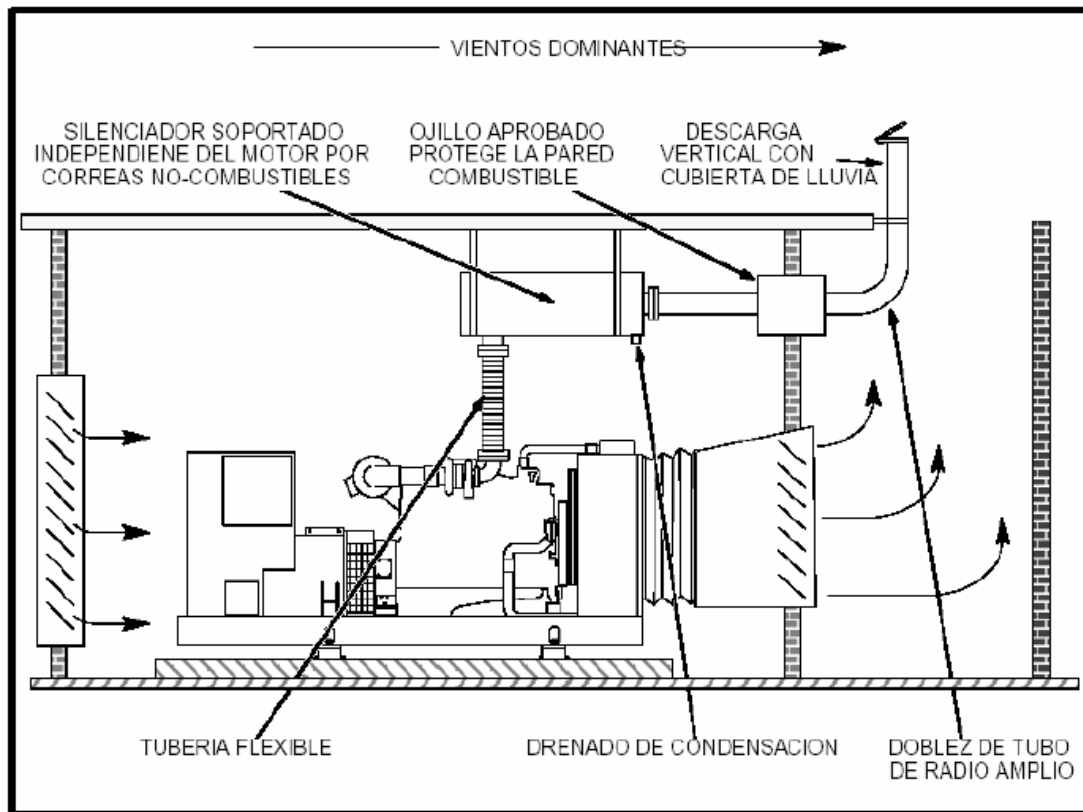
Debido a que la temperatura de los gases de escape normalmente es alrededor de los 800 grados Fahrenheit, es importante mantener los tubos de escape lejos de materiales inflamables. Con frecuencia se utilizan los silenciadores, que a menudo se denominan mofle y su trabajo consiste en controlar el ruido. Los silenciadores ofrecen tres tipos de control:

- Industrial. Aproximadamente 20 decibelios de supresión de ruido.
- Residencial. Alrededor de 28 decibelios de supresión de ruido.
- Crítico. Aproximadamente 32 decibelios de supresión de ruido.

Para el banco de pruebas se cuenta con un silenciador de tipo industrial de seis pulgadas de diámetro. Algunos silenciadores utilizan agua circulante que recoge el calor de los gases de escape. Estos se denominan silenciadores con recuperación de calor. Para reducir el ruido, evitar la recirculación de los gases de escape hasta el cuarto de control del dinamómetro y mover eficientemente los gases de escape, la salida debe estar orientada hacia arriba y lejos de las entradas de aire y las paredes del edificio.

El diseño del sistema de escape consiste en llevar con seguridad el escape del motor hacia fuera de la sala de pruebas y dispersar los gases, hollín y ruido lejos de la gente y el taller. El sistema de escape debe estar diseñado para minimizar la contrapresión en el motor. La restricción excesiva resultará en consumo excesivo de combustible, temperatura de sistema de escape anormalmente alta y fallas relacionadas a la alta temperatura del escape así como humo negro. (Ver Figura 42).

Figura 42. Sistema de Escape típico.



Fuente. Tomado de Manual de Aplicación Generadores Enfriados por Líquido. Cummins Power Generation.

Los diseños de sistema de escape deben considerar lo siguiente:

- Se puede usar tubo de hierro negro de grado 40 para tubería de escape. Otros materiales que se aceptan incluyen los sistemas prefabricados de acero inoxidable.
- Se debe conectar tubo flexible corrugado de acero inoxidable sin costura, de cuando menos 24 pulg. (610 mm) de largo, a las salidas de escape del motor para permitir la expansión térmica y el movimiento y vibración del motor. El tubo de escape flexible no se debe usar para formar curvas o compensar tubo de escape incorrectamente alineado.

- Se puede proveer a los motores con conexiones de tubo de escape de rosca, de ensamble con abrazadera o de herraje. Las conexiones de rosca y de herraje son menos propensas a las fugas, pero más costosas de instalar.
- La tubería de escape debe ser soportada por soportes o colgantes no combustibles, no por la salida del escape del motor. El peso en la salida de escape del motor puede causar daños al múltiple de escape y reducir la vida del turbocargador.
- Para reducir la corrosión debido a la condensación, se debe instalar un silenciador lo más cerca del motor que sea prácticamente posible para que se caliente rápidamente. Ubicar el silenciador cerca del motor también mejora la atenuación del silenciador. Los radios de dobléz del tubo deben ser tan largos como sea práctico.

La tubería de escape debe ser del mismo diámetro nominal (o más grande) que la salida del escape del motor a lo largo de toda la corrida de esta. Verifique que la tubería es del diámetro suficiente para limitar la contrapresión a un valor que esté dentro del rango especificado para el motor usado. (Los diferentes motores tienen diferentes tamaños de salidas de escape y diferentes limitaciones de contrapresión). Nunca se debe usar tubo más pequeño que la salida de escape del motor. El tubo que es más largo que lo necesario está más sujeto a la corrosión debido a la condensación que un tubo más pequeño. La tubería que es demasiado grande también reduce la velocidad de los gases disponible para dispersar los gases hacia las corrientes de aire externas. La tubería de escape y los silenciadores deben estar aislados térmicamente para prevenir quemaduras accidentales, prevenir la activación de sistemas contra incendio, reducir la corrosión por condensación, y reducir la cantidad de calor irradiada por el cuarto de pruebas. Nunca se deben aislar las juntas de expansión, los múltiples de escape, y los turbocargadores a menos que sean enfriados por agua. Aislar los múltiples de escape y los turbocargadores puede resultar en

temperaturas de materiales que pueden destruir estos componentes, particularmente en aplicaciones donde el motor funcionará durante muchas horas. Conducir la tubería de escape a cuando menos 8 pies (2.3 metros) del suelo también ayudará a evitar contactos accidentales con el sistema de escape. La tubería del sistema de escape debe conducirse a cuando menos 9 pulg. (230 mm) de construcciones combustibles. También se debe considerar cuidadosamente la dirección de la salida del escape. El escape nunca debe dirigirse hacia el techo de un edificio o hacia superficies combustibles. El escape de un motor diesel es caliente y tiene hollín y otros contaminantes que pueden adherirse a las superficies circundantes. Ubique y dirija la salida del escape lejos de las entradas de ventilación. Si el ruido es un factor, dirija la salida lejos de ubicaciones críticas. El tubo de escape de acero se expande aproximadamente 0.0076 pulg. Por pie de tubo por cada incremento de 100°F de temperatura en el gas de escape sobre la temperatura ambiente (1.14 mm por metro de tubo por cada 100°C de incremento). Se requiere que se usen juntas de expansión en tramos largos y rectos de tubería. Debe haber juntas de expansión en cada punto donde la tubería cambie de dirección. El sistema de escape debe estar soportado para que la expansión se aleje del motor. Las temperaturas de escape las suministra el fabricante del motor para el motor usado específicamente.

Se deben tomar provisiones para evitar la entrada de la lluvia al sistema de escape de un motor que no está operando. Estas pueden incluir una cubierta de lluvia o una trampa de escape (Ver Figura 43) en salidas verticales. Las salidas horizontales deben cortarse en ángulo y protegerse con malla. Las cubiertas de lluvia se pueden congelar en climas fríos, deshabilitando el motor, así que otros dispositivos de protección deben usarse para esas situaciones.

Figura 43. Sistema de Escape con Cubierta de Lluvia.



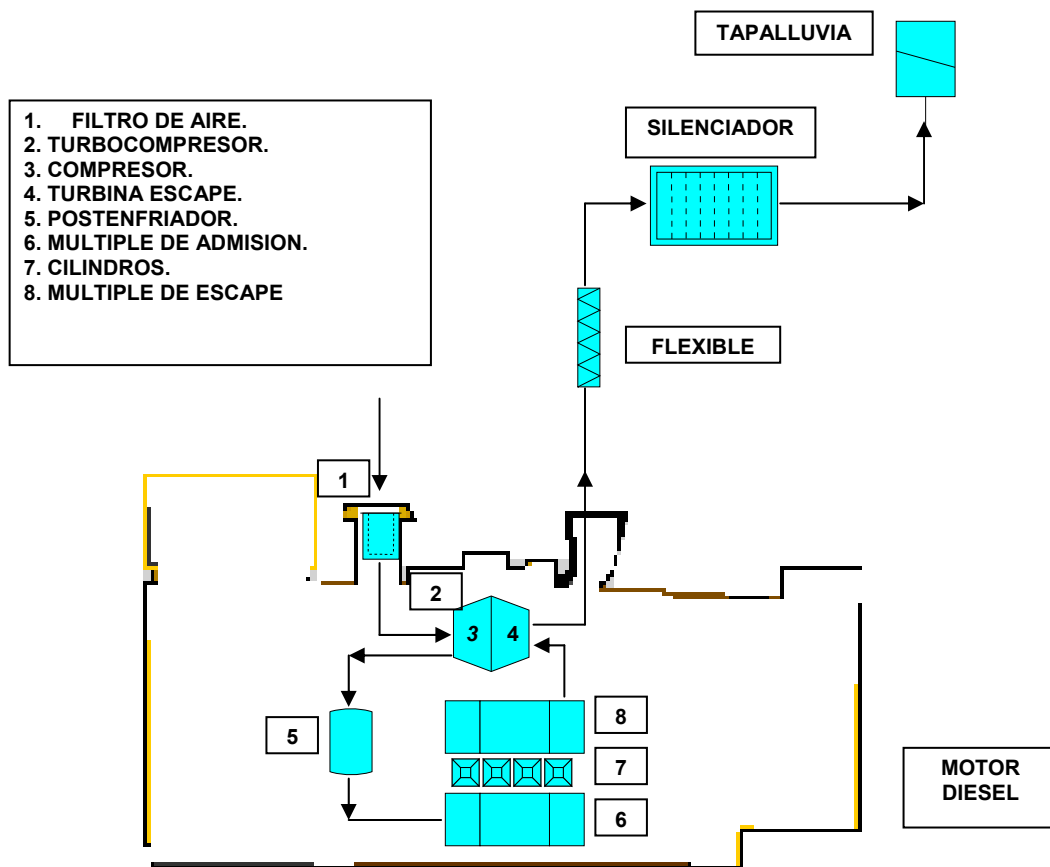
Fuente. Tomado de Manual de Aplicación Generadores Enfriados por Líquido. Cummins Power Generation.

El hollín, condensados corrosivos y la alta temperatura del gas de escape pueden dañar al equipo que no opera si se usa un escape común. La contrapresión no debe exceder la especificación del fabricante. Presión excesiva reduce la potencia y vida del motor y puede generar altas temperaturas de escape y humo. La contrapresión de escape se debe estimar antes de que se finalice diseño de la ruta de la tubería, y se debe medir en la salida del escape en operación y se debe calcular el tamaño adecuado para el silenciador. (Ver cálculos en el Anexo D).

El escape del motor contiene hollín y monóxido de carbono, un gas tóxico invisible y sin olor. El sistema de escape debe terminar afuera de la sala de pruebas una ubicación donde el humo del escape se disperse lejos de los edificios y las entradas de aire de estos. Se recomienda ampliamente que el

gas de escape se lleve lo más alto que sea práctico en el lado de los edificios donde el viento predominante sopla alejándose de ellos, para descargar hacia arriba para maximizar la dispersión. En base a los cálculos se ha diseñado el sistema de escape para la sala de pruebas de motores y se puede observar el diagrama en la figura 44.

Figura 44. Diagrama Sistema de Escape Banco de Pruebas.



### 3.3.5. Suministro de Energía y Control

Figura 45. Suministro Eléctrico Zona de Enfriamiento.

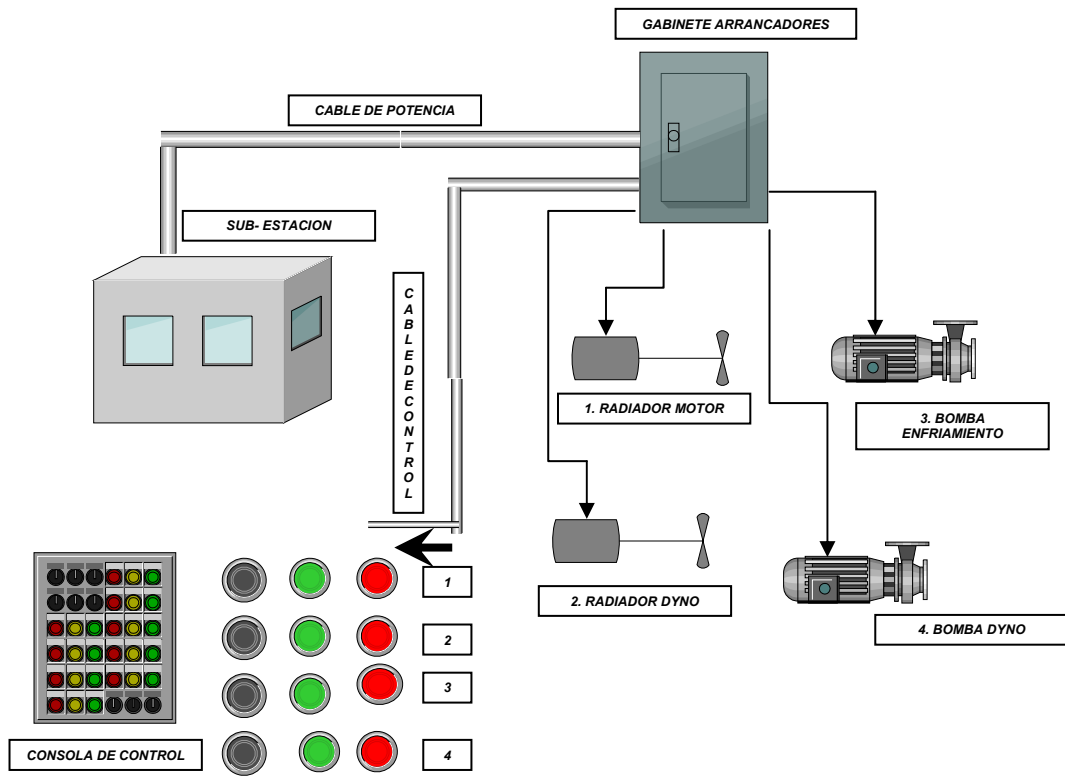
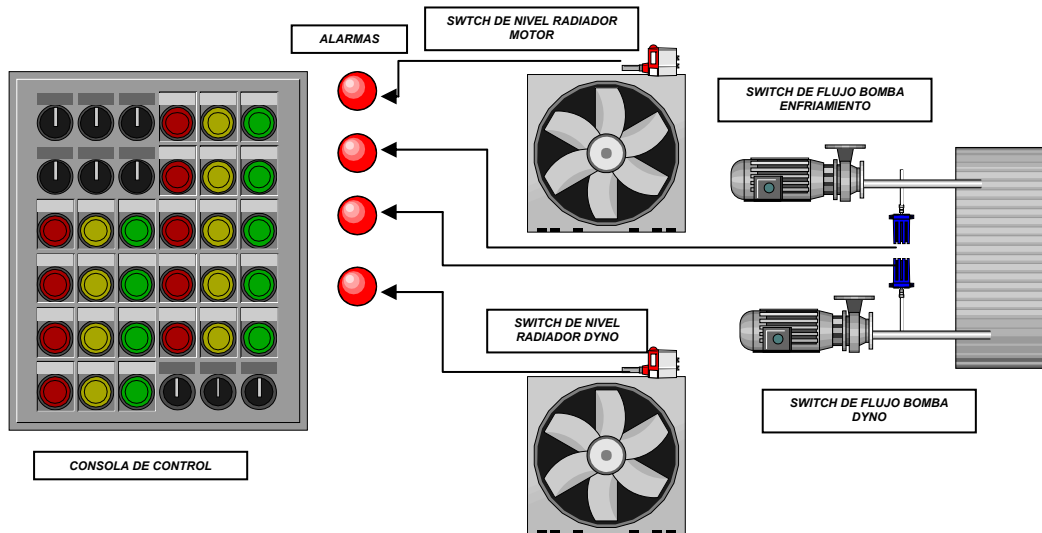


Figura 46. Control Zona de Enfriamiento.



### 3.3.6 Disposición de Todos los Sistemas en el Banco de Pruebas

Figura 47. Disposición Final Sala de Pruebas

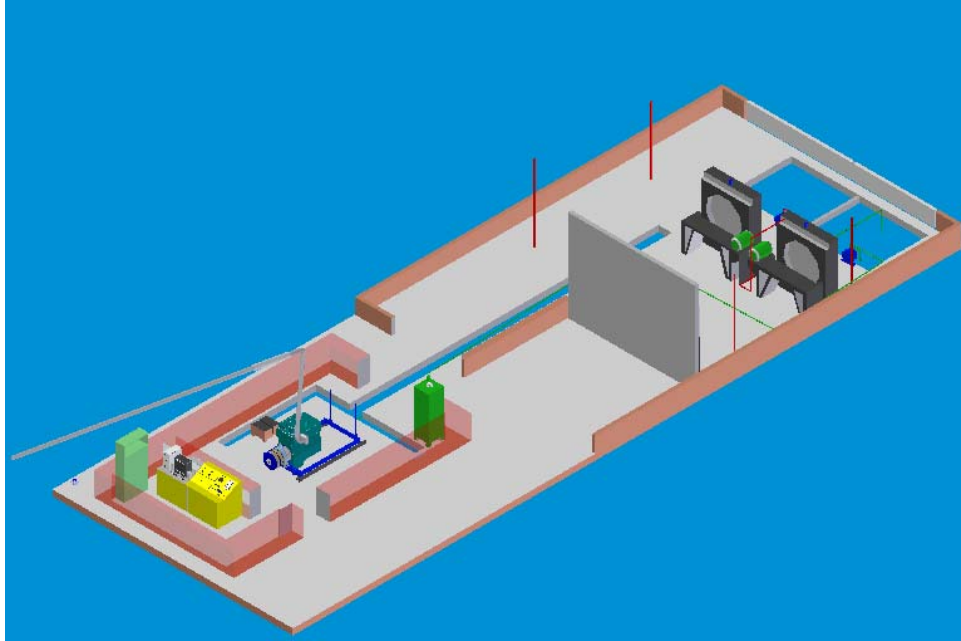
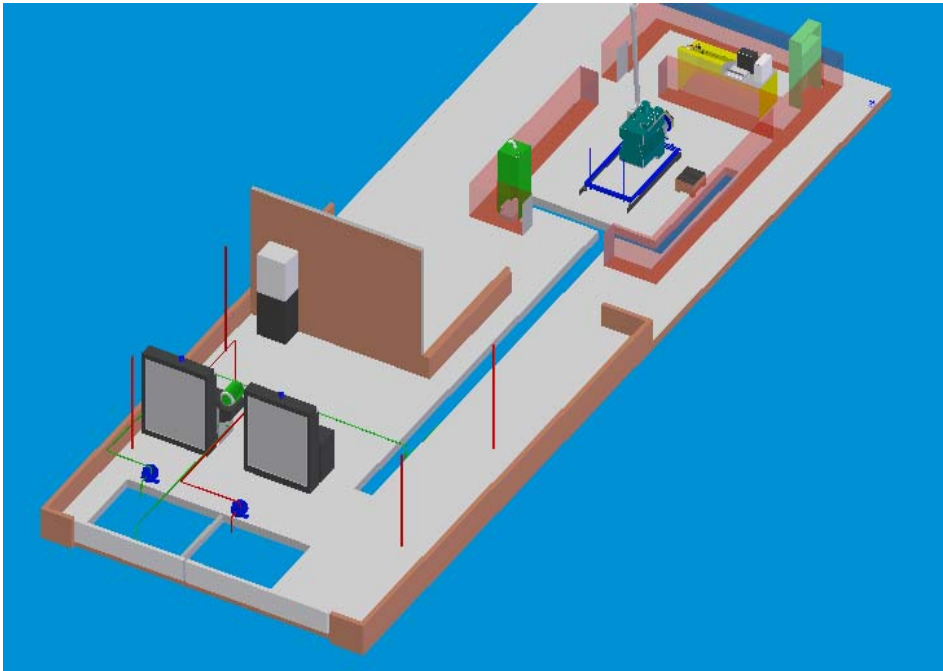


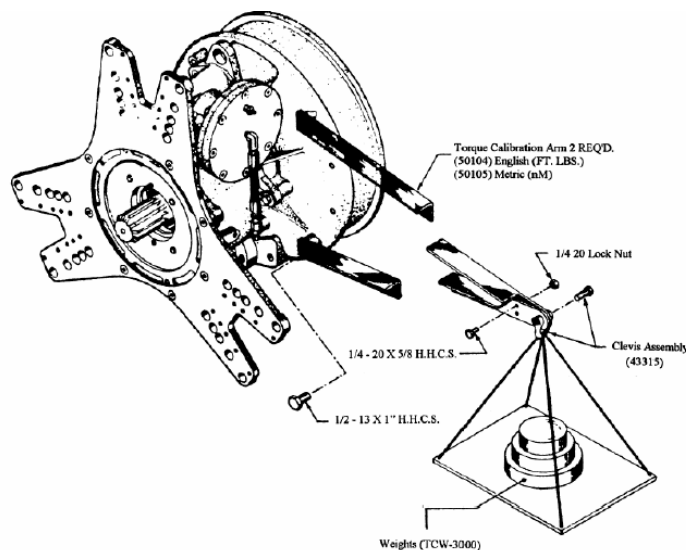
Figura 48. Disposición Final Zona de Enfriamiento



**3.3.7 Calibración y Ajuste del torque en el dinamómetro.** Para la calibración y ajuste del torque en el dinamómetro se deben seguir los siguientes pasos:

1. Realizar el montaje del dinamómetro al motor en la forma convencional.
2. Conectar la línea de torque de la celda de carga al sistema de adquisición de datos que se encuentra en el computador.
3. Realizar el montaje de los dos brazos de calibración a la carcasa del dinamómetro. Usar dos tornillos de  $\frac{1}{2}$ -13 x 1" de longitud grado 8 y apretar a 54 lb.-ft con un torquímetro.
4. Colocar las masas en el platillo porta pesas en el extremo de los brazos de calibración como se muestra en la figura 45.
5. La calibración se realiza de la siguiente forma: El valor del torque del brazo más cuatro veces el total de masas colocadas en el platillo porta pesas debe ser igual al valor mostrado en el indicador de torque digital del software.

Figura 49. Montaje de los Brazos de Calibración, Masas y Platillo Porta pesas.



Fuente: Tomado de catálogo Dinamómetro DT-2000 Froude Go power

Mediante un proceso de calibración por sustitución de masa, se determina el valor convencionalmente verdadero para la masa del platillo porta pesas construido; la masa total de este elemento se cuenta como parte de las masas patrón empleadas durante el proceso de calibración y ajuste.

Para la determinación de la masa del platillo porta pesas, se cuenta con masas patrón clase M1 y F1 y un sistema de pesaje de hasta 60 Kg. con resolución de 0.1 gramos.

El proceso de calibración y ajuste se realizará mediante la utilización de 250 kilogramos de masas patrón clase M1, cada una cuenta con certificado de calibración y trazabilidad a los patrones de masa de la superintendencia de Industria y Comercio. El Certificado de Calibración del Torque en el Dinamómetro se puede observar en el Anexo E.

#### **4. ANÁLISIS DE COSTOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES**

Este capítulo quiere mostrar los costos realizados durante todo el transcurso del proyecto en mención, inclusive antes de la llegada del estudiante universitario que iba a desarrollar la práctica en la compañía.

El diseño y montaje de todos los elementos del banco de pruebas estuvo a cargo del estudiante Oscar Ramiro Guerrero Amaya de la Escuela de Ingeniería Mecánica el cual estuvo al frente de todo el montaje.

Con respecto a los costos de todos los materiales y elementos necesarios para el proyecto, este fue asumido en su totalidad por la compañía Cummins API S.A.

Los costos han sido separados por fechas establecidas por las correspondientes órdenes de trabajo abiertas y cerradas durante periodos de tiempo establecidos.

##### **4.1 COSTO DE MATERIALES**

En estos costos de materiales se incluyen los elementos que han sido adquiridos en diferentes almacenes y talleres de la ciudad y aquellos que han sido tomados del almacén de la compañía son clasificados como elementos de inventario.

(Ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo P31048

OT #	FECHA	COSTO	DESCRIPCION	VALOR
P31048	JUN 2004/DIC 2004	TALLERES	Apertura Candados	\$ 20.000
			Alquiler Montacargas	\$ 70.000
			Esmalte	\$ 47.414
			Candados	\$ 65.517
			Compras varias	\$ 322.375
			Tapa Alternador	\$ 8.621
			Radiadores	\$ 2.000.000
			Transporte	\$ 30.000
			Cambio Bobinado Bobina	\$ 528.000
			Cambio Rodamientos	\$ 108.000
			Galones de Disolventes	\$ 333.104
			Tuercas	\$ 7.760
			Compras varias	\$ 54.000
			Chumaceras	\$ 20.000
			Arrancador Suave	\$ 1.308.000
			Tubería ½ pulgada	\$ 45.506
			Graseras	\$ 3.448
			Tornillos	\$ 12.816
			Hacer Acople	\$ 960.000
			Tornillos	\$ 2.328
			Hacer Huecos a Disco	\$ 50.000
			Cable	\$ 63.000
			Soporte Metálico Motor	\$ 1.640.000
		<b>INVENTARIO</b>	Indicador L150	\$ 283.403
			Bomba Centrifuga	\$ 2.038.000
			Breaker	\$ 135.000
			COSTO OT	\$ 10.157.255
			IVA 16 %	\$ 1.625.160
			<b>COSTO NETO</b>	<b>\$ 11.782.415</b>

Cuadro 3. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo P33206.

OT #	FECHA	COSTO	DESCRIPCION	VALOR
P33206	FEB 2005/NOV 2005	TALLERES	Filtro	\$ 8.500
			Tornillos	\$ 19.554
			Tornillos	\$ 13.256
			Plato Separador	\$ 180.000
			Arandela	\$ 600.000
			Dinamómetro	
			Grasa	\$ 38.000
			COSTO OT	\$ 859.310
			IVA 16%	\$ 137.489
			<b>COSTO NETO</b>	<b>\$ 996.799</b>

Cuadro 4. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo P36824

OT #	FECHA	COSTO	DESCRIPCION	VALOR
P36824	JUN 2006/DIC 2006	TALLERES	Tornillos	\$ 64.138
			Pintura	\$ 7.730
			Transporte	\$ 4.000
			Aviso Seguridad	\$ 5.000
			Avisos Seguridad	\$ 15.000
			Tornillos	\$ 4.310
			Correas, Mangueras	\$ 130.000
			Correas; mangueras	\$ 104.000
			Soporte Motor	\$ 50.000
			laca	\$ 44.569
			Mecanizados	\$ 288.000
			Valvulina	\$ 31.950
			Cofre Metálico	\$ 215.784
			laca	\$ 80.172
			mecanizados	\$ 276.000
			Tornillos	\$ 28.679
			Candado	\$ 36.000
			Mangueras, Abrazaderas	\$ 86.104
			Soldar Base Fundición	\$ 100.000
			Cable	\$ 24.000
			Niples	\$ 26.000
			Codo, Flexible	\$ 87.500
			Mangueras	\$ 63.943
			Mangueras	\$ 276.000
			Mecanizados	\$ 80.000

	Huecos platina	\$ 28.302
	Cable Encauchetado 3*12	\$ 276.240
	Tubo	\$ 13.650
	Automático	\$ 29.500
	Adaptador	\$ 18.824
	Switche	\$ 25.000
	Platinas	\$ 30.000
	Soportes	\$ 53.111
	Laminas	\$ 30.000
	Platina y Racor Turbo	\$ 58.000
	Terminales	\$ 40.000
	Tornillos	\$ 12.754
	Mangueras en General	\$ 371.200
	Alojamiento	\$ 70.000
	Auxilio	\$ 210.000
	Transporte	\$ 75.000
	Transporte	\$ 71.000
	Fletes	\$ 141.292
	Automático	\$ 45.500
	Cable	\$ 18.668
	Tornillos	\$ 6.000
	Papel Húmedo	\$ 40.000
	Fletes	\$ 161.452
	<b>INVENTARIO</b>	
	Kit Transductores de Presión	\$ 3.707.370
	Kit Termocuplas tipo K	\$ 3.344.570
	Sistema Adq. Datos	\$ 20.906.398
	Kit Lubricación	\$ 1.248.650
	Arrancador Siemens	\$ 842.906
	Arrancador Siemens	\$ 1.023.471
	Motobomba Monoblock	\$ 1.302.600
	Control de Aceleración	\$ 227.403
	Codo	\$ 132.742
	Cadena para Solenoide	\$ 26.668
	Sensor Magnético	\$ 115.786
	Indicador-Interruptor	\$ 127.735
	Sender de Presión	\$ 54.146
	Placa Cummins	\$ 7.698
	Switch de Flujo	\$ 74.881
	Indicador-Interruptor	\$ 120.900
	COSTO OT	37.218.304
	IVA 16%	\$ 5.954.928
	<b>COSTO NETO</b>	<b>\$ 43.173.232</b>

Cuadro 5. Costos Involucrados en la Orden de Trabajo S39691.

OT #	FECHA	COSTO	DESCRIPCION	VALOR
S39691	ENE2007/MAY2007	TALLERES	CARRO BAT- TANQUE COMB	\$ 360.000
			Mangueras en General	\$ 168.000
			Soldar, Maquinar Eje	\$ 200.000
			Abrazaderas	\$ 5.000
			Reducciones, Adaptacion	\$ 240.000
			Pasajes	\$ 459.903
			Almuerzos	\$ 55.600
			Transporte	\$ 110.000
			Válvulas	\$ 103.450
			Rectificar Eje	\$ 120.000
			Mangueras en General	\$ 177.500
			Switche	\$ 7.759
			Reducción	\$ 2.586
			Silicona Grey	\$ 12.000
			Tornillos	\$ 15.896
			Tubería	\$ 790.441
			Tornillos	\$ 12.420
			Anclajes	\$ 50.000
			Bridas	\$ 95.000
			Tornillos	\$ 6.087
			Lámpara, pulsador	\$ 99.280
			Pulsador, Bombillo	\$ 61.960
			Empaques	\$ 15.517
			Empaques	\$ 12.000
			Niples	\$ 30.746
			Elaboración Camisa	\$ 1.689.216
			Contacto NC	\$ 133.931
			Viáticos	\$ 100.000
			Transporte	\$ 44.200
			Alimentación	\$ 15.800
			Pasajes	\$ 365.194
		<b>INVENTARIO</b>	Motor 4BT 3.9	\$ 9.135.142
			Kit mangueras tanq. Comb.	\$ 168.059
			Level Switch	\$ 65.408
			Breaker 200-250A	\$ 850.000
			Bomba Centr. Autoceb.	\$ 527.450
			Bomba de Transferencia	\$ 170.589
			Guardamotor motor 1HP	\$ 137.940
			Tacómetro Análogo, 12 VDC	\$ 211.380
			Convertidor 12 a 24 VDC	\$ 18.797
			Convertidor 12/24 VDC	\$ 26.123
			<b>COSTO OT</b>	<b>\$ 16.870.374</b>
			<b>IVA 16%</b>	<b>\$ 2.699.259</b>
			<b>COSTO NETO</b>	<b>\$ 19.569.633</b>

Cuadro 6. Costos Involucrados en todas las Órdenes de Trabajo.

<b>OT #</b>	<b>FECHA APERTURA</b>	<b>FECHA CIERRE</b>	<b>VALOR</b>
<b>P31048</b>	JUN/04/2004	DIC/31/2004	\$ 11.782.415
<b>P33206</b>	FEB/24/2004	NOV/30/2005	\$ 996.799
<b>P36824</b>	JUN/04/2006	DIC/28/2006	\$ 43.173.232
<b>S39691</b>	ENE/04/2007	MAY/2007	\$ 19.569.633
		<b>COSTO NETO</b>	<b>\$ 75.522.079</b>

#### **4.2 COSTOS DE INGENIERIA**

Los costos de diseño, montaje y puesta en marcha del banco de pruebas estuvieron a cargo del estudiante Oscar Ramiro Guerrero Amaya, aspirante al título de Ingeniero Mecánico, el cual recibió un aporte económico durante su etapa de práctica en Cummins API S.A. evaluado en cinco millones ochocientos catorce mil pesos (\$ 5.814.000), mas el costo de las asesorias prestadas por el director y codirector de este proyecto. Las cuales están evaluadas en un millón quinientos mil pesos (\$ 1.500.000).

#### **4.3 COSTOS TOTALES**

Cuadro 7. Costos Totales del Banco de Pruebas de Motores.

COSTO TOTAL DE MATERIALES	\$ 75.522.079
COSTOS DE INGENIERIA	\$ 7.314.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 82.836.079</b>

## 5. RESULTADO DE LAS PRUEBAS

A continuación se mostrará el informe que se entregará a los clientes posteriormente a la prueba.

### 5.1 PRUEBA DE RENDIMIENTO

Informe de prueba dinamométrica según norma técnica colombiana NTC 1930. “Vehículos automotores. Motores de combustión interna. Determinación de la potencia neta”. Icontec.

### 5.2 DESCRIPCIÓN DEL MOTOR A PROBAR

Figura 50. Motor KTA-38 para Prueba.



- Marca: Cummins
- Velocidad Nominal: 1800 RPM
- Potencia Nominal: 940 HP @ 1800 RPM
- Torque Nominal: 3000 lb.-ft @ 1400 RPM
- Tipo de Motor: Turbocargado

- a. Motor de Ignición por Compresión.
- b. Descripción del motor: POWER UNIT KTA38.
- c. ESN: 33117379
- d. Tipo: Motor Diesel.
- e. Ciclo: 4 Tiempos.
- f. Diámetro del Cilindro: 6.25 Pulgadas
- g. Carrera del pistón: 6.25 Pulgadas
- h. Numero de Cilindros: 12
- i. Disposición de los Cilindros: En“V”
- j. Orden de Encendido: 1R-6L-5R-2L-3R-4L-6R-1L-2R-5L-4R-3L.
- k. Desplazamiento: 38 Litros( 2300 Pulgadas Cúbicas)
- l. Relación de Compresión: 13.8:1.

■ **Sistema de Enfriamiento.**

- a. Líquido:
  - Naturaleza del Líquido: Agua.
  - Bomba de Circulación:: Si
  - Características: Marca Cummins

■ Radiador: Si

■ Ventilador: Si

- Tipo: Ventilador Soplante.
  - Sistema de Accionamiento del Ventilador: Accionamiento Indirecto por Transmisión.
- b. Temperaturas Especificadas por el fabricante.

▣ Líquido de Enfriamiento.

- Temperatura Máxima del Motor: 203 Grados Fahrenheit.
- Temperatura del Lubricante: min.: 190 F. Máx.: 250 F.

▣ **Sistema de Admisión.**

▣ Filtro de Aire.

- Modelo: N/A
- Tipo: N/A

▣ Silenciador: No Posee.

- Modelo: N/A.
- Tipo: N/A.

▣ **Sistema de Alimentación de Combustible.**

▣ Bomba de Inyección: Si.

- Tipo: Bomba Cummins PT con Regulador de Velocidad Variable(VS)
- Presión:107 psi

▣ **Sistema de Ignición.**

- Método: Neumático.

▣ **Sistema de Lubricación.**

- Posición del depósito de Lubricante: Carter Inferior.
- Sistema de Alimentación: Circulación por Bomba.

▣ Bomba de Circulación: Si

- Enfriador de Aceite: Si.

▣ **Equipo Eléctrico.**

- Alternador: No Posee.
- Características: N/A.
- Tipo: N/A.

▣ **Condiciones de Ensayo.**

- Presiones medidas a la Potencia Desarrollada.
- Presión Barométrica: 694.8 mm de Hg.
- Presión de Vapor de Agua: 0.4298 psi @ 24 Grados Celsius.

▣ **Temperaturas medidas a la Potencia Desarrollada.**

- Del Aire de Entrada: 92 F.
- Del Líquido de Refrigeración: 175 F.
- Del Aceite Lubricante: 161 F.

### **5.3 CARACTERISTICAS DEL DINAMOMETRO.**

Figura 51. Montaje de Dinamómetro en el Motor KTA-38



- Fabricante: Froude
- Marca: Go Power
- Modelo: DT-2000
- Clasificación: Freno Hidráulico

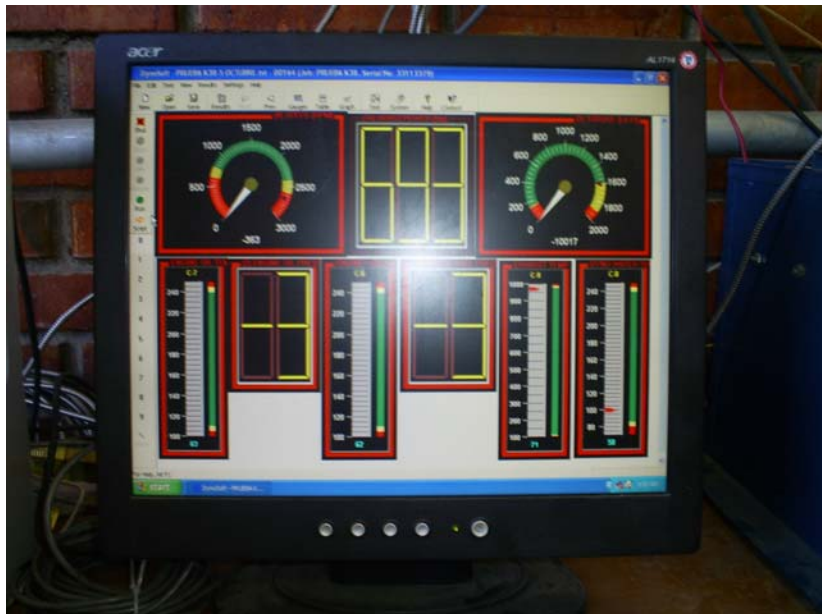
▣ **Especificaciones:**

- Potencia Máxima: 800 HP
- Rotación Máxima: 3500 RPM CONTINUO.
- Torque Máximo: 2000 lb.-ft

▣ **Sistema de Adquisición de Datos.**

- Software Dynosoft. GPS 2508.

Figura 52. Pantallazo del Sistema de Adquisición de Datos.



▣ **Combustible:**

- Especificación: ACPM.
- Número de Cetano: 43 Mínimo
- Índice de Cetano: 45 Mínimo.

▣ **Lubricante.**

- Marca: VALVOLINE
- Viscosidad: 15W-40

Los Parámetros a monitorear son:

- Velocidad.
- Torque
- Presión de Aceite.
- Temperatura de Refrigerante
- Temperatura de Escape
- Blow By.

#### **5.4 ANÁLISIS PARA LA PRUEBA DEL MOTOR KTA-38.**

Según el Estándar de pruebas se realizará el siguiente análisis.

Cuadro 8. Fases para la Prueba del KTA-38.

<b>Fases</b>	<b>Carga (%)</b>	<b>RPM (%)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>
<b>Calentamiento</b>	40(5%)	1050(1.5 Ralentí)	15
<b>Marcha Lenta</b>	0	700	6
<b>Fase 0</b>	94 Hp (10 %)	1050(1.5 Ralentí)	15
<b>Fase 1</b>	470 Hp (50%)	1350(75% Nominal)	15
<b>Alta Libre</b>	0	1800(100%)	15

La razón por la cual solo se puede trabajar de esta forma es debido a la capacidad de nuestro dinamómetro con respecto al torque ofrecido por el equipo siendo de 2000 lb-ft máximo.

## 5.5 TEST SHEET.

Es la tabulación de todos los resultados obtenidos de todas las variables monitoreadas. (Ver Figura 53).

Figura 53. Test Sheet.

<b>Cummins API</b>		<b>TEST SHEET</b>									
FABRICANTE: CUMMINS		MODELO: KTA-38		No DE SERIE: 33113379			FECHA DE FABRICACION: NO POSEE				
EQUIPO DE PRUEBA: DINAMOMETRO HIDRAULICO		COMBUSTIBLE: DIESEL		FECHA DE PRUEBA: 02 OCT-07							
POTENCIA NOMINAL: 940 Hp		ROTACION NOMINAL: 1800 RPM		MARCHA LENTA: 700 RPM							
ALTA LIBRE: 1800 RPM		TORQUE MAX. 3000Lb_ft @ 1400 RPM			No CILINDROS: 12						
ALIMENTACION: TURBOCARGADO											
<b>RESULTADOS</b>											
FASES	RPM	TORQUE(Lb-ft)	CARGA(Hp)	TEMP ACEITE(F)	PRESION ACEITE(psi)	PRESION DE COMBUSTIBLE(psi)	TEMP. AGUA(F)	TEMP. ESCAPE(F)	TEMP. DYNO(F)	TEMPERATURA AMBIENTE(F)	
MARCHA LENTA	701	0	0	116	38	0	141	252	67	78.8	
FASE 0	1228	530	124	122	84	4	168	348	68	80	
FASE 1	1443	1650	454	135	67	8	169	399	70	81	
ALTA CON CARGA	1847	1650	580	154	72	12	171	408	71	83	
FABRICANTE:	RPM	TORQUE(Lb-ft)	CARGA(Hp)	TEMP. ACEITE(F)	PRESION ACEITE(psi)(Min)	PRESION COMBUSTIBLE	TEMP. AGUA(F)(Max)	TEMP. ESCAPE(F)	TEMP. DYNO(F)(Max)	TEMPERATURA AMBIENTE	
PLENA CARGA	1800	2930	940	190 MIN/250 MAX	45 MIN/70 MAX		203	909	80	77	
TEST DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	RPM	CARGA(Hp)	PESO INICIAL(Lb)	PESO FINAL(Lb)	CRONOMETRO	CONSUMO COMBUSTIBLE	CONSUMO ESPECIFICO				
MARCHA LENTA	701	0	32.4	29.7	8 MINUTOS	27 Lbs/Hr	0				
FASE 0	1228	124	29.7	16.35	15 MINUTOS	53.4 Lbs/Hr	0.4308 Lb/Hp Hr				
FASE 1	1443	454	35.8	22.22	15 MINUTOS	54.32 Lbs/Hr	0.1196 Lb/HpHr				
ALTA CON CARGA	1847	580	34.9	23.21	10 MINUTOS	116.9 Lbs/Hr	0.2015 Lb/HpHr				
OPERADOR: OSCAR GUERRERO											
VISITANTES: EDINSON GALINDO, RICARDO RONDON, OSCAR PEÑA.											

## 5.6 GRAFICAS DE LAS VARIABLES MONITOREADAS.

Figura 54. Gráfica de Potencia vs. RPM.

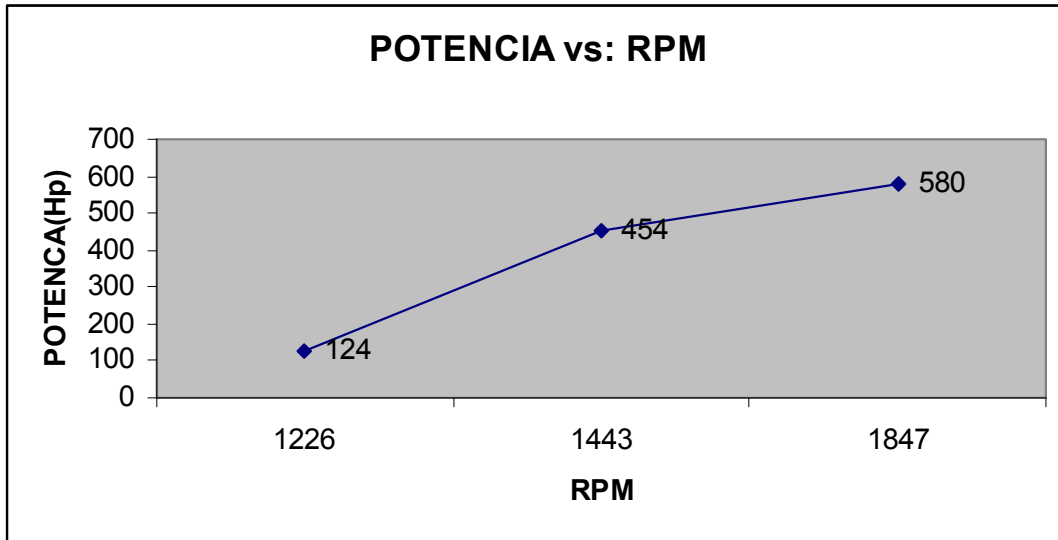


Figura 55. Gráfica de Torque vs. RPM.

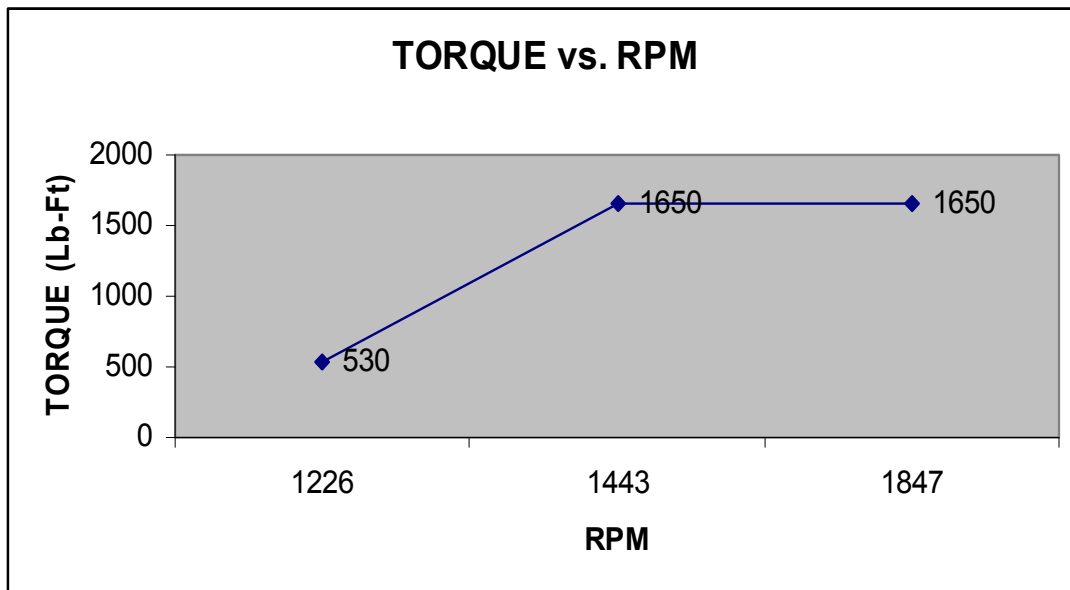


Figura 56. Gráfica de Temperatura de Refrigerante vs. RPM.

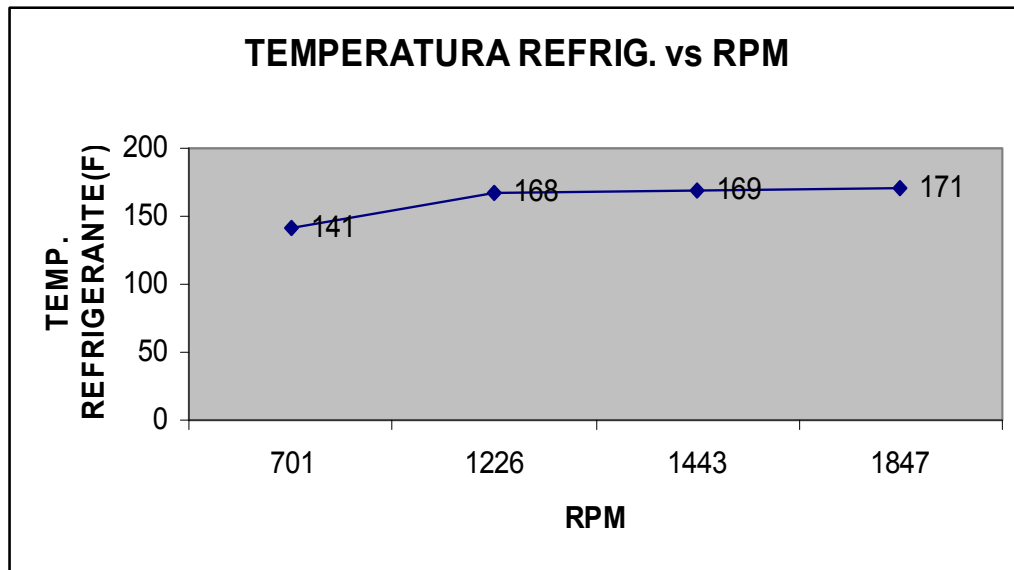


Figura 57. Gráfica de Temperatura de Aceite vs. RPM.

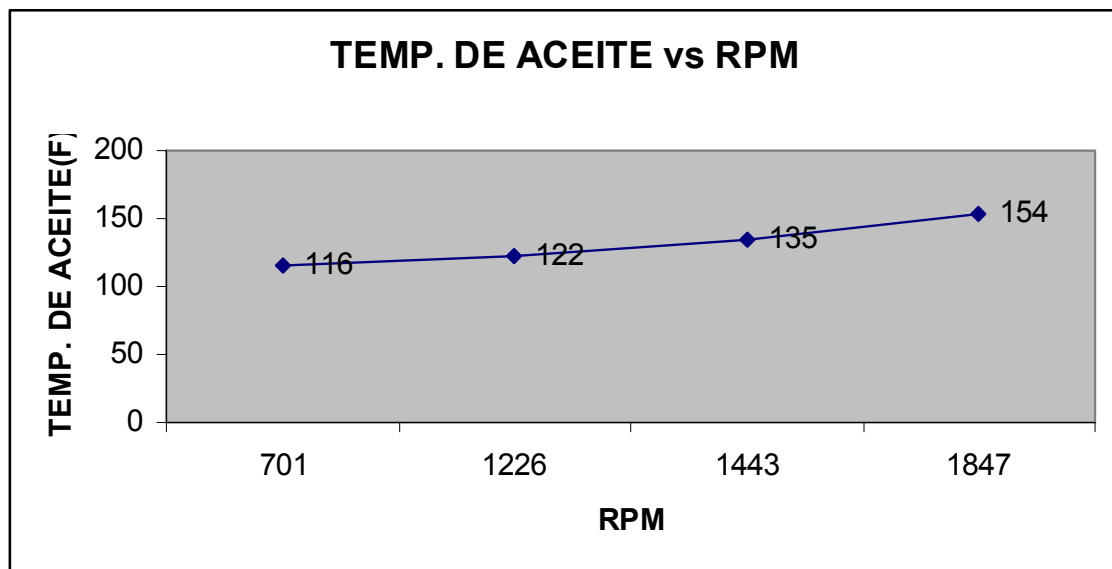


Figura 58. Gráfica de Temperatura del Dinamómetro vs. RPM.

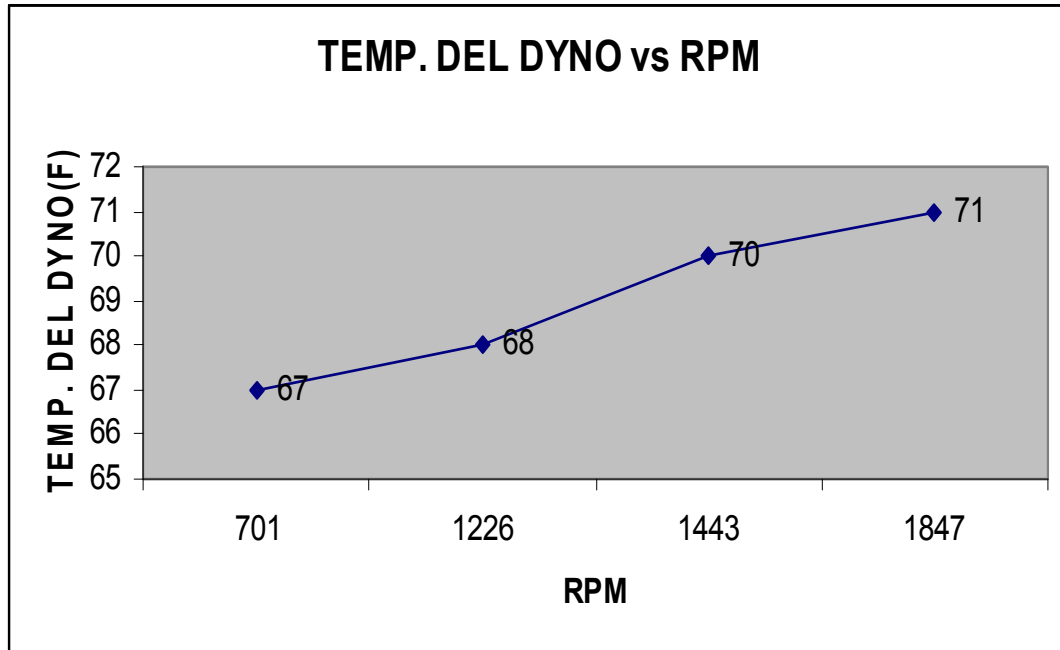


Figura 59. Gráfica de Temperatura de Escape vs. RPM.

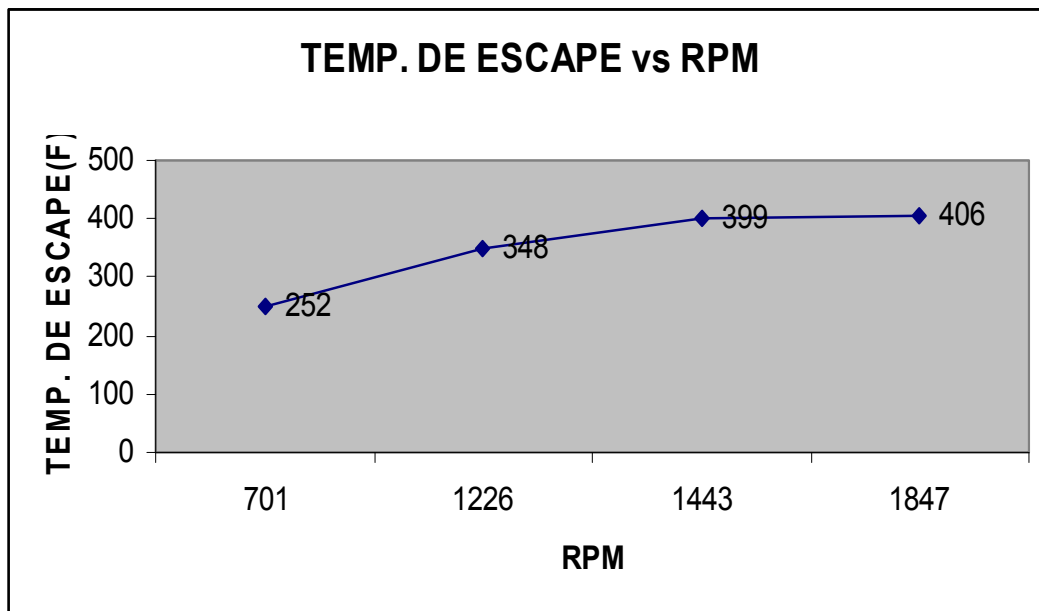


Figura 60. Gráfica de Temperatura Ambiente vs. RPM.

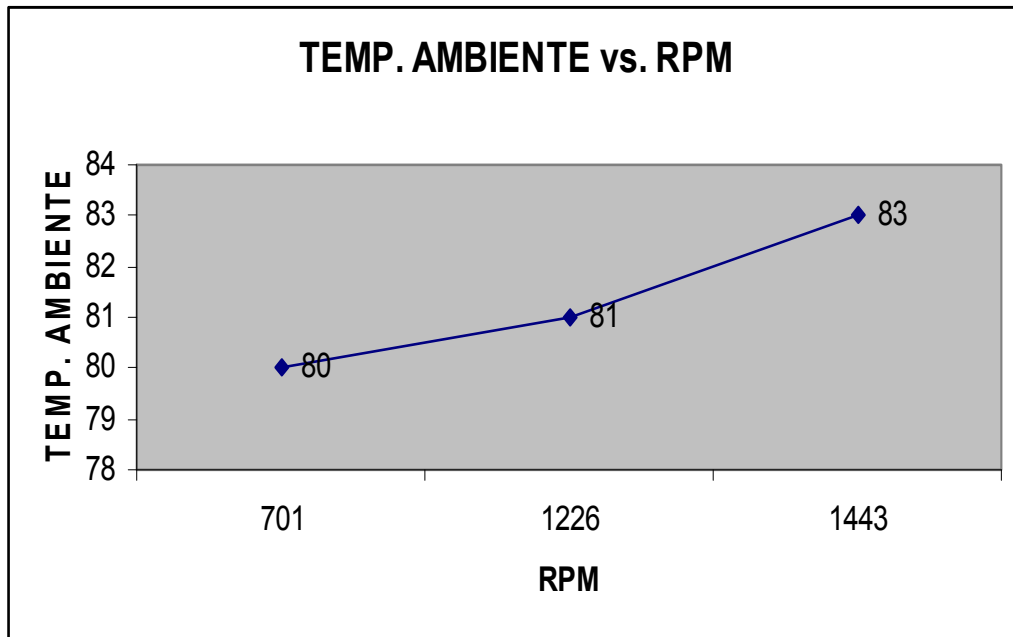


Figura 61. Gráfica de Presión de Aceite vs. RPM.

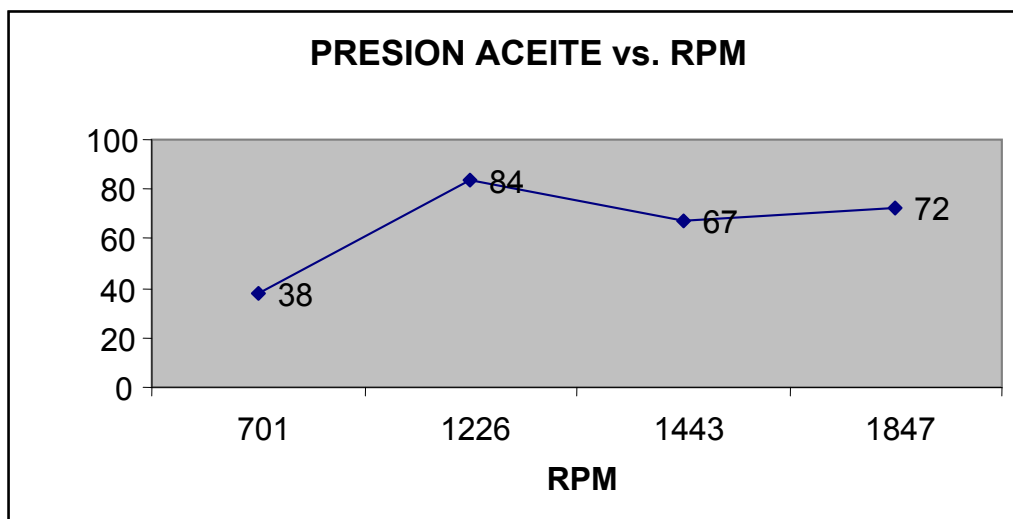


Figura 62. Gráfica de Presión de Combustible vs. RPM.

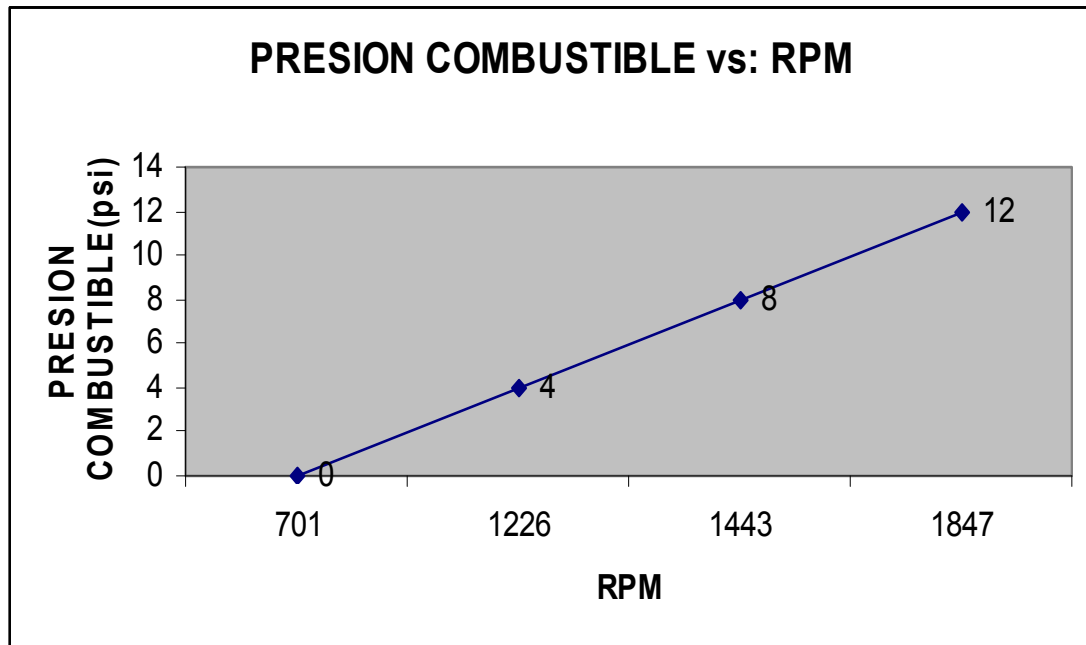
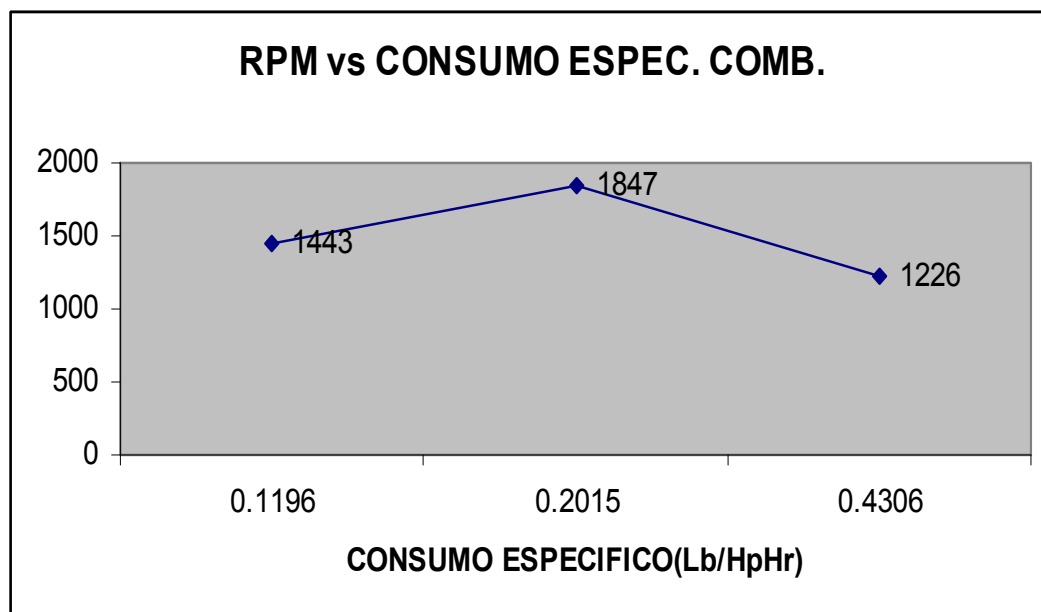


Figura 63. Gráfica de RPM vs. Consumo Especifico de Combustible



## **5.7 CÁLCULOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.**

**5.7.1 Estimación de un Factor de las Condiciones de Trabajo para Adaptarlo a la Altura y la Temperatura ó De rateo Requerido por Altitud y Temperatura.** Para motores turbocargados el de rateo por altitud puede ser desatendido a menos que la altitud este sobre 12000 pies o 3658 metros. sin embargo tenemos la necesidad de de ratear el 1% de la potencia nominal por cada 10 grados Fahrenheit( 6 grados Celsius) de subida en la temperatura del aire por encima de 60 Fahrenheit(16 Celsius).

Cuando de rateamos un motor naturalmente aspirado, sustraemos 3% de la potencia nominal por cada 1000 pies(305 metros) de altitud por encima de ese nivel, y un 1% de la potencia nominal por cada 10 Fahrenheit(6 Celsius) de subida en la temperatura del aire por encima de 60 Fahrenheit(16 Celsius)

■ **Corrección de Resultados.** El desempeño de los motores diesel está afectado por las condiciones ambientales de temperatura, presión y humedad.

Si el motor trabaja en una región con presión barométrica baja, habrá una reducción correspondiente en la potencia producida, al igual que si la temperatura del aire que entra al motor es elevada, la potencia se verá también afectada reduciéndose. Por lo cual ante la anterior situación es necesaria la aplicación de factores de corrección que permitan evaluar el rendimiento del motor bajo condiciones estándar.

■ **Condiciones Atmosféricas Estándar.**

Norma NBR 5484 de ABNT.

- Presión Barométrica: Bp: 746 mm Hg.( 150 m de altitud)
- Temperatura Ambiente: Tp: 30 grados Celsius.
- Presión de Vapor: Hp: 10 mm de Hg.
- Presión Barométrica de Aire Seco: Bs: 736 mm de Hg.
- Densidad Absoluta de Aire Seco: Ds: 1.129 Kg. / metro cúbico.

#### ▣ Factores de Corrección.

Un método de corrección recomendado se basa en la premisa de que una relación de aire- combustible, rendimiento térmico indicado y la eficiencia volumétrica no se alteran con las variaciones de las condiciones atmosféricas de presión, temperatura y humedad si se mantienen dentro de los siguientes rangos:

- **Presión Barométrica: De 690 a 770 mm de Hg**
- **Temperatura de Admisión de Aire: De 15 a 45 Grados Celsius.**

#### ▣ Condiciones de Operación de la Prueba.

La sede de la prueba es en las instalaciones de Cummins API S.A que está localizada en la ciudad de Girón con una altura sobre el nivel del mar de aproximadamente 2500 pies(777 metros), con una temperatura promedio de 24 grados Celsius y una presión atmosférica de 694.8 mm de Hg. @ 2500 ft.

De manera que para nuestro caso, la suposición es válida y los resultados de las pruebas no deberán ser modificados por los factores de corrección.

Toda la prueba estuvo supervisada por el señor Edinson Galindo y personal de Cummins API.

Figura 64. Visitante y Operador durante prueba de Dinamómetro.



### **5.8 CONCLUSIONES DE LAS PRUEBAS.**

- Observando la Potencia al freno obtenida, se puede apreciar que el motor desarrolló 580 caballos de Potencia a 1847 revoluciones por minuto, con una carga de 1650 Lb-ft.
- Con respecto a la temperatura de los diversos fluidos (aire de admisión, gases de escape y refrigerante), mostraron comportamientos estables durante la prueba, indicando la efectividad de los sistemas de lubricación y de enfriamiento.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se observó que la empresa Cummins cuenta con toda la disposición para apoyar el montaje del banco de pruebas de motores, pero para que éste propósito ofrezca un nivel de calidad a la industria se hace necesaria una inversión de capital significativo para el diseño y la puesta en marcha del banco de pruebas mencionado anteriormente.

De la realización del presente proyecto las instalaciones del banco de pruebas contarían con una sala de pruebas de motores diesel; además con un espacio anexo para el control y monitoreo de las variables necesarias para la prueba con un lugar específico para el acondicionamiento de las herramientas y equipos de medición en una consola de control.

Al culminar este proyecto Cummins API S.A. cuenta con un banco de pruebas para motores diesel con el objetivo de determinar el estado de funcionamiento de los motores luego de haber pasado por un proceso de reparación.

Se realizó la adecuación y los trabajos civiles para acondicionar una sala de prueba con dos espacios: un espacio para la prueba del motor y otro para el monitoreo de todas las variables.

Se puso en marcha el banco de pruebas para motores diesel probando un motor diesel de Potencia Nominal 940 HP @ 1800 RPM y Torque Nominal 3000 lb.-ft @ 1400 RPM con lo cual se obtuvieron los resultados técnicos a las condiciones de prueba en un dinamómetro.

Se instalaron los sensores necesarios para medir las variables durante la prueba de dinamómetro como por ejemplo sensores de medición de la temperatura del agua, sensores de medición de la presión de aceite y de la temperatura de aceite cuya señal es recibida por el software Dynosoft GPS-2508 y finalmente éste arroja los resultados y las graficas esperadas.

Se diseñó y entregó al departamento de servicio un manual de procedimientos para la operación y el mantenimiento de la prueba de dinamómetro en Cummins API S.A. que apoyará cada una de las pruebas realizadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cummins Power Generation. Manual de Aplicación Generadores Enfriados por Líquido.
- Go Power Systems. D-2000. Series Dynamometer. Installation, operation and service manual.
- GUERRERO, Francisco. Curso de Bombas Centrífugas.
- HEYWOOD, J.B. Internal combustion engine Fundamentals. New Cork: McGraw Hill: 1988.
- NIÑO, Luis A. Tesis: Banco de Pruebas de Motores para el laboratorio de máquinas Termicas Alternativas, Diseño del Puesto de trabajo y propuesta de Modernización del laboratorio. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2006.
- Norma Técnica Colombiana NTC 1930. Vehiculos Automotores. Motores de Combustión Interna. Determinación de la Potencia Neta. ICONTEC.
- PLINT, Michael y MARTYR, Anthony. Engine Testing Theory and Practice. Oxford, Inglaterra. Butterworth-Heinemann.

# **ANEXOS**

## **Anexo A. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA TENER EN CUENTA DURANTE LA PRUEBA DEL MOTOR EN EL DINAMÓMETRO**

Aunque rara vez se piensa en ello, la seguridad es sumamente importante en todo lo que se hace. Toda persona, aún la más descuidada, observa ciertas reglas básicas de seguridad, simplemente para conservar la vida y la buena salud.

Cuando se trabaja con motores de combustión interna se tendrán que utilizar sustancias químicas volátiles como la gasolina, combustible diesel y aceite, se estará cerca de ejes y otras partes que tienen rápidos movimientos rotatorios, de superficies muy calientes y de sistemas con presiones y vacíos; además, si no hay una ventilación adecuada, se respirará aire que podría estar contaminado con los gases y humos de combustión parcialmente quemado.

■ **Combustible Diesel.** El combustible diesel es un tipo especial de petróleo crudo cuidadosamente procesado. Su viscosidad (capacidad de fluir libremente) y su combustibilidad se controlan con precisión para obtener los resultados deseados en los motores diesel. Aunque el combustible diesel es menos volátil y tiene un punto de inflamación más bajo que la gasolina, es una sustancia muy inflamable que debe almacenarse y manejarse con mucho cuidado.

Una buena regla a seguir cuando se maneje combustible diesel es tratarlo como si fuera gasolina. De hecho, la mayoría de los inspectores de seguridad y prevención de incendios, insisten en que el combustible diesel y los aceites lubricantes para motores se deben almacenar y manejar en la misma forma que la gasolina.

En cuanto a señales de prohibición, en nuestra zona de pruebas contamos con avisos de prohibido encender fuego y salida de emergencia (Figura A1), extintor y en la entrada se observa un aviso de información sobre las pruebas que se realizan en esta zona de la compañía (Figura 65).

Figura 65. Aviso de prohibición y salida de Emergencia.



Figura 66. Extintor y Aviso informativo



## ▣ Recomendaciones Mínimas

- No permitir que llamas, cigarrillos, equipos que producen chispas sean puestas próximas al motor, dinamómetro y tanque de combustible.
- Antes de realizar operaciones cerca de las baterías, asegurarse de una buena ventilación. Las baterías plomo ácidas emiten un gas hidrógeno altamente explosivo que puede ser inflamado por chispas.
- En caso de que sea necesario algún ajuste mientras la prueba de dinamómetro se esté realizando, tener cuidado con piezas que se encuentran calientes.
- No usar ropas húmedas y mantener la piel seca cuando se estén manipulando equipos eléctricos.
- Mantener el dinamómetro, motor y las áreas vecinas limpias y libres de obstrucciones para evitar accidentes.
- Mantener el piso limpio y seco.
- Asegurarse de que hayan sido instalados extintores de incendios en los lugares apropiados.

## ▣ Incendios

La mayoría de los incendios pertenecen a una de las tres categorías siguientes, relativas a los materiales inflamables o causantes de fuego:

- Clase A: Madera, tela, papel, basura.
- Clase B: Gasolina, aceite, grasa, pintura
- Clase C: Equipo eléctrico.

Los incendios de Clase A son los menos peligrosos y destructivos y generalmente pueden apagarse con un extintor de agua o ácido que enfría el material ardiente, para reducir su temperatura por debajo del punto de

inflamación. El extintor simplemente se coloca de cabeza y el chorro se dirige hacia atrás y hacia delante en la parte inferior del fuego.

Los incendios de Clase B producen mucho más calor y requieren una extinción más severa que la proporcionada por el extintor para la clase A. Un incendio de clase B debe ser sofocado cortando el abasto de oxígeno que alimenta el fuego. El extintor de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es muy eficaz para combatir incendios de clase B. Este extintor debe aplicarse con un movimiento lento y de barrido, dirigiéndolo de lado a lado, comenzando desde el frente y avanzando hacia la parte posterior del área en llamas.

Los extintores que producen espuma también son efectivos para atacar incendios de clase B. Una capa de espuma con base de agua depositada sobre el material ardiente elimina el oxígeno y sofoca las llamas.

En ninguna circunstancia trate de apagar un incendio de clase B con agua. El oxígeno que es parte de la composición molecular del agua, solo puede hacer que la intensidad del fuego aumente y éste se propague más rápidamente.

Los incendios de Clase C se producen en aparatos eléctricos, por lo cual sería peligroso extinguirlos con agua, pues se podría sufrir un choque eléctrico. Si el equipo está energizado, el fuego debe atacarse con extintores de  $\text{CO}_2$ , productos químicos en polvo o bien con líquido vaporizante.

Para nuestro banco de pruebas contamos con un extintor de tipo multipropósito, es decir, lo podemos aplicar para cualquiera de las tres clases de incendio anteriormente mencionados.

■ **Ficha Toxicológica del A.C.P.M. para Cummins API S.A. Seguridad Industrial ARP Colpatría.**

■ **Hoja de Datos de Seguridad A.C.P.M.**

Sinónimos. Diesel, Combustible Diesel, Aceite Combustible para Motores, Fuel Oil No 2.

Formula. Mezcla compleja de hidrocarburos.

Composición. Hidrocarburos y aditivos.

Usos. Combustible automotor, combustible para locomotoras, generadores de electricidad, combustible para motores.

■ **Efectos para la Salud.**

Inhalación. Los vapores producen dolor de cabeza, náuseas, mareo, narcosis, irritación de los ojos, nariz, tráquea y pulmones, depresión del sistema nervioso central, inconciencia(a altas temperaturas y ventilación deficiente).

Ingestión. Puede resultar nocivo o fatal. Alto riesgo de aspiración si se presenta el vomito. Si se broncoaspira la sustancia puede causar neumonitis química.

Piel. Irritación, resequedad. Se absorbe por la piel.

Ojos. Irritación, enrojecimiento y ardor.

Efectos Crónicos. El contacto repetido o prolongado con la piel causa dermatitis. Estudios de laboratorio han demostrado el desarrollo de cáncer de piel en animales, sin embargo esto no ha sido relacionado para humanos.

## ■ **Primeros Auxilios.**

Inhalación. Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

Ingestión. Lava la boca con agua. Si esta consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vomito, si se presenta en forma natural, inclinar la víctima hacia el frente para reducir el riesgo de broncoaspiración, suministrar más agua. Buscar atención médica.

Piel. Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante quince minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica inmediatamente.

Ojos. Lavar con abundante agua, mínimo durante quince minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

## ■ **Riesgo de incendio y/o Explosión.**

Punto de Inflamación (Grados Celsius). 40-88

Temperatura de Auto ignición (Grados Celsius). 257

Límites de Inflamabilidad (%V/V). 0.5-5

Peligros de Incendio y/o explosión. Líquido inflamable. Puede encender por calor, chispa, llama o descarga electrostática. Los contenedores vacíos pueden tener residuos del producto que incluyen vapores que pueden formar mezclas inflamables y explosivas con el aire.

Productos de la combustión. Monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de azufre.

Precauciones para evitar incendios y/o explosión. Mantener alejado de toda fuente de ignición, calor, generación de electricidad estática y materiales incompatibles. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión. Conectar a tierra los contenedores para evitar descargas electrostáticas.

Procedimientos en caso de incendio y/o explosión. Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Retirar el material combustible de los alrededores. Retirar los contenedores si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, enfriarlos con agua en forma de roció. No introducir agua en los contenedores.

Agentes extintores del fuego. Polvo químico seco, dióxido de carbono, espuma.

#### ▣ **Propiedades Físicas y Químicas.**

Apariencia. Líquido claro a ámbar con olor a hidrocarburo.

Gravedad Específica (Agua=1). 0.82-0.87/20 Grados Celsius.

Punto de Ebullición (Grados Celsius). 270-372

Punto de fusión (Grados Celsius). -20 a -40

Densidad Relativa del vapor (Aire=1). N.R.

Presión de Vapor (mm Hg.). 0.5/20 Grados Celsius

Viscosidad (cp). N.A.

PH. N.A.

Solubilidad. Insoluble en agua. Soluble en otros hidrocarburos.

## Anexo B. CÁLCULOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR DIESEL

■ **Cálculos de Tamaño de Tubería de Enfriamiento para un motor 4BT de 102 caballos de Potencia.** El diseño preliminar de la tubería para un sistema de enfriamiento de radiador remoto requiere de 110.826 pies de tubo de 3 pulgadas de diámetro, 16 codos de 90 grados estándar (8 codos de abastecimiento y 8 codos de retorno) ,3 válvulas de compuerta para aislar el radiador para dar servicio al motor y 2 válvulas cheque. La hoja de especificaciones del motor indica que el flujo de refrigerante es de 45 GPM y que la fricción permisible es 5 PSI.

Este procedimiento involucra determinar la pérdida de presión causada por cada elemento, y comparar la suma de las pérdidas con la máxima permisible.

1. Determinar la pérdida de presión en el radiador consultando los datos del fabricante. Para este caso, asumir que la pérdida de presión es de 1 psi a un flujo de 135 gpm.
2. Encontrar las longitudes equivalentes de todas las piezas de tubería y válvulas usando la Cuadro B2 y sumarlas al total del tubo recto.

Cuadro 9. Cálculo de la Longitud Virtual de Tubo

16 codos 90 grados estándar	$18 \times 7.7 = 123.2$
2 válvulas cheque	$2 \times 20 = 40$
3 válvulas de compuerta	$3 \times 3.6 = 10.8$
110.826 pies de tubo recto	110.826
Longitud Virtual de tubo (pies): 123.2 +40 + 10.8 + 110.826	284.826

Cuadro 10. Longitudes Equivalentes de piezas de tubo y válvulas en pies. (mm).

TIPO DE PIEZA	TAMANO NOMINAL DE TUBERIA EN PULGADA(MILIMETRO) PIPE SIZE										
	1/2 (15)	3/4 (20)	1 (25)	1-1/4 (32)	1-1/2 (40)	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
Codo de 90° Estándar o "T" reducida 0.5 pulg	1.7 (0.5)	2.1 (0.6)	2.6 (0.8)	3.5 (1.1)	4.1 (1.2)	5.2 (1.6)	6.2 (1.9)	7.7 (2.3)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)
Codo Amplio de 90° o "T" por el lado recto	1.1 (0.3)	1.4 (0.4)	1.8 (0.5)	2.3 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	6.8 (2.1)	8.5 (2.6)	10 (3.0)
Codo de 45°	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)
Doble de retorno	4.1 (1.2)	5.1 (1.6)	6.5 (2.0)	8.5 (2.6)	9.9 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	19 (5.8)	25 (7.6)	31 (9.4)	37 (11.3)
"T" Entrada o Salida Lateral	3.3 (1.0)	4.2 (1.3)	5.3 (1.6)	7.0 (2.1)	8.1 (2.5)	10 (3.0)	12 (3.7)	16 (4.9)	20 (6.1)	25 (7.6)	31 (9.4)
Valvula de pie y colador	3.7 (1.1)	4.9 (1.5)	7.5 (2.3)	8.9 (2.7)	11 (3.4)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11.0)	46 (14.0)
Valvula Check de columna Abierta	4.3 (1.3)	5.3 (1.6)	6.8 (2.1)	8.9 (2.7)	10 (3.0)	13 (4.0)	16 (4.9)	20 (6.1)	26 (7.9)	33 (10.1)	39 (11.9)
Valvula de Globo Abierta	19 (5.8)	23 (7.0)	29 (8.8)	39 (11.9)	45 (13.7)	58 (17.7)	69 (21.0)	86 (26.2)	113 (34.4)	142 (43.3)	170 (51.8)
Valvula de Angulo Abierta	9.3 (2.8)	12 (3.7)	15 (4.6)	19 (5.8)	23 (7.0)	29 (8.8)	35 (10.7)	43 (13.1)	57 (17.4)	71 (21.6)	85 (25.9)
Valvula de Compuerta Abierta	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)

Fuente: Manual de Aplicación. Generadores Enfriados por Líquido. Cummins Power Generation.

3. Encontrar la retropresión del flujo dado por unidad de longitud de tubo para el diámetro nominal del tubo usado en el sistema. En este ejemplo, se usa tubo de 3 pulgadas nominales. Siguiendo las líneas punteadas en la Figura B3, el tubo de 3 pulgadas con un flujo de refrigerante de 45 gpm causa una pérdida de presión de aproximadamente 0.23 psi por 100 pies de tubo. (Ver figura B3).

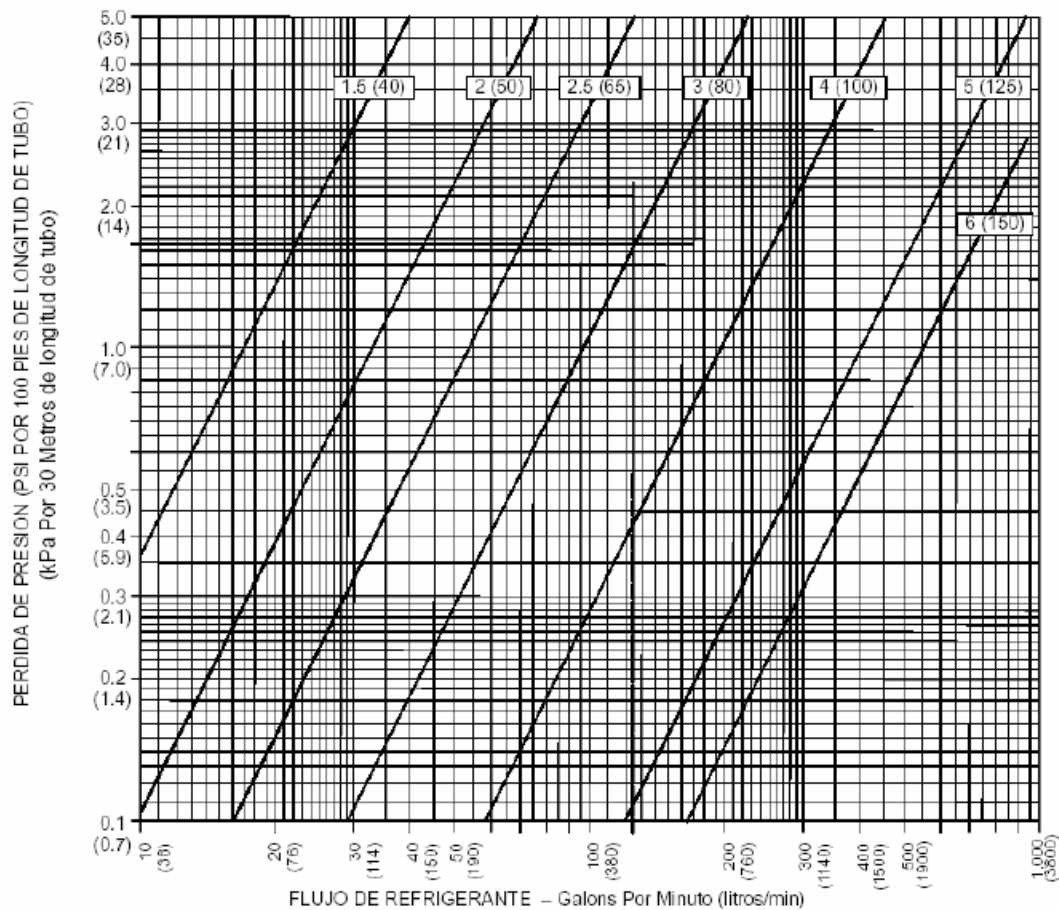
4. Calcule la presión en el tubo como sigue:

$$\text{Pérdida} = 284.826 \text{ ft} \times 0.23 \text{ psi}/100 \text{ ft} = 0.655.$$

5. La pérdida total del sistema es la suma de las pérdidas del radiador y de la tubería:

Pérdida Total de Presión = 0.655 psi de tubería + 1 psi del radiador= 1.65 psi.

Figura 67. Pérdidas de Presión Friccionales por pulg. (mm) de Diámetro en tubos



Fuente: Manual de Aplicación. Generadores Enfriados por Líquido. Cummins Power Generation.

6. El cálculo indica que el diseño para el sistema de enfriamiento con radiador remoto es adecuado en términos de fricción de refrigerante puesto que no es más alta que la fricción permitida. Si un cálculo indica fricción excesiva, repita el cálculo usando el tubo de diámetro mayor inmediato

siguiente. Compare las ventajas y desventajas de usar un tubo mas grande con las de usar una bomba auxiliar.

■ **Cálculos de Tamaño de Tubería de Enfriamiento para un motor KTA-19 de 755 caballos de Potencia.** El diseño preliminar de la tubería para un sistema de enfriamiento de radiador remoto requiere de 110.826 pies de tubo de 3 pulgadas de diámetro, 16 codos de 90 grados estándar (8 codos de abastecimiento y 8 codos de retorno) ,3 válvulas de compuerta para aislar el radiador para dar servicio al motor y 2 válvulas cheque. La hoja de especificaciones del motor indica que el flujo de refrigerante es de 196 GPM y que la fricción permisible es 10 PSI.

Este procedimiento involucra determinar la pérdida de presión causada por cada elemento, y comparar la suma de las pérdidas con la máxima permisible.

1. Determinar la pérdida de presión en el radiador consultando los datos del fabricante. Para este caso, asumir que la pérdida de presión es de 1 psi a un flujo de 135 gpm.
2. Encontrar las longitudes equivalentes de todas las piezas de tubería y válvulas usando el cuadro 10 y sumarlas al total del tubo recto.

Cuadro 11. Cálculo de Longitudes Equivalentes.

16 codos 90 grados estándar	$16 \times 7.7 = 123.2$
2 válvulas cheque	$2 \times 20 = 40$
3 válvulas de compuerta	$3 \times 3.6 = 10.8$
110.826 pies de tubo recto	110.826
Longitud Virtual de tubo (pies): 123.2 +40 + 10.8 + 110.826	284.826

3. Encontrar la retropresión del flujo dado por unidad de longitud de tubo para el diámetro nominal del tubo usado en el sistema. En este ejemplo, se usa tubo de 3 pulgadas nominales. Siguiendo las líneas punteadas en la Figura B3 el tubo de 3 pulg. con un flujo de refrigerante de 196 gpm causa una pérdida de presión de aproximadamente 4 psi por 100 pies de tubo.

4. Calcule la presión en el tubo como sigue:

$$\text{Pérdidas} = 284.826 \text{ ft} \times 4 \text{ psi}/100 \text{ ft} = 11.39$$

5. La pérdida total del sistema es la suma de las perdidas del radiador y de la tubería:

$$\text{Pérdida Total de Presión} = 11.39 \text{ psi de tubería} + 1 \text{ psi del radiador} = 12.39 \text{ psi.}$$

6. El cálculo indica que el diseño para el sistema de enfriamiento con radiador remoto no es adecuado en términos de fricción de refrigerante puesto que es más alta que la fricción permitida. Esto indica que con este sistema de enfriamiento no es posible probar motores de este caballaje.

## **Anexo C. CÁLCULOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL DINAMÓMETRO.**

### **■ Cálculos del Tanque Sistema de Enfriamiento Dinamómetro.**

Se necesita saber un valor aproximado del sumidero para el drenaje del agua. Partimos del hecho que los motores diesel requieren 3.06 galones por minuto de agua por potencia-hora, entonces para el dinamómetro con el que se cuenta que tiene una capacidad de 800 caballos de potencia, el consumo de agua se obtiene del producto de 3.06 gpm por 800 Hp por una hora de consumo, siendo el resultado del consumo total 2448 galones por minuto durante una hora de funcionamiento del dinamómetro. Se diseñó un tanque de aproximadamente 2378 galones de capacidad.

Cuadro 12. Dimensiones del Tanque de Enfriamiento.

profundidad	Largo	Ancho	volumen metros cúbicos	volumen galones
1 m	4,5 m	2 m	9	2377,53

### **■ Cálculo de las Bombas Centrífugas.**

1. Selección de la Bomba Centrífuga que abastece de Agua al Dinamómetro.

- Definir la Aplicación: Transferencia de Agua a través de 19 metros de tubería de hierro galvanizado de diámetro 1.9055 pulgadas para alimentación del Dinamómetro.
- Caudal: Descarga del fluido a un ritmo de 85 galones por minuto, o 5.3618 litros por segundo, según recomendación del fabricante del Dinamómetro.
- Características del Líquido: Agua. La Viscosidad Cinemática del agua a 35 grados Celsius es de aproximadamente  $0.727 \cdot 10$  exponente a la 6

metros cuadrados sobre segundo. Dato tomado de Propiedades físicas del Agua del Libro de Mecánica de Fluidos de Streeter.

- La Gravedad Específica del Agua a 35 grados Celsius es de 0.995. (Ver cuadro B5).

### 1.1 Cálculo de las pérdidas.

- Lado de la succión. Pérdidas en la tubería para 85 galones por minuto o 5.3618 litros por segundo. En el cuadro B6 se pueden observar las pérdidas pero no tenemos un valor exacto para este valor de galones por minuto, por lo tanto tomamos el valor de 6 litros por segundo.

Cuadro 13. Propiedades del Agua a Varias Temperaturas.

TEMPERATURA °C	GE REF. 15,6 °C	PRESION VAPOR ABSOLUTA (PSI)
0	1.002	0.0885
4.4	1.001	0.1217
7.2	1.001	0.1475
10	1.001	0.1781
12.8	1	0.2141
15.6	1	0.2563
18.3	0.999	0.3056
21.1	0.999	0.3631
23.9	0.998	0.4298
26.7	0.998	0.5069
29.4	0.997	0.5959
32.2	0.996	0.6982
35	0.995	0.8153
37.8	0.994	0.9492
43.3	0.992	1.275
48.9	0.99	1.692
54.4	0.987	2.223
60	0.985	2.889
65.6	0.982	3.718
71.1	0.979	4.741
76.7	0.975	5.992
82.2	0.972	7.51
87.8	0.968	9.339
93.3	0.964	11.526
100	0.959	14.696

Fuente: Curso de Bombas Centrífugas. Francisco Guerrero

Para el valor de 6 litros por segundo y una tubería de diámetro de 2 pulgadas tenemos en el cuadro B6 el factor de pérdida es de 15.78%.

En la succión para una longitud de aproximadamente 14.96 metros las pérdidas son:

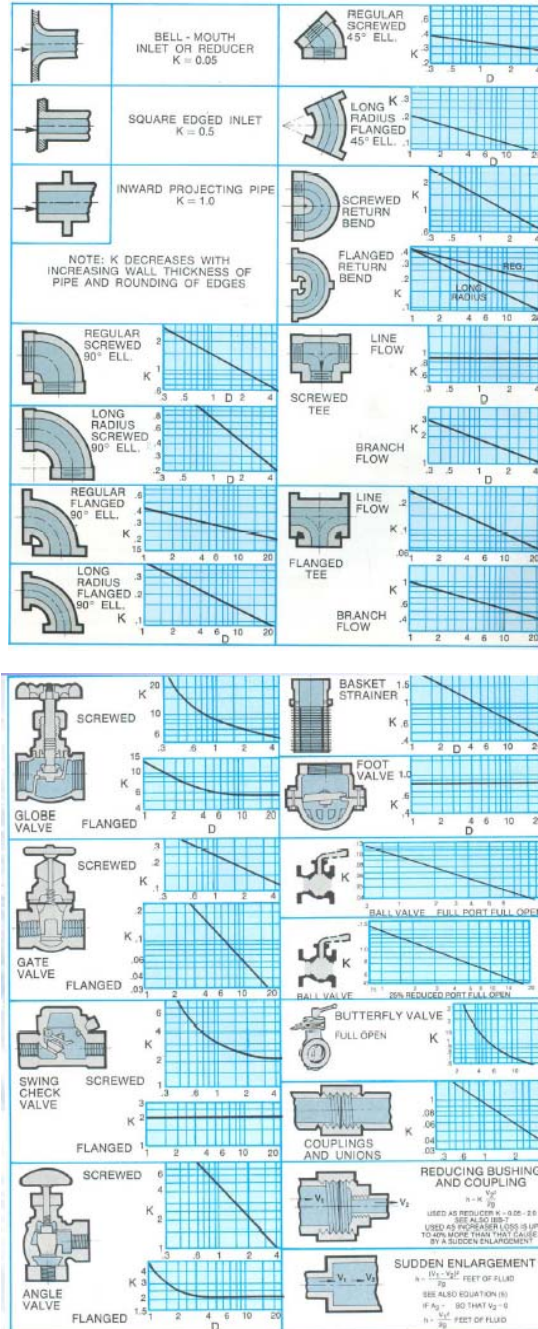
$$15.78 \times 14.96 / 100 = 2.36 \text{ metros.}$$

Cuadro 14. Pérdidas en Tuberías de Acero SCH 40 y Agua Limpia.

Q l/s	2" (2,067" I.D.)			2,1/2" (2,469" I.D.)		
	V (m/s)	V <sup>2</sup> /2g (m)	Hf (%)	V (m/s)	V <sup>2</sup> /2g (m)	Hf (%)
1.5	0.69	0.024	1.18	0.48	0.012	0.49
2	0.92	0.043	2.00	0.65	0.021	0.83
2.5	1.15	0.068	3.03	0.81	0.033	1.26
3	1.38	0.098	4.25	0.97	0.048	1.76
4	1.84	0.174	7.30	1.29	0.085	3.00
5	2.31	0.271	11.15	1.62	0.133	4.56
6	2.77	0.390	15.78	1.94	0.192	6.44
7	3.23	0.532	21.21	2.26	0.261	8.63
8	3.69	0.694	27.42	2.59	0.341	11.12
10	4.61	1.085	42.20	3.23	0.533	17.06
12	5.53	1.562	60.13	3.88	0.767	24.23
14	6.46	2.126	81.20	4.52	1.044	32.65
15	6.92	2.44	92.91	4.85	1.199	37.32
16				5.17	1.364	42.30
17				5.49	1.540	47.59
18				5.82	1.726	53.19
20				6.46	2.131	65.33
25				8.08	3.330	101.10
30						
35						
40						
45						
50						
60						

Fuente: Curso de Bombas Centrífugas. Francisco Guerrero.

Cuadro 15. Pérdidas en Accesorios de tubería.



Fuente: Curso de Bombas Centrífugas. Francisco Guerrero.

Cuadro 16. Pérdidas en los Accesorios de la Succión en la Bomba del Dinamómetro.

<b>Accesorio</b>	<b>K</b>
Codo 1	1
Codo 2	1
Codo 3	1
Codo 4	1
Válvula de Globo	0.14
Unión 1	0.058
Unión 2	0.058
Unión 3	0.058

$K \text{ Total: } 4(1) + 0.14 + 3(0.058) = 4.314 \text{ metros.}$

$V^2/2g$  para 6 litros/segundo es 0.390 según el cuadro B6.

Las pérdidas totales en los accesorios de la succión son:

$4.314 * 0.390 = 1.6824 \text{ metros.}$

Las pérdidas en la succión son:  $2.36 + 1.6824 = 4.024 \text{ metros.}$

- Lado de Descarga:

Pérdida en la tubería. Para 6 litros/ segundo y tubería de 2 pulgadas el factor de pérdida es de 15.78%. Para una longitud de 4.04 metros las pérdidas son:  $15.78 * 4.04 / 100 = 0.6375 \text{ metros.}$

Cuadro 17. Pérdidas en los Accesorios de la Descarga en la Bomba del Dinamómetro.

<b>Accesorio</b>	<b>K</b>
Codo 1	1
Codo 2	1
Válvula Cheque	2.4

$K \text{ Total} = 2(1) + 2.4 = 4.4$  metros.

$V^2/2g$  para 6 litros/segundo es 0.390 según el cuadro B6.

Las pérdidas totales en los accesorios de la descarga son:

$4.4 * 0.390 = 1.716$  metros.

Las pérdidas en la descarga son:  $0.6375 + 1.716 = 2.3535$  metros.

$H_f \text{ Total} = h_f \text{ descarga} + h_f \text{ succión} = 2.3535 + 4.0424 = 6.3959$  metros.

- Cálculo de la altura estática total. Como el requerimiento máximo para adaptarse a las condiciones del dinamómetro es de 45 psi, entonces se tiene:

$45 \text{ psi} * 2.31 \text{ pies}/1 \text{ psi} = 103.95$  pies.

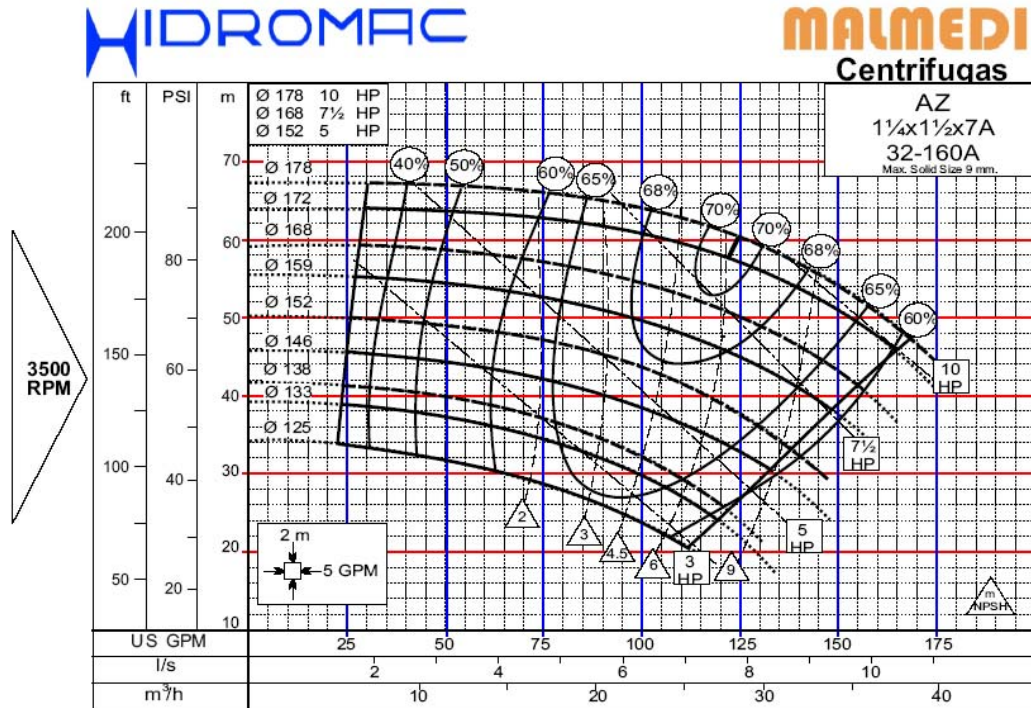
Y  $103.95 \text{ pies} * 0.3048 \text{ m}/1 \text{ pie} = 31.68396$  m

Por ultimo se tiene:

$ADT = H \text{ estática total} + HF = 31.6839 + 6.3959 = 38.0798$  metros.

Teniendo en cuenta la Altura Estática Total, las pérdidas y las condiciones de operación del dinamómetro se selecciona una bomba centrífuga como la mostrada en la figura 68.

Figura 68. Curva Característica de la Bomba Centrífuga del Dinamómetro.



## 2. Cálculo de la Bomba de Enfriamiento.

- Definir la Aplicación. Transferencia de Agua a través de 8.78 metros de tubería de hierro galvanizado de 1.5 pulgadas para alimentación del radiador.
- Caudal. Descarga del fluido a un ritmo de 60 galones por minuto (3.785 litros/segundo).
- ADT. Debe calcularse el ADT para 3.785 litros/segundo.
- Características del Líquido. Viscosidad cinemática del agua a 180 Fahrenheit (82 Celsius), entonces se toma el valor más cercano de 85 Celsius. Gravedad Específica del agua a 82.2 Celsius=0.972
- Perdidas. Para tubería de 1.5 pulgadas

### 2.1 Cálculo de las pérdidas.

- Lado de la succión. Pérdidas en la tubería para 60 galones por minuto o 3.785 litros por segundo. En el cuadro B6 se pueden observar las pérdidas pero no tenemos un valor exacto para este valor de galones por minuto, por lo tanto tomamos el valor de 4 litros por segundo.

Para el valor de 4 litros por segundo y una tubería de diámetro de 1.5 pulgadas tenemos en el cuadro B6 el factor de pérdida es de 25.80%.

En la succión para una longitud de aproximadamente 2.15 metros las pérdidas son:

$$25.80 \times 2.15 / 100 = 0.5547 \text{ metros.}$$

Cuadro 18. Pérdidas en los Accesorios de la Succión en la Bomba de Enfriamiento.

<b>Accesorio</b>	<b>K</b>
Codo 1	1.2
Válvula de Pie	0.8
T de 1.5	0.9

$$K \text{ Total: } 1.2 + 0.8 + 0.9 = 2.9 \text{ metros.}$$

$V^2/2g$  para 4 litros/segundo es 0.472 según el cuadro B6.

Las pérdidas totales en los accesorios de la succión son:

$$2.9 \times 0.472 = 1.3688 \text{ metros.}$$

Las pérdidas en la succión son:  $0.5547 + 1.3688 = 1.9235$  metros.

- Lado de Descarga:

Pérdida en la tubería. Para 4 litros/ segundo y tubería de 1.5 pulgadas el factor de pérdida es de 25.80%. Para una longitud de 6.63 metros las pérdidas son:

$$25.80 \times 6.63 / 100 = 1.7105 \text{ metros.}$$

**Cuadro 19. Pérdidas en los Accesorios de la Descarga en la Bomba de Enfriamiento.**

<b>Accesorio</b>	<b>K</b>
5 Codos de 1.5	1.2
3 T de 1.25	0.8
Válvula Antirretorno de 1.5	2.5
Válvula de Compuerta de 1.5	0.2
Universal	0.7

$$K \text{ Total} = 5(1.2) + 3(0.8) + 2.5 + 0.2 + 0.7 = 11.8 \text{ metros.}$$

$V^2/2g$  para 4 litros/segundo es 0.472 según el cuadro B6.

Las pérdidas totales en los accesorios de la descarga son:

$$11.8 \times 0.472 = 5.5696 \text{ metros.}$$

Las pérdidas en la descarga son:  $1.7105 + 5.5696 = 7.2801$  metros.

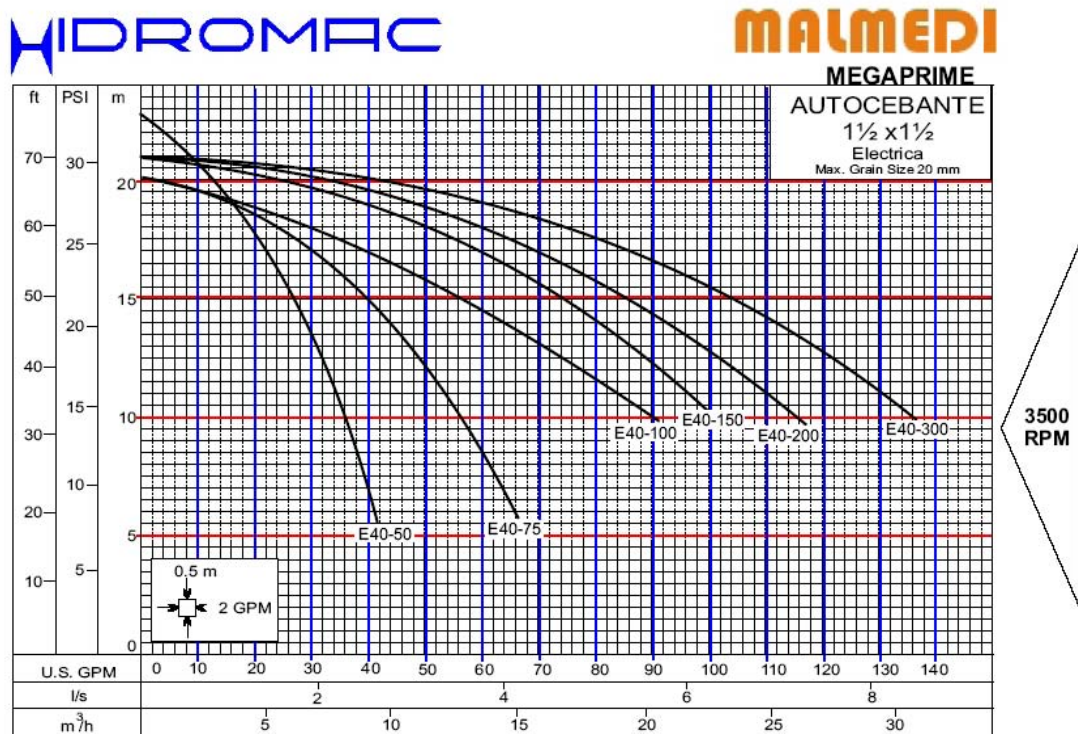
$$H_f \text{ Total} = h_f \text{ descarga} + h_f \text{ succión} = 7.2801 + 1.9235 = 9.2036 \text{ metros.}$$

- Cálculo de la altura estática total. Como la altura máxima para llevar el agua hacia el radiador es de 2.8 metros se tiene:

$$ADT = H \text{ estática total} + HF = 2.8 + 9.2036 = 12 \text{ metros.}$$

Teniendo en cuenta la Altura Estática Total, las pérdidas y las condiciones de operación del radiador de enfriamiento se selecciona una bomba centrífuga como la mostrada en la figura B13.

Figura 69. Curva Característica de la Bomba Centrífuga de Enfriamiento.



## **Anexo D. CÁLCULOS DEL SISTEMA DE ESCAPE DEL BANCO DE PRUEBAS**

### **■ Cálculo de Contrapresión.**

Se realizaron los cálculos para el sistema de Escape en base a uno de los motores con más potencia a probar y para dicho cálculo se utilizó un Motor KTTA 19 DE 700 Caballos @ 2100 RPM.

La forma del sistema de escape diseñado especifica un tubo flexible de 6 pulgadas (152.4 mm) de diámetro y de 79 pulgadas (2000 mm) de largo en la salida de escape del motor, un silenciador residencial con una entrada de 6 pulg (150 mm), 36 pies (11 metros) de tubo de 6 pulg (150 mm) y dos codos de 6 pulg (150 mm) de radio amplio. La hoja de especificaciones del generador indica que el flujo de gas de escape del motor es de 4305 cfm (pies cúbicos por minuto), y que la retro-presión máxima permisible es de 41 pulgadas de Agua.

Este procedimiento involucra determinar la retro-presión del escape producida por cada elemento (tubo flexible, silenciador, codos y tubos), y comparar la suma de las retro-presiones con la máxima retro-presión permisible.

1. Determinar la retro-presión del escape causada por el silenciador. La Figura B16 es una gráfica de las retro-presiones típicas de silenciadores de escape. Para usar la Figura B16:

- a) Se debe encontrar el área de la sección transversal de la entrada de del silenciador usando el cuadro B14 (0.1963 ft<sup>2</sup> para este cálculo).
- b) Se debe encontrar el rango de flujo de escape del fabricante del motor. Para este cálculo se dan 4305 cfm.

c) Se debe calcular la velocidad del gas de escape en pies por minuto (fpm) dividiendo el flujo (cfm) entre el área de la entrada del silenciador como sigue:

Velocidad del Gas =  $4305 \text{ cfm} / 0.1963 \text{ pies cuadrados} = 21930.71 \text{ fpm}$ .

d) Usando la Figura B16, determinar la retro-presión causada por este flujo en el silenciador especificado.

En este cálculo, la velocidad del Gas se sale del rango de la figura B16 y por lo tanto es necesario interpolar el valor encontrado para mostrar que el silenciador de grado residencial causará una retro-presión de aproximadamente 30 pulgadas de Agua.

2. Se deben encontrar las longitudes equivalentes de todas las conexiones y de las secciones de tubo flexible usando el cuadro 21.

- 1) 79 pulgadas de tubo flexible 4ft.
- 2) 6 pulgadas de codo de radio amplio 10 ft.
- 3) 6 pulgadas de codo de radio amplio 10 ft.
- 4) 36 pies de tubo de 6 pulgadas 36 ft.

3. Se debe encontrar la retro-presión en la longitud de tubo por unidad del flujo dado de escape por cada diámetro nominal usado en el sistema.

En este cálculo tubos de 6 pulgadas nominales. En este caso también se sale del rango, entonces debemos interpolar con un flujo de 21930.71 fpm, y según la figura 70, el tubo de 6 pulg. causa una retro-presión de aproximadamente 1 pulgada de Agua por pie.

4. Se debe sumar el total de las retro-presiones para todos los elementos como sigue:

- 1) tubo flexible de 6 pulgadas  $(4 \times 1) = 4$
- 2) codo de radio amplio  $(10 \times 1) = 10$
- 3) codo de radio amplio  $(10 \times 1) = 10$

4) 36 pies de tubo de 6 pulg. (36 x 1)= 36

4) silenciador= 30

Restricción Total (pulgadas de Agua)= 90.

El Cálculo indica que la forma del tubo y las dimensiones diseñadas no son adecuadas en términos de retro-presión de escape ya que la suma de las retro-presiones es mayor que la retro-presión máxima permisible de 41 pulgadas de Agua. Por lo tanto, el sistema diseñado solo puede trabajar con motores de menor potencia que el señalado. El resumen de todos los cálculos se pueden observar en el cuadro 22.

Cuadro 20. Áreas Seccionales de Aberturas de Diferentes Diámetros.

DIAMETRO DE ENTRADA DE SILENCIADOR (pulg)	AREA DE ENTRADA DE SILENCIADOR (FT <sup>2</sup> )	DIAMETRO DE ENTRADA DE SILENCIADOR (pulg)	AREA DE ENTRADA DE SILENCIADOR (FT <sup>2</sup> )
2	0.0218	8	0.3491
2.5	0.0341	10	0.5454
3	0.0491	12	0.7854
3.5	0.0668	14	1.069
4	0.0873	16	1.396
5	0.1363	18	1.767
6	0.1963		

Fuente. Tomado de Manual de Aplicación Generadores Enfriados por Líquido. Cummins Power Generation.

Cuadro 21. Longitudes Equivalentes de Piezas de Tubo en Pies (Metros).

TIPO DE PIEZA	TAMANO NOMINAL DE TUBO EN PULGADAS (MILIMETROS)												
	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	3.5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)	16 (400)	18 (450)
Codo Estandar 90°	5.2 (1.6)	6.2 (1.9)	7.7 (2.3)	9.6 (2.9)	10 (3.0)	13 (4.0)	16 (4.6)	21 (6.4)	26 (7.9)	32 (9.8)	37 (11.3)	42 (12.8)	47 (14.3)
Codo de Radio Medio 90°	4.6 (1.4)	5.4 (1.6)	6.8 (2.1)	8 (2.4)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4.0)	18 (5.5)	22 (6.7)	26 (7.9)	32 (9.8)	35 (10.7)	40 (12.2)
Codo de Radio Amplio 90°	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	6 (1.8)	6.8 (2.1)	8.5 (2.6)	10 (3.0)	14 (4.3)	17 (5.2)	20 (6.1)	24 (7.3)	26 (7.9)	31 (9.4)
Codo de 45°	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.2 (1.3)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)	8 (2.4)	9 (2.7)	17 (5.2)	19 (5.8)	22 (6.7)	
"T" Entrada o Salida Lateral	10 (3.0)	12 (3.7)	16 (4.9)	18 (5.5)	20 (6.1)	25 (7.6)	31 (9.4)	44 (13)	56 (17)	67 (20)	78 (23.8)	89 (27.1)	110 (33.5)
Tubo Flexible de 18 pulg	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)
Tubo Flexible de 24 pulg	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)

Fuente. Tomado de Manual de Aplicación Generadores Enfriados por Líquido. Cummins Power Generation.

Figura 70. Contrapresión de Silenciador vs. Velocidad de Gas.

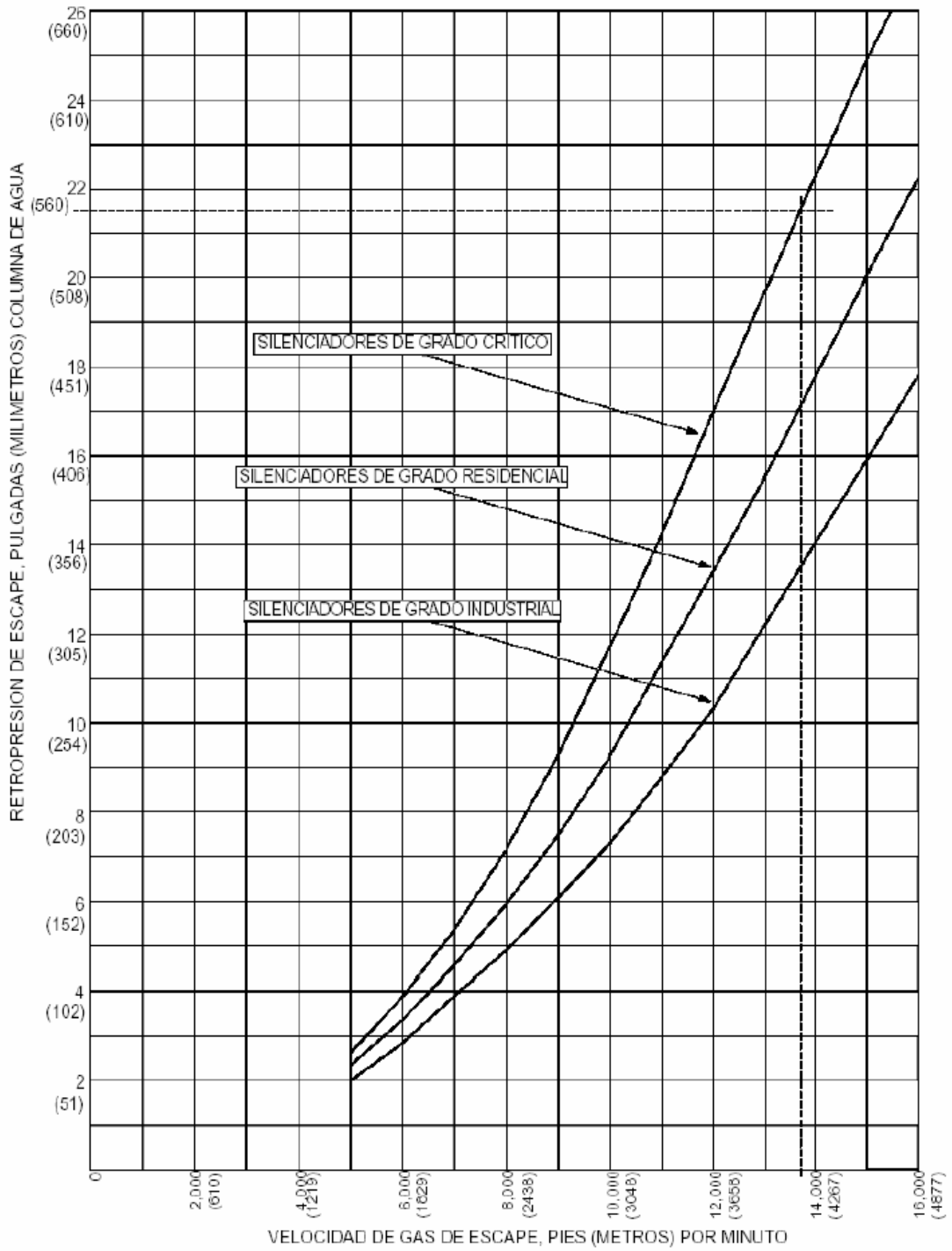
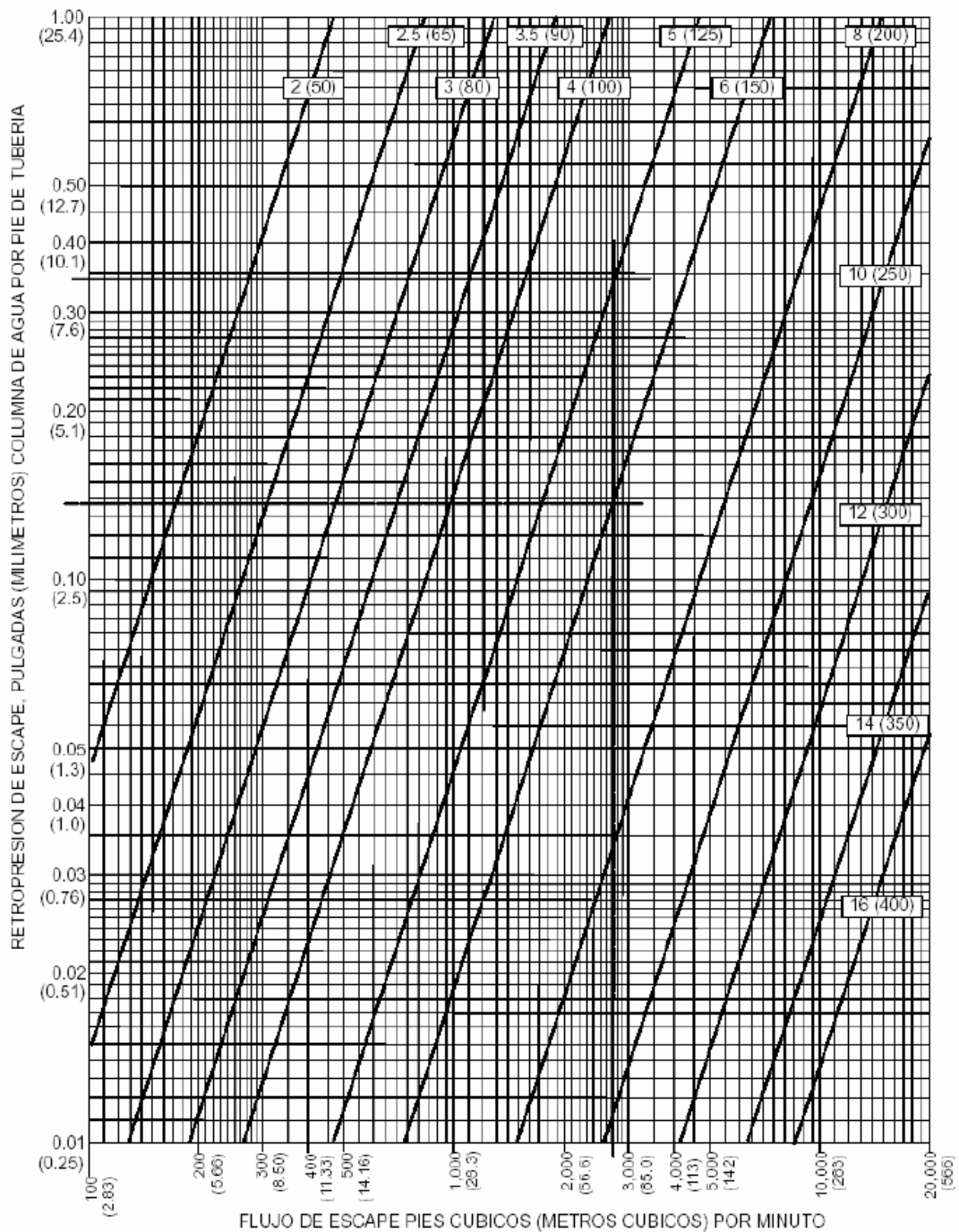


Figura 71. Contrapresión de Escape en Diámetros Nominales de Tuberías en Pulgadas (mm).



Cuadro 22. Cuadro de Resumen de Cálculos Sistema de Escape.

<b>Cálculo Tubería de Escape</b>			
Modelo de Motor.	<b>KTTA-19</b>		
Número de Silenciadores.	1		
<b>Pérdidas en el Silenciador</b>			
CFM	<b>4305</b>		
Diámetro del silenciador en pulgadas	<b>6</b>		
Área del silenciador Ft cuadrados	0,1963		
Velocidad del gas = cfm/Área silenciador	21930.71		
Contrapresión en el Silenciador	<b>30</b>	Pulgadas de agua	
<b>Accesorios de Tubería.</b>			
		Longitud (Pies)	
Diámetro de tubería en Pulgadas.	<b>6</b>		
Longitud de tubería en Pulgadas.	<b>79</b>	36	
Número de codos	<b>2</b>	20	
Flexibles	<b>1</b>	4	
	Long (FT)	Perdidas por FT	Perdidas totales
Perdidas en Tubería.	36	<b>1</b>	36
Pérdidas en Codos.	20	<b>1</b>	20
Pérdidas en Flexible.	4	<b>1</b>	4
Total de Pérdidas.			
<b>Total Contrapresión</b>	<b>90</b>	Pulgadas de agua	
Máxima admitida por el equipo	<b>41</b>	Pulgadas de agua	
Ver boletín Cummins de Generadores			

## Anexo E. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL TORQUE EN EL DINAMÓMETRO



Corporación CDT de GAS  
Centro de Desarrollo Tecnológico del GAS

ER-702-07

Piedecuesta, 03 de Octubre de 2007

Señores  
**CUMMINS API S.A.**  
Atn: Ing. Oscar Guerrero  
Proyecto Dinamómetro  
Girón

Respetada Ing. Guerrero:

Adjunto encontrará el INFORME DE RESULTADOS obtenido después de realizar la calibración y ajuste del Torque en Dinamómetro para banco de motores, enviado a nuestro laboratorio. Dicha calibración se realizó teniendo en cuenta los procedimientos técnicos del CDT de GAS.

El servicio corresponde al consecutivo 07-893, el informe y la muestra fue identificada en el CDT de GAS como:

IDENTIFICACIÓN INFORME	IDENTIFICACIÓN MUESTRA	UBICACIÓN DEL INSTRUMENTO
INFG - 07 - VAR - 038 - 893	CDT - 07 - VAR - 060 - PROT	CUMMINS API S.A

Cordial saludo,

**LINA MARÍA CRISTANCHO G.**  
Jefe de Calidad y Atención al Cliente  
Corporación CDT de GAS

CENTRO DE METROLOGÍA DE FLUIDOS  
CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD  
ORGANISMO DE INSPECCIÓN  
km 2 VÍA REFUGIO SEDE UIS GUATIGUARÁ, Piedecuesta - Santander - Colombia  
Email: administrador@sintegas.com Tel: (7) 6543800 - 6542266

[www.sintegas.com](http://www.sintegas.com)



## INFORME GENERAL

INFORME N° INFG – 07 –VAR – 038 – 893  
CDT-07-VAR-060-PROT

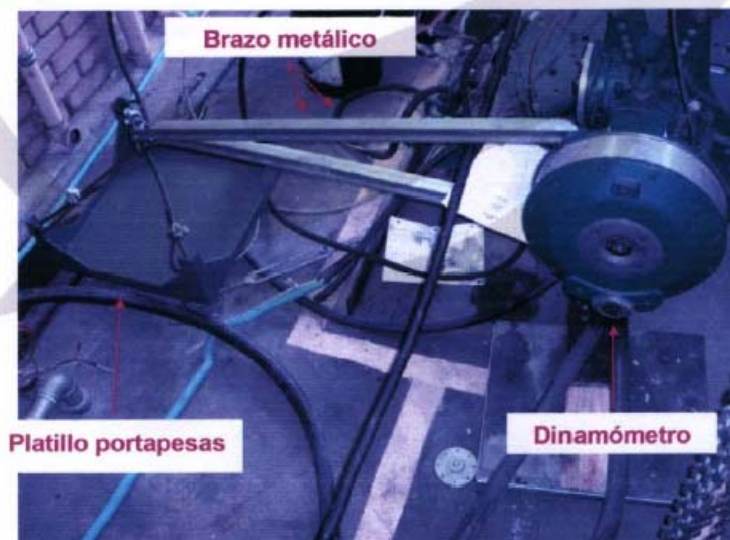
### CUMMINS API S.A

#### 1 INTRODUCCIÓN

El CDT de GAS realizó la calibración y ajuste de un dinamómetro marca, GO POWER SYSTEMS SERIE D-2000 con alcance de medición 0 lb-ft – 2000 lb-ft que cuenta con un software de comunicación Dynosoft, herramienta con la que se obtuvieron las lecturas de los torques aplicados durante la prueba. El dinamómetro dispone de un platillo portamasas y (1) brazo metálico (Ver figura 1), elementos que permiten generar mediante la aplicación de masas patrón, un valor conocido de torque, cuyos valores de masa fueron obtenidos a través de un proceso de calibración. Estas actividades se llevaron a cabo el día 15 de Septiembre 2007 en las instalaciones de Cummins Api.

Es importante resaltar que la información contenida en el presente informe, APLICA exclusivamente al instante en que se realizaron las pruebas y refleja el estado y configuración de los diferentes elementos evaluados.

Figura 1. Montaje para la calibración del dinamómetro.





## INFORME GENERAL

INFORME N° INFG – 07 –VAR – 038 – 893  
CDT-07-VAR-060-PROT

### 2 PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS

- PTC-015 Calibración de sistemas de pesaje.
- PTC-027 Calibración de dinamómetros.

### 3 PATRONES UTILIZADOS, TRAZABILIDAD

- Báscula electrónica identificada como ML-045, con certificado de calibración número 2245 del laboratorio de metrología Vansolix, trazable a los patrones de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).
- Pesas individuales de 10 kg y 20 kg (ML-079 a ML-091) con certificados de calibración N° 2615 C y 2614 C respectivamente, del laboratorio de metrología Detecto de Colombia, trazable a los patrones de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

### 4 TRABAJO REALIZADO

El objetivo principal del trabajo realizado, fue la determinación de la masa del platillo portamasas y del brazo metálico por el método de comparación, contra la indicación de una balanza electrónica utilizada como patrón. Obtenido el valor convencionalmente verdadero de la masa de cada uno de estos elementos, se determinó el torque generado para cada uno de los niveles de carga declarados por el cliente (50 lb, 200 lb y 400 lb) mediante el uso de la fórmula propuesta por el fabricante:

$$\text{Torque} = 4 * \text{weight} + \text{the weight of the arm}$$

Para la calibración del dinamómetro se utilizaron como patrón, un conjunto de masas clase M1 aplicadas directamente sobre el platillo portapesas generando tres niveles de carga diferentes en forma gradual. Para cada nivel de carga se permitió estabilización durante 5 minutos. El valor del torque obtenido a partir de la fórmula, fue ingresado en el menú de calibración del software de comunicación del dinamómetro.

Este documento se emite después de cumplir las disposiciones internas de la Corporación CDT de GAS.  
Es válido con sello seco.



## INFORME GENERAL

INFORME N° INFG – 07 –VAR – 038 – 893  
CDT-07-VAR-060-PROT

### 2 PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS

- PTC-015 Calibración de sistemas de pesaje.
- PTC-027 Calibración de dinamómetros.

### 3 PATRONES UTILIZADOS, TRAZABILIDAD

- Báscula electrónica identificada como ML-045, con certificado de calibración número 2245 del laboratorio de metrología Vansolix, trazable a los patrones de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).
- Pesas individuales de 10 kg y 20 kg (ML-079 a ML-091) con certificados de calibración N° 2615 C y 2614 C respectivamente, del laboratorio de metrología Detecto de Colombia, trazable a los patrones de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

### 4 TRABAJO REALIZADO

El objetivo principal del trabajo realizado, fue la determinación de la masa del platillo portamasas y del brazo metálico por el método de comparación, contra la indicación de una balanza electrónica utilizada como patrón. Obtenido el valor convencionalmente verdadero de la masa de cada uno de estos elementos, se determinó el torque generado para cada uno de los niveles de carga declarados por el cliente (50 lb, 200 lb y 400 lb) mediante el uso de la fórmula propuesta por el fabricante:

$$\text{Torque} = 4 * \text{weight} + \text{the weight of the arm}$$

Para la calibración del dinamómetro se utilizaron como patrón, un conjunto de masas clase M1 aplicadas directamente sobre el platillo portapesas generando tres niveles de carga diferentes en forma gradual. Para cada nivel de carga se permitió estabilización durante 5 minutos. El valor del torque obtenido a partir de la fórmula, fue ingresado en el menú de calibración del software de comunicación del dinamómetro.

Este documento se emite después de cumplir las disposiciones internas de la Corporación CDT de GAS.  
Es válido con sello seco.



## INFORME GENERAL

INFORME N° INFG – 07 –VAR – 038 – 893  
CDT-07-VAR-060-PROT

### 5 RESULTADOS

- **Calibración del platillo portapesas y del brazo metálico :**

- **Condiciones de prueba:**

Temperatura cuarto de calibración:  $22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$   
Humedad Relativa:  $60 \pm 10 \%$   
Presión Atmosférica:  $902 \pm 1 \text{ mbar}$

Masa platillo portapesas	Incertidumbre (U) k=2,000
[lb]	[lb]
53,601	$\pm 0,08$

Masa del brazo metálico	Incertidumbre (U) k=2,000
[lb]	[lb]
14,853	$\pm 0,08$

- **Calibración del dinamómetro:**

- **Condiciones de prueba:**

Temperatura cuarto de calibración:  $28,7 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$   
Humedad Relativa:  $60 \pm 10 \%$   
Presión Atmosférica:  $905 \pm 2 \text{ mbar}$   
Aceleración gravitacional:  $9,77811 \text{ m/s}^2$

Este documento se emite después de cumplir las disposiciones internas de la Corporación CDT de GAS.  
Es válido con sello seco.

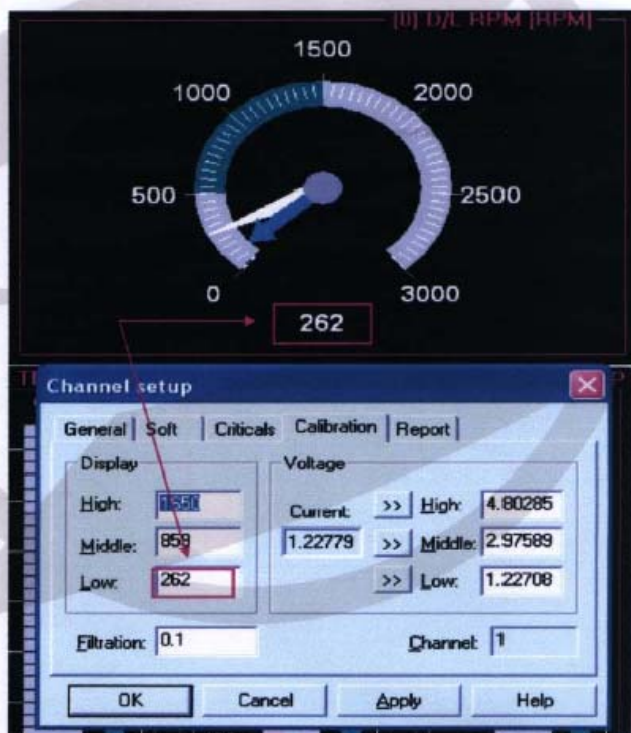


## INFORME GENERAL

INFORME N° INFG – 07 – VAR – 038 – 893  
CDT-07-VAR-060-PROT

- Se aplicó un nivel de carga 1 con una masa equivalente de 68,453 lb conformada por el platillo portapesas y el brazo metálico, obteniendo un torque aproximado de 262 lb-ft, que fue configurado en el software del dinamómetro como indica la figura 2.

Figura 2. Nivel de carga baja.



Este documento se emite después de cumplir las disposiciones internas de la Corporación CDT de GAS.  
Es válido con sello seco.



## INFORME GENERAL

### INFORME N° INFG – 07 – VAR – 038 – 893 CDT-07-VAR-060-PROT

- Se aplicó un nivel de carga 2, con una masa equivalente de 222,777 lb conformada por el platillo portapesas, brazo metálico, 3 masas cada una con un valor nominal de 20 kg y una masa con valor nominal de 10 kg, obteniendo un torque aproximado de 859 lb-ft, que fue configurado en el software del dinamómetro como indica la figura 3.

Figura 3. Nivel de carga media.



Este documento se emite después de cumplir las disposiciones internas de la Corporación CDT de GAS.  
Es válido con este sello.



## INFORME GENERAL

INFORME N° INFG – 07 –VAR – 038 – 893  
CDT-07-VAR-060-PROT

- Se aplicó un nivel de carga 3, con una masa equivalente de 421,186 lb conformada por el platillo portapesas, brazo metálico y 8 masas cada una con un valor nominal de 20 kg, obteniendo un torque aproximado de 1650 lb-ft, que fue configurado en el software del dinamómetro como indica la figura 4.

Figura 4. Nivel de carga alta.



La incertidumbre de la medición, asociada al Torque indicado por el dinamómetro es de  $\pm 2$  lb-ft ( $k=2$ ), para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

Realizó

**CRISTIAN ANDRÉS DELGADO S.**  
Profesional de Calibración y Ensayos

Aprobó

**JOHN FREDY VELOSA CHACÓN**  
Jefe Área de Servicios

Este documento se emite después de cumplir las disposiciones internas de la Corporación CDT de GAS.  
Es válido con sello seco.

## **Anexo F. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MOTORES DIESEL EN CUMMINS API S.A.**

### **▣ Introducción sobre este Manual.**

Este manual suministra instrucciones para la operación en la prueba del motor en el dinamómetro.

Él mismo contiene las siguientes informaciones:

- Recomendaciones de Montaje: Para fijar el motor y el dinamómetro en su base y requisitos para su operación y mantenimiento.
- Conexiones Mecánicas: Ubicación de los puntos de conexión de los sensores, enfriamiento del motor y dinamómetro.
- Conexiones Eléctricas: Ubicación de los puntos de conexión del control, del sistema de arranque.
- Preoperación: Chequeo de los procedimientos necesarios para iniciar la prueba.
- Operación: Prueba del dinamómetro para asegurar un desempeño satisfactorio y una operación segura.
- Localización de Dificultades en un motor diesel Automotriz: Determinación de las causas de algún tipo de falla observada en la prueba.
- Localización de Dificultades en el dinamómetro: Determinación de las causas si el dinamómetro presenta problemas de funcionamiento.

### **▣ Prueba del Motor.**

La prueba del motor es una combinación de la verificación del rendimiento y arranque del motor después de éste haber sido reparado. El procedimiento de arranque proporciona un período de operación que permite que las partes

del motor alcancen un ajuste y acabado final. El chequeo del rendimiento otorga la oportunidad de realizar los ajustes finales necesarios para optimizar el rendimiento del motor.

La prueba del motor se puede realizar usando ya sea un dinamómetro de motor o de chasis. Para nuestro caso se cuenta con un dinamómetro de motor. El dinamómetro tiene la capacidad de probar el rendimiento del motor cuando esté operando a las RPM máximas y rango de potencia (plena potencia).

La presión en el cárter del motor, a menudo conocida como escape de gases o “blow by”, es un factor importante que indica cuando los anillos del pistón han alcanzado el ajuste y acabado final. Los cambios rápidos en el escape de gases o los valores que exceden la especificación en más del 50%, quiere decir que algo anda mal.

### ■ Especificaciones

- **Motores a Probar:** Motores Cummins u otra marca Serie Diésel hasta 800 Caballos de Potencia.
- **Dinamómetro:** Dinamómetro Hidráulico Froude Consine modelo Go Power DT-2000 con capacidad de 800 Caballos de Potencia.

### ■ Revisión Preoperacional del Motor.

Antes de arrancar el motor deben efectuarse las siguientes operaciones:

1. Llenar el protocolo para recibo y despacho de motores a probar, indicando en cada una de las casillas el estado y los componentes del motor antes de la prueba. (Ver Figura 72.)

Figura 72. Protocolo Inspección Prueba Dinamómetro.

**PROTOCOLO INSPECCION PRUEBA DINAMOMETRO**

IDENTIFICACION DEL USUARIO			
OT #	Fecha	Orden Servicio	Fecha
Usuario	Direccion		Tel
Interventor Cummins API	Direccion		Tel

IDENTIFICACION DEL EQUIPO			
Tipo de Equipo	Motor	Nuevo <input type="checkbox"/>	Usado <input type="checkbox"/>
MOTOR			
Fabricante: Cummins <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	Marca	Modelo	
No Serie	CPL		
Curva No	Config.	Turbocargado <input type="checkbox"/>	Postenfriado <input type="checkbox"/>
Potencia(HP)	Torque(lbf.ft)	Velocidad(RPM)	
Tipo: Diesel <input type="checkbox"/> Gas <input type="checkbox"/>	Voltaje(DC)		
CONFIGURACION DEL MOTOR A PROBAR			
Filtro de Aceite	<input type="checkbox"/>	Motor de Arranque	<input type="checkbox"/>
Filtro de Combustible	<input type="checkbox"/>	Bomba Inyeccion	<input type="checkbox"/>
Filtro Aire	<input type="checkbox"/>	Bomba Agua	<input type="checkbox"/>
Filtro Agua	<input type="checkbox"/>	Correa Alternador	<input type="checkbox"/>
Filtro Separador	<input type="checkbox"/>	Correa Ventilador	<input type="checkbox"/>
Bomba Aceite	<input type="checkbox"/>	Pre calentador de Agua	<input type="checkbox"/>
Turbocargador	<input type="checkbox"/>	Radiador Interno. <input type="checkbox"/> Externo <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alternador	<input type="checkbox"/>	Solenoide	<input type="checkbox"/>
Ventilador	<input type="checkbox"/>		

Observaciones	
---------------	--

Usuario	Firma
	Nombre
	Cedula
	Cargo
	Fecha

Interventor Cummins API	Firma
	Nombre
	Cedula
	Cargo
	Fecha

Tecnico Cummins API	Firma
	Nombre
	Cedula
	Cargo
	Fecha

2. Llenar el tanque de combustible con aceite diesel limpio. (Ver figura 73).

Figura 73. Tanque de Combustible.



3. Revisar el filtro de combustible para cerciorarse que esta limpio. (Ver figura 74).

Figura 74. Filtro de Combustible.



4. Revisar el nivel de aceite. Este se debe llenar con aceite hasta la línea o marca de “MAX” en la varilla de nivel (Ver figura 75). Si el aceite estuviera por debajo de la marca, se llena con el aceite adecuado. (Ver figura 76).

Figura 75. Revisión del Nivel de Aceite en la Varilla de Nivel.



Figura 76. Llenado de Aceite.



5. Hacer operar el acelerador varias veces para verificar que no se encuentre pegado. Para la prueba se cuenta con un acelerador de tipo Vernier. (Ver figura 77).

Figura 77. Acelerador tipo Vernier.



6. Revisar el motor de arranque para verificar si se encuentra a 12 voltios o a 24 voltios.

7. Revisar físicamente las baterías y limpiar la corrosión en sus terminales si lo hubiese.

8. Revisar el estado de carga de las baterías. (Ver figura 78).

Figura 78. Baterías.



9. Si el voltaje de la batería es mayor o igual a 12.4 voltios continuar con la inspección. Si el voltaje está por debajo de 12.4 voltios, se debe utilizar el cargador de baterías (Ver figura 79) y dejarlas cargando mínimo una hora.

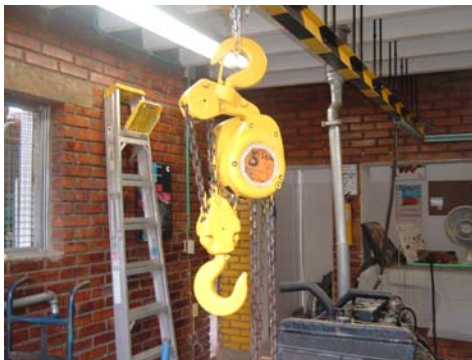
Figura 79. Cargador de Baterías.



▣ **Montaje del Motor.** Después de haber revisado cuidadosamente el motor, se procede a realizar el montaje de este al carro transportador de la siguiente forma:

1. Utilizar la diferencial o una grúa para levantar el motor (Ver figura 80)

Figura 80. Diferencial para levantar el Motor.



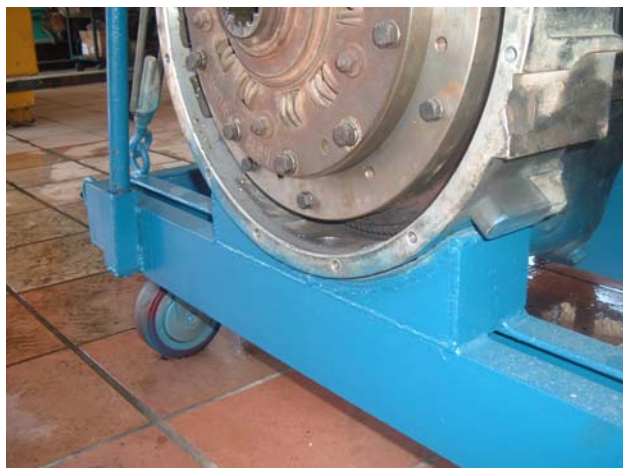
2. Levantar el motor y llevarlo hasta donde se encuentra el carro transportador. (Ver figura 81).

Figura 81. Carro Transportador



3. En la parte frontal del carro transportador se encuentra una guía donde se debe alojar el volante del motor. (Ver figura 82).

Figura 82. Guía para alojar volante.



4. Buscar la platina adecuada para atornillar por el lado lateral del volante del motor. (Estas deben ser dos). (Ver figura 83).

Figura 83. Platina Sujetadora.



5. En la parte posterior del carro transportador se encuentra un puente deslizante que podemos desplazar dependiendo de la longitud del motor. (Ver figura 84).

Figura 84. Puente Deslizante.



6. Asegurar el motor a las platinas de la parte posterior del carro transportador. (Estas deben ser dos). (Ver figura 85).

Figura 85. Segunda Platina sujetadora.



7. En la parte frontal del carro transportador se encuentran unos ganchos sujetadores que debemos conectar con la carcasa del motor. (Ver figura 86).

Figura 86. Ganchos Sujetadores Frontales.



8. Terminado esta etapa, se procede a desplazar el carro transportador hacia la sala de pruebas.

9. Teniendo el carro transportador y el motor en el lugar dispuesto en la sala de pruebas, se procede al anclaje del carro transportador a cuatro ganchos sujetadores que se encuentran en cada extremo del carro. (Ver figura 87).

Figura 87. Ganchos Sujetadores Laterales.



### ☐ Revisión Preoperacional del Dinamómetro.

1. Antes de iniciar la prueba se debe revisar el nivel de aceite y de grasa de nuestro dinamómetro.

2. El aceite recomendado por el fabricante para la lubricación del dinamómetro es un 80W-90 Multigrado o algún aceite equivalente a este. La grasa utilizada es “Aerogrease Premium” para alta temperatura. (Ver figura 88).

Figura 88. Aceite 80W-90 Multigrado y Grasa.



### ■ Montaje del Dinamómetro.

1. Utilizar la diferencial para levantar el dinamómetro.
2. El dinamómetro es fabricado por la compañía Froude Consine modelo Go-Power de referencia DT-2000 y su característica principal es que es de tipo portable, es decir, se acopla directamente al volante del motor. (Ver figura 89).

Figura 89. Acople del Dinamómetro al Motor.



3. Dependiendo del motor y su volante, se debe buscar el plato adecuado para llevar a cabo la conexión. (Ver figura 90).

Figura 90. Platos de Conexión.



4. Teniendo seleccionado el plato, se procede a buscar los espárragos, los separadores cilíndricos (Ver figura 91) y las platinas separadoras (Ver figura 92).

Figura 91. Espárragos y Separadores Cilíndricos.



Figura 92. Platinas Separadoras.



5. Realizar el montaje del plato estriado al volante del motor. (Ver figura 93).

Figura 93. Plato Estriado.



6. Levantar el plato, sujetar las platinas separadoras al plato, colocar los espárragos dentro de los separadores cilíndricos y enroscar al volante del motor.

7. En la figura 94 se observa el montaje del dinamómetro al motor.

Figura 94. Montaje Final.



#### ▣ Conexiones Mecánicas

#### ▣ Sistema de Enfriamiento.

1. Para este propósito se dispone de dos radiadores de capacidad 15 galones aproximadamente. (Ver figura 95).

Figura 95. Radiadores de Enfriamiento.



2. Revisar el estado de los motores eléctricos. Estos motores son marca Siemens de dieciocho y veinticuatro caballos de potencia. (Ver figura 96).

Figura 96. Motores Eléctricos.



3. Colocar grasa en las balineras, revisar la tensión en las correas y el estado de los arrancadores. (Ver figura 97).

Figura 97. Arrancadores de Motores Eléctricos.



4. Revisar que no existan fugas en las tuberías.
5. Un radiador está dispuesto para el enfriamiento del dinamómetro y el otro está destinado para el enfriamiento del motor.
6. Revisar el nivel de agua de los radiadores; para este fin se disponen de unos indicadores-interruptores de nivel. (Ver figura 98).

Figura 98. Indicadores de Nivel.



7. Se utilizaran dos indicadores-interruptores de nivel Murphy L150.

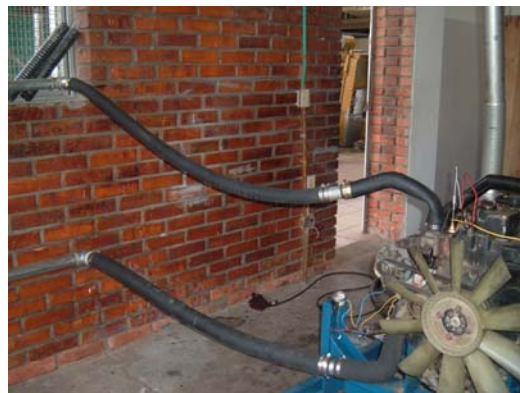
8. Abrir las llaves en las tuberías. (Ver figura 99).

Figura 99. Llaves del Agua.



9. Revisar las conexiones de las mangueras para el enfriamiento del motor.  
(Ver figura 100)

Figura 100. Enfriamiento Motor.



10. En la línea dispuesta para el dinamómetro, se encuentran dos bombas centrífugas para el suministro del agua.

11. Revisar el estado de la bomba con sus respectivas conexiones.

12. Cebiar las bombas, es decir, garantizar que en la succión de las bombas haya agua.

13. Para esta aplicación, se dispone de una primera bomba marca "Hidromac" (Ver figura 101 y 102) con las siguientes características:

Figura 101. Bomba Centrífuga Dinamómetro.



- Modelo: Línea AZ. 1 ¼.\*1 ½.\* 7A 32-160A
- Diámetro de succión: 1 ¼.
- Diámetro de descarga: 1 ½.
- Motor eléctrico: Potencia: 10 HP.

Figura 102. Campo de Aplicación Bomba Centrífuga Hidromac Línea AZ.

### Línea AZ

Caudal hasta 2500 gpm/600 m<sup>3</sup>/h

Elevación hasta 150 m

Descarga 1" hasta 6" DIN o ANSI

Sellamiento: Sello mecánico ó empaquetadura.

Utilizada para el bombeo de agua y líquidos limpios o turbios en aplicaciones como: servicios generales, suministro de agua, drenaje, riego o servicios industriales, aire acondicionado, sistemas contra incendio.

AZ 100-250A



Fuente: Catálogo Hidromac.

14. Se dispone de una segunda bomba marca "Hidromac" (Ver Figura 103 y 104) con las siguientes características:

- Modelo: Megaprime E40-100 Autocebante 1 ½.\*1 ½.
- Diámetro de Succión: 1 ½.
- Diámetro de Descarga: 1 ½.
- Motor Eléctrico: Potencia 1 HP.

Figura 103. Bomba Centrífuga Enfriamiento.



Figura 104. Campo de Aplicación Bomba Centrífuga Hidromac Línea Megaprime.

**Línea Megaprime**

Caudal hasta 500 gpm/120 m<sup>3</sup>/h

Elevación hasta 40 m

Descarga 1½", 2", 3", 4" y 6"

Motobomba autocebante de construcción tipo monoblock con motores eléctricos trifásicos, monofásicos (hasta 10 HP) y a gasolina. Tiene un amplio campo de aplicación en la industria de construcción, agricultura, usos domésticos y la industria en general



Fuente: Catálogo Hidromac.

▣ **Sistema de Combustible.** Los motores Cummins destinados para las pruebas de dinamómetro normalmente usan combustible diesel ASTM No 2.

▣ **Sistema de Escape.**

1. Revisar el tubo de gases de escape con sus respectivas conexiones. (Ver figura 105).

Figura 105. Sistema de Escape



2. La recomendación es instalar las terminaciones del tubo de escape fuera de ambientes cerrados y lejos de puertas, ventanas y ventiladores.

3. Revisar si es posible el estado del silenciador el cual ha sido instalado en la parte superior del banco de pruebas (Ver figura 106).

Figura 106. Silenciador.



▣ **Operación.** Esta sección abarca las verificaciones de tiempo, prearranque, arranque/parada y funcionamiento de la prueba del dinamómetro. Cada

operador debe leer toda esta información antes de iniciar el funcionamiento del motor y el dinamómetro.

■ **Tiempo de Prueba.** Para los motores Cummins existen unos tiempos estimados por fábrica para desarrollar las pruebas de dinamómetro. Este sirve como una guía para el operador ya que se tiene una variedad amplia de motores.

Estos tiempos estimados por fábrica se denominan Tiempos Estándar de Reparación (TER) que son listas de tareas (procedimientos) y el tiempo requerido para llevar a cabo esas tareas. Los procedimientos listan los trabajos necesarios para asegurar que un motor estará listo para regresar a la operación al costo más bajo posible para el cliente.

■ **Tipos de Tiempos Estándar de Reparación:** Existen tres tipos de TER. Muy a menudo, al menos uno de cada tipo es necesario para describir exactamente la reparación de un motor. Los tres tipos son:

- Administrativo
- Análisis de Fallas.
- Reparación.

■ **TER Administrativo:** Los TER Administrativos están aplicados al tiempo que se utiliza para mover el motor al y desde el área de trabajo, llenar la orden de reparación, obtener los datos de los componentes, registrar los TER, etc.

■ **TER de Análisis de Fallas:** Los TER de análisis de fallas se aplican solamente cuando se realiza la reparación total del motor.

■ **TER de Reparación:** Estos son los TER que cubren el trabajo de reparación. Estos tiempos son útiles cuando más de un técnico está relacionado con la reparación, y cuando el TER contiene trabajos que se traslapan con otro TER y ambos deben ser llevados a cabo para cumplir con la reparación.

Para realizar la prueba de dinamómetro, la mayoría de los motores Cummins tienen los siguientes Tiempos Estándar de Reparación:

Cuadro 23. Procedimiento Tiempo Administrativo.

<b>Tiempo Administrativo-Iniciar y Terminar una orden de Reparación (Automotriz).</b>
1. Registrar las horas de inicio y termino del trabajo
2. Mover el equipo hacia y desde el área de trabajo
3. Registrar
3.1 Número de serie del motor
3.2 Número de identificación del vehiculo
3.3 kilometraje u horas de operación
3.4 Número CPL
3.5 La información de la placa de datos de la bomba de combustible
4. Mover la caja de herramientas hacia y desde el área de trabajo
5. Limpiar el área de trabajo y llenar la orden de reparación al final de cada termino y cuando el trabajo haya terminado

Fuente: Tiempos Estándar de Reparación Motores Cummins

Cuadro 24. Tiempo Administrativo en Prueba de Dinamómetro.

<b>MOTOR</b>	<b>TIEMPO ESTANDAR (HORAS)</b>
<b>SERIE B/ISB</b>	<b>0.4</b>
<b>6C, C8.3, ISC,QSC 8.3</b>	<b>0.4</b>
<b>L10</b>	<b>0.4</b>
<b>NT/N14</b>	<b>0.4</b>
<b>M11, ISM,QSM11</b>	<b>0.4</b>
<b>SIGNATURE/ISX</b>	<b>0.4</b>
<b>K19/ QSK19</b>	<b>0.4</b>
<b>K38</b>	<b>0.4</b>

Fuente: Tiempos Estándar de Reparación Motores Cummins

Cuadro 25. Procedimiento Tiempo de Prueba en Dinamómetro.

<b>Motor- Asentar y Probar (Dinamómetro para Motor)</b>
1. Instalar el motor en el banco de pruebas.
2. Instalar instrumentación.
2.1 Sensores de temperatura y presión del refrigerante.
2.2 Indicador de restricción de entrada de aire.
2.3 Sensor de presión del múltiple de admisión.
2.4 Indicador de restricción del múltiple de escape.
2.5 Indicador y herramienta de paso de gases al cárter.
2.6 Sensores de temperatura y presión del aceite lubricante.
2.7 Indicador de temperatura y restricción de la entrada del combustible.
2.8 Descargador del compresor de aire, si es aplicable.
3. Preparar motor para operación.
3.1 llenar el sistema de enfriamiento.
3.2 Cebiar sistema del aceite lubricante.
3.3 Cebiar sistema del combustible.

<b>Motor- Asentar y Probar (Dinamómetro para Motor)</b>
3.4 Conectar tubería de admisión y escape.
4. Operar el motor y asentarlo, según las normas del manual de taller.
5. Conducir la prueba de funcionamiento.
5.1 Ajustar la marcha en vacío baja y alta de la bomba de combustible.
5.2 Revisar las rpm del punto de interrupción del gobernador.
5.3 Revisar el torque máximo del motor.
5.4 Registrar todos los datos de la prueba.
5.5 Hacer los ajustes necesarios.
6. Desmontar.
6.1 Toda la instrumentación de prueba.
6.2 Motor del banco de pruebas.

Fuente: Tiempos Estándar de Reparación Motores Cummins

Cuadro 26. Tiempo de Prueba en Dinamómetro de Motor.

<b>MOTOR</b>	<b>TIEMPO ESTANDAR (HORAS)</b>
<b>SERIE B/ISB</b>	<b>3,1</b>
<b>6C, C8.3, ISC,QSC 8.3</b>	<b>3,1</b>
<b>L10</b>	<b>5,8</b>
<b>NT/N14</b>	<b>5,8</b>
<b>M11, ISM,QSM11</b>	<b>5,8</b>
<b>SIGNATURE/ISX</b>	<b>5,8</b>
<b>K19/ QSK19</b>	<b>5,8</b>
<b>K38</b>	<b>6</b>

Fuente: Tiempos Estándar de Reparación Motores Cummins

Cuadro 27. Procedimiento Entrega de Motor.

<b>Pintura y Entrega del Motor</b>
1. Lavar Motor.
2. Secar con aire comprimido
3. Pintar Motor.

Fuente: Tiempos Estándar de Reparación Motores Cummins

Cuadro 28. Tiempo de Entrega del Motor

<b>MOTOR</b>	<b>TIEMPO ESTANDAR (HORAS)</b>
SERIE B/ISB	0.5
6C, C8.3, ISC,QSC 8.3	0.5
L10	0.5
NT/N14	0.5
M11, ISM,QSM11	0.5
SIGNATURE/ISX	0.5
K19/ QSK19	0.5
K38	0.5

Fuente: Tiempos Estándar de Reparación Motores Cummins

Ahora con esta serie de tiempos se puede determinar el tiempo total empleado para la prueba completa de dinamómetro, desde que llega el motor, prueba y finalización.

El tiempo total se puede calcular como:

**Tiempo Total = Tiempo Administrativo + Tiempo de Prueba + Tiempo de Entrega**  
**Ecuación 2**

▣ **EJEMPLO DE TER.** Con el siguiente ejemplo se pretende mostrar al operador como los TER son usados para describir exactamente una prueba de dinamómetro completa.

▣ **EJEMPLO:**

- Motor 6BT 5.9
- Aplicación: Automotriz
- Servicio: Prueba de dinamómetro.

▣ **Acción tomada:** Se transporta el motor hasta la sede de Cummins API S.A. para someterlo a una prueba dinamométrica. Se realiza el montaje del dinamómetro al motor, se opera el motor y se realiza la prueba, luego se analizan los datos y se entregan los resultados para finalmente entregar el motor probado al cliente.

Cuadro 29. Tiempo Total Prueba Dinamómetro Motor 6BT 5.9

<b>Título del Procedimiento</b>	<b>Tiempo Permitido(Hrs)</b>
Tiempo Administrativo	0.4
Motor- Asentar y Probar	3.1
Pintura y Entrega del Motor	0.5
<b>Tiempo Total</b>	<b>4</b>

▣ **Verificaciones de Prearranque.** Antes de dar arranque al motor y el dinamómetro, asegurarse de que fueron hechas todas las verificaciones y que todos los sistemas estén listos para su funcionamiento.

☐ **Lubricación.** Verifique el nivel de aceite del motor y el dinamómetro. Mantenga el nivel de aceite del motor lo mas próximo posible de la marca “H” de la varilla medidora sin exceder a esa marca.

☐ **Enfriamiento.** Verifique todas las conexiones de los radiadores, las bombas y las tuberías.

☐ **Combustible.** Asegurarse de que el tanque tenga el combustible suficiente.

☐ **Escape.** Asegurarse de que todo el sistema de escape esté debidamente conectado, que no haya materiales inflamables cerca del sistema, y que los gases de escape sean eliminados por fuera de las instalaciones del banco de pruebas.

☐ **Panel de Control** Seguir una descripción del funcionamiento de la consola de control y el monitor. Todos los instrumentos e indicadores de control están ubicados en la parte frontal de la consola de control. La consola de control esta dividida en cuatro grupos.

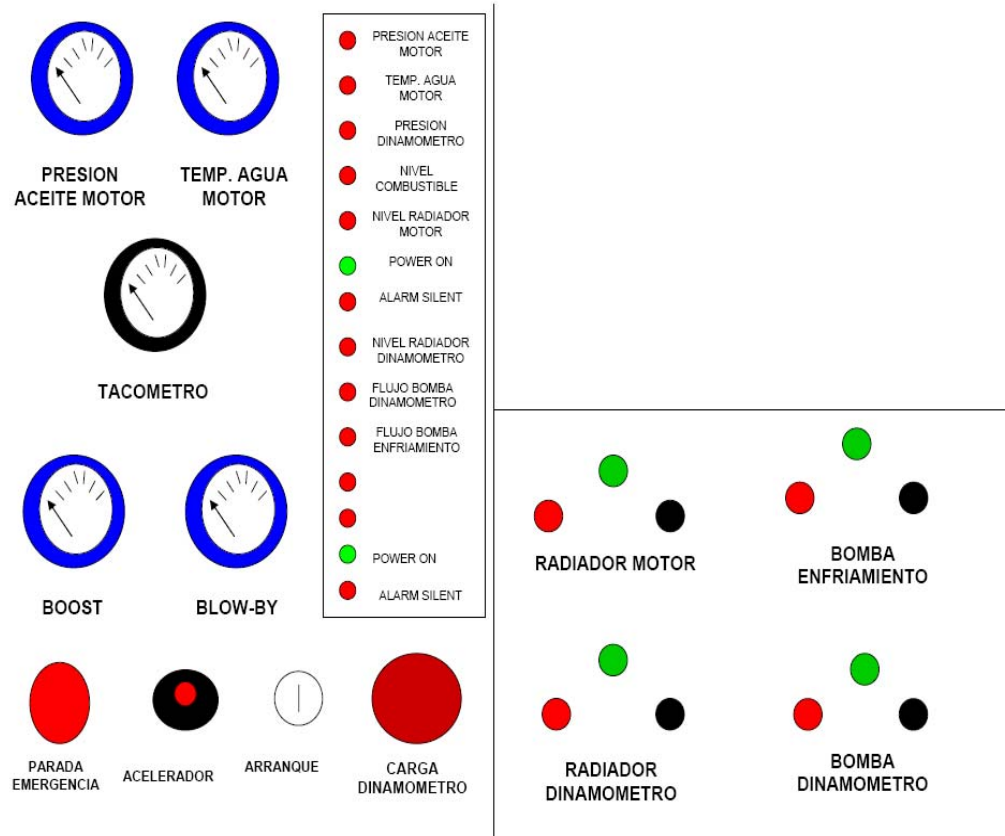
El primer grupo es el encargado del control del dinamómetro, el segundo grupo es el encargado del control del motor diesel, el tercer grupo es el encargado del control de los motores eléctricos y el cuarto grupo es el encargado de las prealarmas y alarmas de diferentes factores.

(Ver figuras 107 y 108).

Figura 107. Consola de Control.



Figura 108. Diagrama Consola de Control.



## ■ Consola de Control.

### ■ Control Motores Eléctricos

- Radiador motor. Arrancador suave del Motor eléctrico del radiador que enfría al motor. Consisten en tres pulsadores para las operaciones en los motores eléctricos (Encender-luz piloto-Apagar).
- Radiador Dinamómetro. Arrancador suave del Motor eléctrico del radiador que enfría al dinamómetro.
- Bomba Dinamómetro. Arrancador suave del Motor eléctrico de la bomba que alimenta al dinamómetro.
- Bomba Enfriamiento. Arrancador suave del Motor eléctrico de la bomba que alimenta al radiador para el enfriamiento del dinamómetro.

### ■ Control Motor Diesel

- Presión Aceite Motor. Indicador de presión del aceite lubricante en el motor. Se encuentra conectado a un sensor instalado en el motor. Condiciones: La presión del aceite lubricante debe ser de por lo menos 69 Kpa (10 psi) a 700 RPM.

Nota. Si la presión del aceite lubricante está fuera de especificación, apague inmediatamente el motor. La baja presión en el aceite lubricante dañará al motor.

Rango: 0-100 psi, seteado para protección del motor por baja presión como alarma a 10 psi.

- Temperatura Agua Motor. Indica la temperatura del líquido de enfriamiento que circula en el motor (conectado a un sensor instalado en el motor)

Condiciones: Seteado para protección del motor por alta temperatura como alarma a 190 °F

Rango: 130-250 °F

- Tacómetro. Indica las revoluciones por minuto del motor.

Rango: 0-3000 RPM

- Boost. Indica la restricción en el escape y se encuentra conectado a una sección recta de la tubería de escape cerca de la salida del turbocargador.

Rango: 0-120 in Hg. (0-60 psi).

- Blow-By. Para medir con precisión el escape de gases en el cárter, se debe insertar una herramienta para checar el escape de gases en la ventila del respiradero del cárter.

Rango: 0-60 pulgadas de agua (0-3 psi)

- Válvula de Carga del Dinamómetro. La Válvula reguladora del flujo de agua para el dinamómetro es la que se encarga de dar la carga de agua hacia el dinamómetro.

Condiciones: válvula de tipo manual.

- Acelerador. Se encarga de la aceleración y desaceleración del motor diesel.

Condiciones: Acelerador tipo vernier manual.

- Arranque. El Switch de encendido es el encargado de darle arranque al motor.
- Parada de Emergencia. El botón parada de emergencia es un interruptor del tipo de apriete para parada de emergencia del motor.

### ▣ Lámparas Indicadoras

La consola de control posee once lámparas indicadoras, cuya descripción es presentada a seguir:

- Presión Aceite Motor (Roja). Indica que el motor presenta una presión de aceite críticamente baja.
- Temperatura Agua motor (Roja). Indica que el motor presenta una Temperatura del Agua críticamente alta.
- Presión Dinamómetro (Roja). Indica que el Dinamómetro presenta una presión de la línea de suministro de Agua críticamente alta.
- Nivel Combustible. Indica que el nivel de ACPM en el tanque de Combustible está bajo.
- Nivel Radiador Motor (Roja). Indica que el nivel de agua en el radiador de enfriamiento del motor está bajo.
- Nivel Radiador Dinamómetro (Roja). Indica que el nivel de agua en el radiador de enfriamiento del Dinamómetro está bajo.
- Flujo Bomba Dinamómetro. Indica que existe un flujo de Agua en la succión de la Bomba.
- Flujo Bomba Enfriamiento. Indica que existe un flujo de Agua en la succión de la segunda Bomba.

## ▣ Operación Básica del Dinamómetro.

1. El dinamómetro que se emplea con los motores diesel utiliza el principio del freno hidráulico(o de agua) para convertir el par rotatorio en un momento estacionario. (Ver figura 109).

Figura 109. Dinamómetro para Prueba de Motores Diesel DT-2000



2. El dinamómetro marca Go-Power modelo DT-2000. Este dinamómetro de alto-esfuerzo de torsión está diseñado para la durabilidad máxima. Es clasificado para hasta 800 Caballos de fuerza con las velocidades mantenidas hasta 3.500 RPM continuas o 5.000 RPM intermitentes. Como todos los dinamómetros portables del fabricante Go Power Systems, éste se puede poner directamente al motor que es probado. Estos dinamómetros son también ideales para los motores marinos o militares industriales, y los usos resistentes de la producción.

### ▣ Características Principales

- Portable.
- Alta confiabilidad.
- Mantenimiento fácil.
- Uso típico - prueba resistente del motor diesel.

### ▣ Especificaciones:

- Esfuerzo de torsión: 2000 Libra-Pies.
- Caballos de fuerza: 800 Hp.
- RPM: Pico 5000 - 3500 continuo.
- Rotación: A La derecha.
- Material: Fundición.
- Requisitos de la bomba: 45 GPM @ 45 PSI.
- Peso: 290 Libras.
- Transductor del esfuerzo de torsión: Hidráulico o eléctrico (Celda de carga).

3. Localizar el eje de impulsión que se prolonga a través de la caja o carcasa.  
(Ver figura 110).

Figura 110. Eje Impulsor



4. Este eje de impulsión realiza por medio del plato estriado y los platos sujetadores la conexión con el cigüeñal del motor.
5. El principio de funcionamiento es que básicamente consta de un impulsor con álabes montado en el eje que gira dentro de la carcasa cuando lo hace también con el cigüeñal del motor.
6. Si la carcasa tiene agua, el impulsor rotatorio agita dicho líquido a su alrededor y lo fuerza contra las paredes de la caja estacionaria.
7. Las paredes de esta última también tienen álabes y las fuerzas del agua agitada que actúan contra dichas paredes hacen que la carcasa tienda a girar.
8. Localizar la celda de carga a un lado de la unidad de absorción de potencia. (Ver figura 111). Mientras observa dicha unidad y la celda de carga, mueva manualmente el volante del motor algunos grados en uno y otro sentido. La caja de la unidad de absorción tenderá a moverse.

Figura 111. Celda de Carga.



9. El objeto de la celda de carga es restringir el movimiento de la carcasa y medir el par de rotación ejercido por el agua sobre aquella.
10. La cantidad de agua en la unidad de absorción de potencia determina el grado de carga del motor. Cuanto mayor sea la cantidad de agua que haya dentro de la carcasa, tanto mayor será la carga del motor.

11. Localizar la válvula de control de carga del agua (Ver figura 112).El propósito de esta válvula es proporcionar carga al dinamómetro dejando pasar o no un flujo de agua.

Figura 112. Válvula de Control de Carga.



12. Localizar la conexión de entrada de agua en el dinamómetro. (Ver figura 113). Esta entrada depende de la dirección de rotación del motor. Si el motor gira a la derecha, la entrada de agua será la señalada, pero si el motor gira hacia la izquierda, entonces la entrada será donde esta ubicada la salida.

Figura 113. Entrada de Agua.



13. Localizar la manguera de salida de agua del dinamómetro. (Ver figura 114)

Figura 114. Salida de Agua.



14. Observar que la manguera de entrada al dinamómetro va a la válvula de control de carga, pasando antes por la bomba centrífuga.

15. La manguera de salida del agua del dinamómetro va directamente por la línea de retorno hacia el radiador.

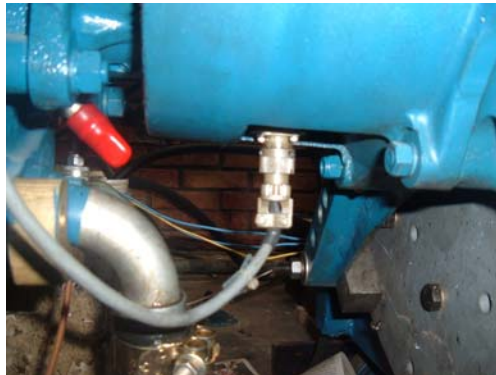
16. Localizar la válvula de aire de una vía montada en la parte superior del dinamómetro (Ver figura 115). Observar que hay un orificio en el centro de la parte superior de la válvula que permite que entre aire cuando se expulsa el agua de la caja de la unidad. Cuando entra agua en la caja y trata de salir por la línea de aire, un flotador de corcho y un anillo "O" cierran el orificio.

Figura 115. Válvula de Aire.



17. Localizar el Pick-Up en la parte inferior del dinamómetro. (Ver figura 116).

Figura 116. Pick-Up de Velocidad.



18. Este Pick-Up permite la medición de las RPM del dinamómetro que deben coincidir con las RPM del motor. El resumen de las conexiones del dinamómetro se pueden observar en la figura 117.

■ **Medición de Parámetros.** Para la medición de todos los parámetros necesarios para la prueba, utilizaremos un sistema de Adquisición de datos GPS 2508 proporcionado por el fabricante del dinamómetro. (Ver figura 118, 119 y 120).

■ **Generalidades del Sistema de Adquisición de datos GPS 2508.** El Sistema de Adquisición de datos de Serie GPS-2508 es a diferencia de cualquier otro construido para la durabilidad, la flexibilidad y la exactitud, una amplia gama de capacidades encontrará para las necesidades de una amplia gama de usos. El software Dynosoft fácilmente es personalizado por el usuario para realizar las demostraciones de parámetros, el registro y obtención de datos de la prueba con el dinamómetro.

Figura 117. Conexiones Dinamómetro-Sistema de Adquisición de Datos.

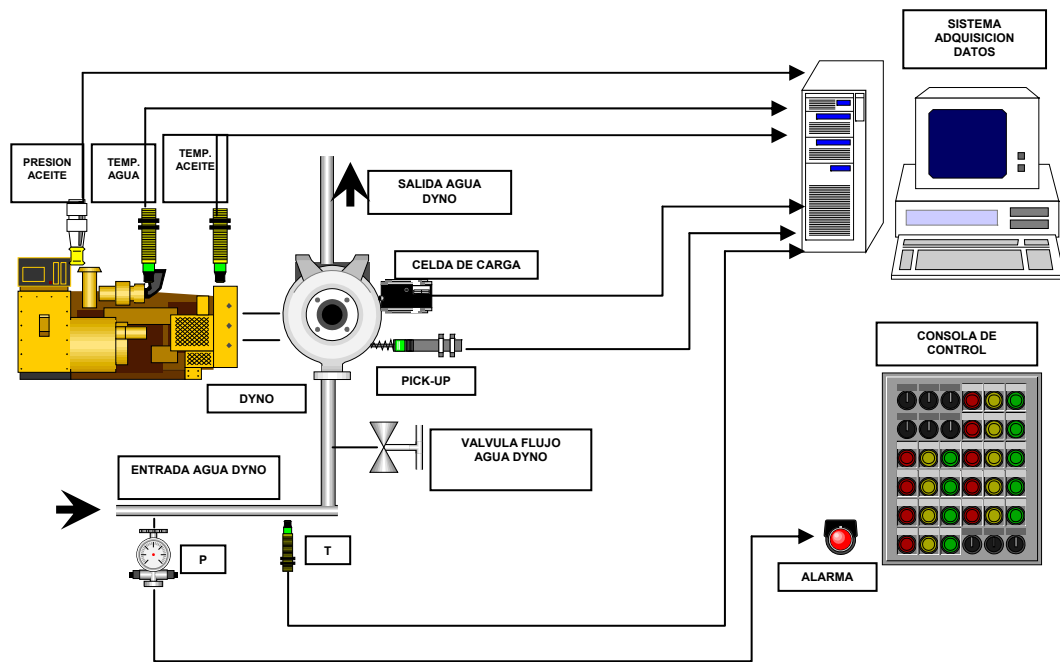


Figura 118. Sistema de Adquisición de Datos GPS 2508.



Figura 119. Interfaz del Software GPS-2508

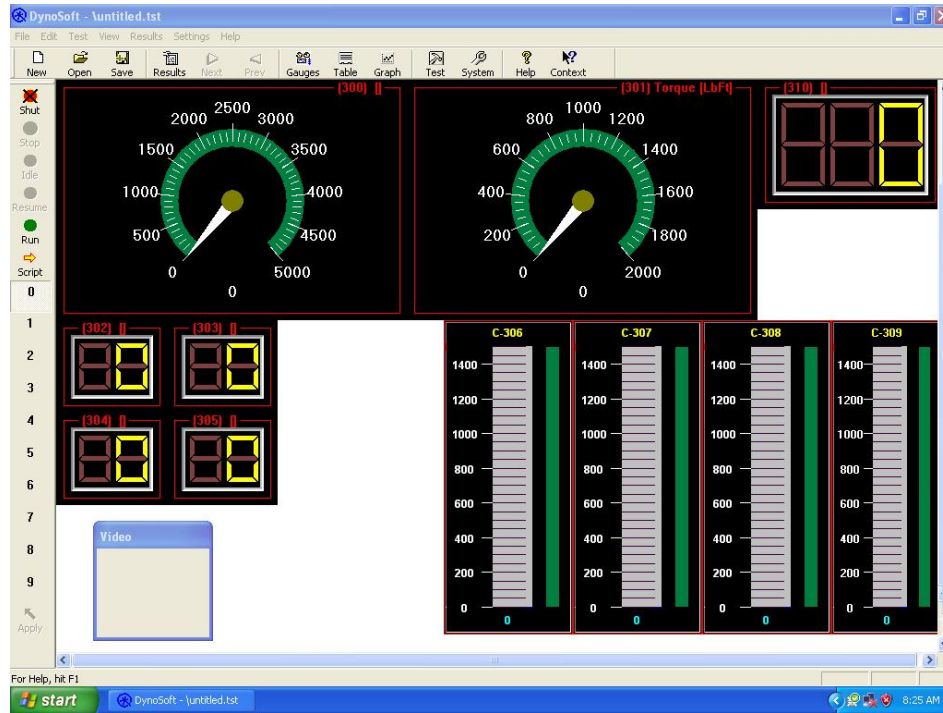
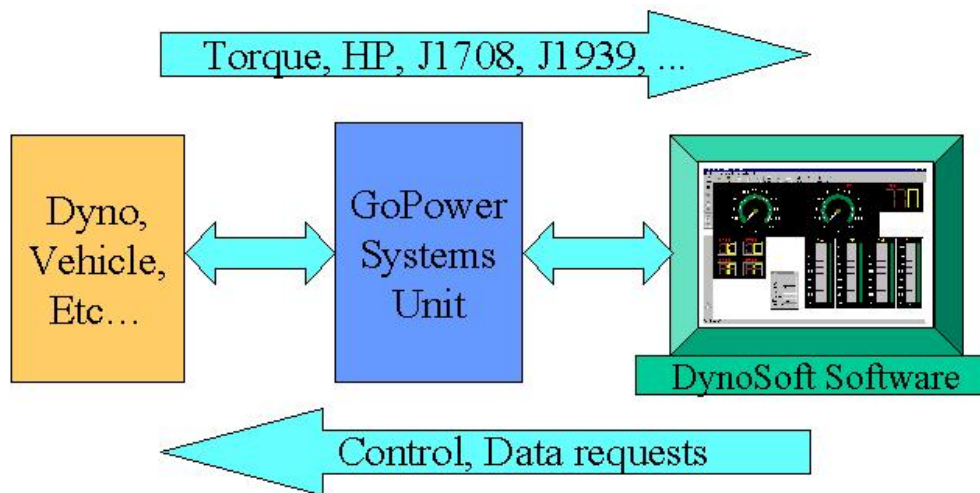


Figura 120. Estructura del Sistema de Adquisición de Datos.



■ **Características Principales:**

- Entrada análoga para medir las RPM del motor.
- Entrada análoga para medir el esfuerzo de torsión.
- Cuatro entradas análogas para medir temperaturas.
- Cuatro entradas análogas para medir presiones.
- Internamente el programa calcula la potencia con los valores de Torque y RPM.

Cuadro 30. Características Opcionales del Software del Dinamómetro.

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
Interfaz del ECM con el protocolo J1708/1587 o J1939 del SAE para motores electrónicos.	No disponible
Válvula reguladora del flujo del agua	Disponible
Medidor del flujo de aire.	No disponible
Medidor del flujo de combustible.	No disponible

■ **Acontecimientos Típicos Supervisados:**

- RPM del motor.
- Torque.
- Potencia.
- Presión de Aceite.
- Temperatura de Aceite.
- Presión de Combustible.
- Temperatura de Entrada del Agua al Dinamómetro.
- Temperatura de Salida del Agua del Dinamómetro.
- Temperatura del Escape

- Flujo de Aire en el Motor.

2. Cuatro termocuplas tipo “K” (Hasta 982 grados Celsius) para la medición de las temperaturas. (Ver figura 121).

Figura 121. Termocuplas tipo “K”.



3. Dos transductores de presión proporcionados por el fabricante del dinamómetro, los cuales serán utilizados para la medición de las presiones de la prueba. (Ver figura 122).

Figura 122. Transductores de Presión.



4. Cable conector y transductor para la medición de la presión de la celda de carga. (Ver figura 123).

Figura 123. Transductor Celda de Carga.



5. Para nuestra prueba es de vital importancia medir la presión del aceite. (Ver figura 124).

Figura 124. Medición de la Presión de Aceite.



6. Medición de la temperatura del aceite. (Ver figura 125).

Figura 125. Medición de Temperatura de Aceite.



7. Medición de la temperatura del agua del motor. (Ver figura 126).

Figura 126. Medición Temperatura Agua Motor.



8. Medición de la temperatura de entrada del agua al dinamómetro. Se debe controlar que no sobrepase de 80 grados Fahrenheit. (Ver figura 127).

Figura 127. Medición Temperatura Entrada Agua Dinamómetro.



9. Válvula de seguridad tarada a 65 psi para evitar sobrecargas de presión en la bomba. (Ver figura 128).

Figura 128. Válvula de Seguridad.



10. Indicadores-interruptores de presión Murphy OPLFC, para medir la presión en la descarga de la bomba. (Ver figura 129).

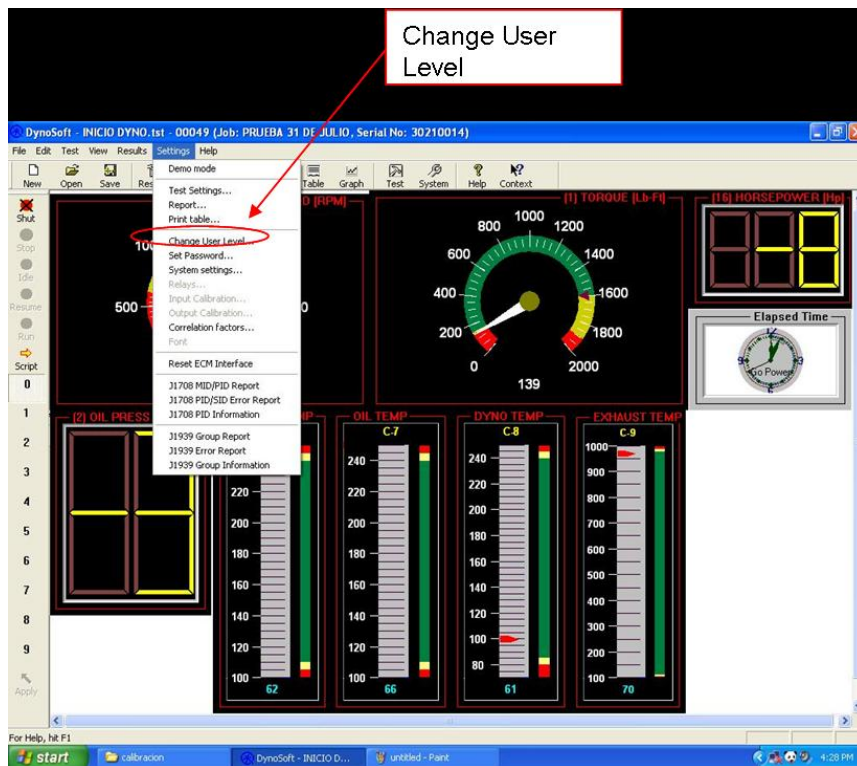
Figura 129. Indicador-Interruptor de Presión.



**Calibración del Software.** Para la calibración del software se debe conocer ampliamente cada una de sus secciones y lo más importante es su método de calibración. A continuación se describirán cada una de las secciones mencionadas anteriormente:

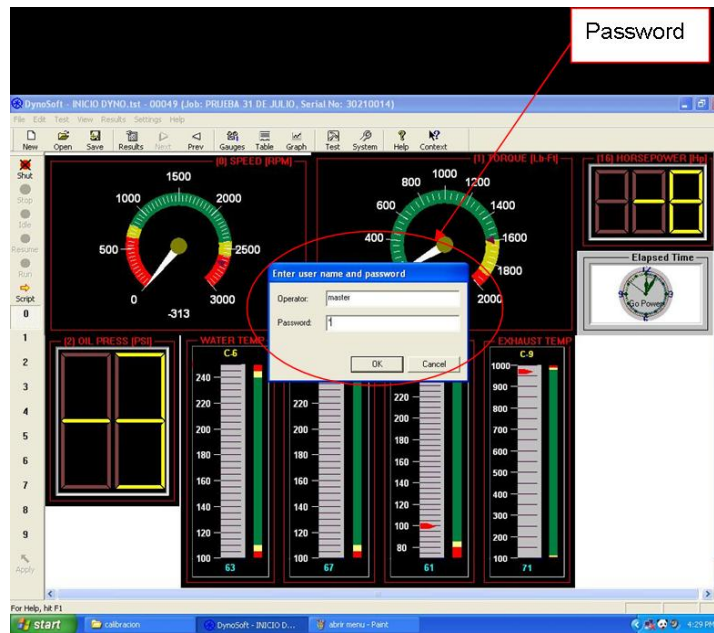
1. Abrir Menú. El Software tiene la opción de un menú para realizar la respectiva calibración. Se conoce como “Usuario Avanzado”. Para ingresar a este menú entramos por la opción Change User Level. (Ver Figura 130).

Figura 130. Opción de Usuario Avanzando para Calibración del Software



En el momento que pulsamos este menú, el software solicitará una clave para el acceso, para esto se debe colocar en la opción de operador la palabra master. Para el password se pulsa 1. (Ver Figura 131).

Figura 131. Password del Usuario Avanzado.



2. Ajustes Generales de la Galga. Esta sección es exclusiva para el usuario avanzado. Aquí se realiza la configuración inicial para cada uno de los canales disponibles en el software del dinamómetro. A continuación se mostrarán los espacios a llenar. (Ver figura 132).

Channel: Numero del canal. Se tiene la opción de cero a diez.

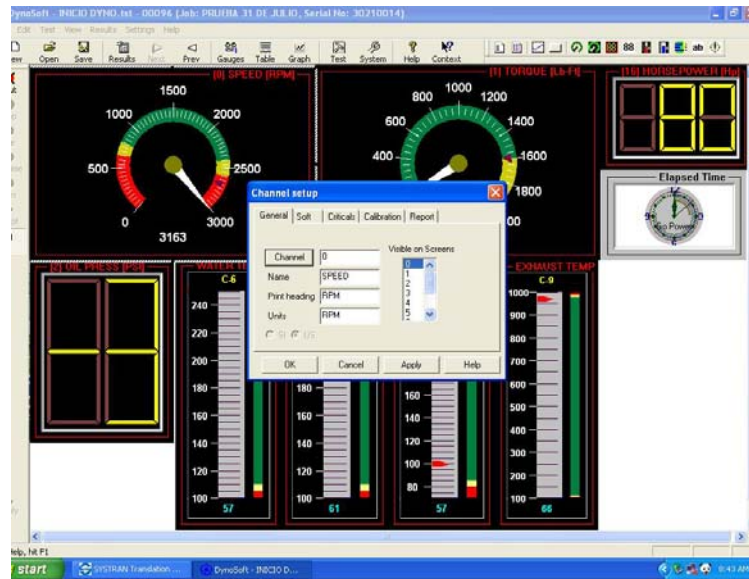
Name: Nombre del canal

Print heading: Nombre que aparecerá en los informes.

Units: Unidad de la medida para el canal.

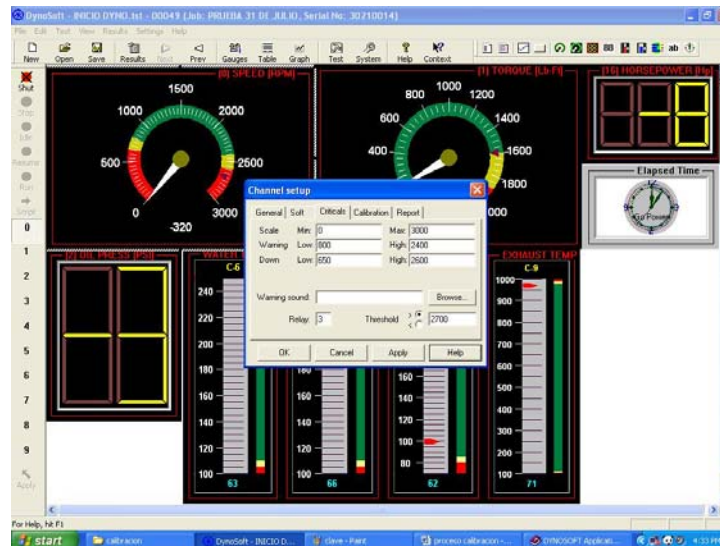
El paso a seguir es pulsar la opción Apply. Este procedimiento se realiza para todos los canales a configurar.

Figura 132. Ajuste General de la Galga.



3. Ajuste de Valores Críticos. Se utiliza esta opción para configurar las escalas de las galgas o indicadores digitales. (Ver figura 133)

Figura 133. Ajuste de Valores Críticos en el Software



Scale: Aquí se encuentran los valores mínimos y máximos que el usuario avanzado asigna a los indicadores digitales.

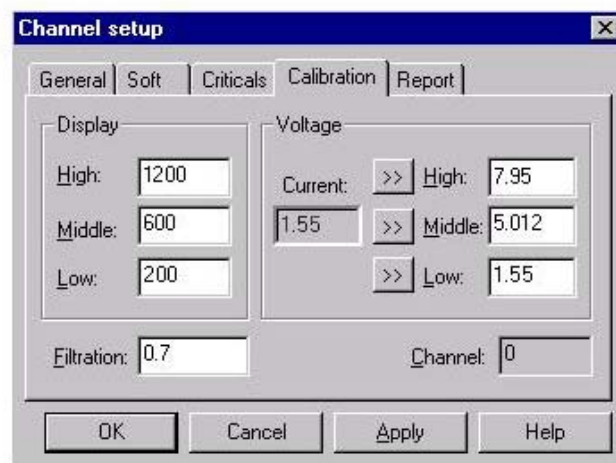
Warning: Aquí se encuentran los valores bajos y altos que el usuario avanzado determina para recibir alarmas de valores cercanos a los críticos.

Down: Se refiere a los valores críticos que se han alcanzado y el software anuncia que se deben tomar acciones de interrupción de las operaciones.

4. Calibración de los Indicadores. Esta sección también es exclusiva del usuario avanzado. Para calibrar un solo canal hacer el siguiente:

- Ajustar el canal hasta el 15% de su valor máximo usando la herramienta apropiada de la calibración tal como termómetro, velocímetro etc. (el valor actual de la entrada se demuestra en el campo actual).
- Si el valor ajustado al 15% es por ejemplo 200, como el que se observa en la figura XXX, se debe dar click al lado derecho para ajustar el valor de corriente recibido, en este ejemplo el valor de 1.55.
- Repetir estos pasos para el 50% y el 85% del valor máximo del canal para los campos medios y altos. (Ver Figura 134).

Figura 134. Calibración de los Indicadores Digitales en el Software.



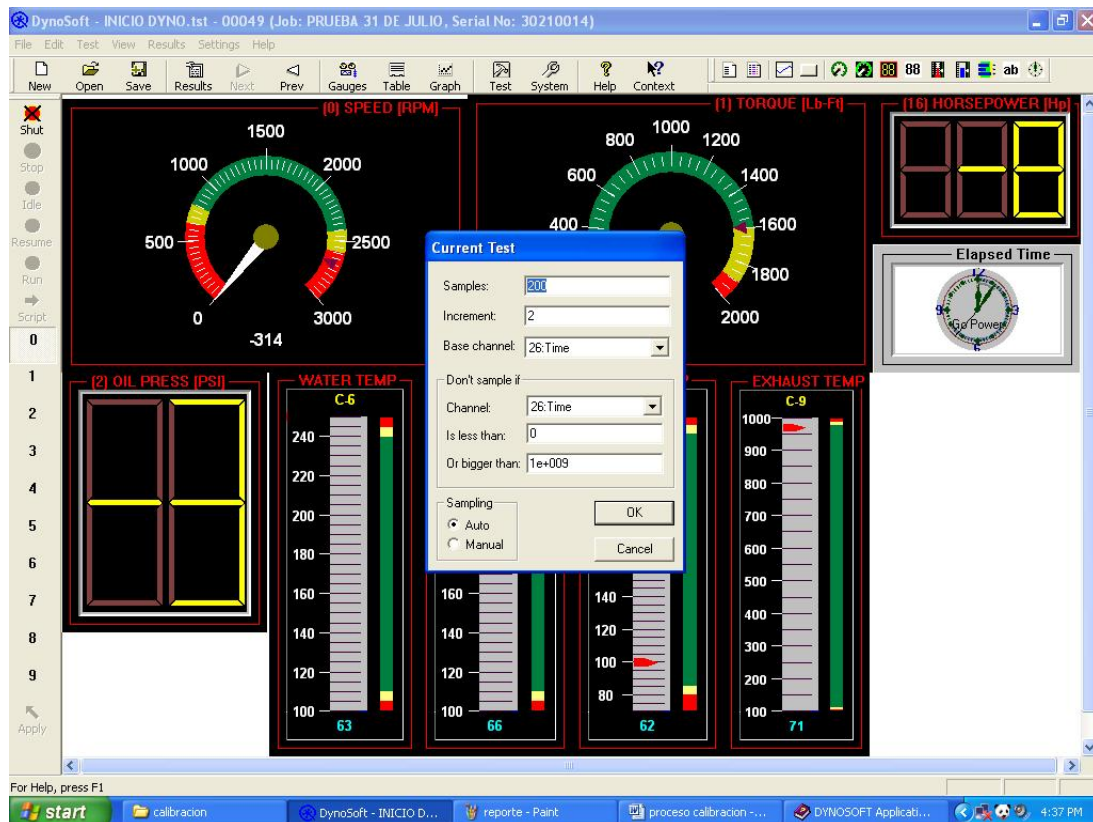
5. Toma de Datos durante la Prueba. En esta sección se configura el número de muestras deseadas durante la prueba de dinamómetro. A continuación se mostrarán los espacios a llenar (Ver figura 135)

Samples: Número de muestras a tomar en la prueba.

Increment: Tiempo en segundos entre cada una de las muestras.

Base Channel: El programa necesita determinar en base a que canal toma las muestras, en este caso, tomamos como base el canal de tiempo pero en general se puede tomar el que se desee y además de eso se debe configurar en que momento no se puede tomar muestra, es decir, si es menor o mayor que algún valor deseado, el programa no tomará muestras por encima o por debajo de los valores indicados por el usuario.

Figura 135. Configuración de Toma de Datos durante la Prueba.



6. Inicio y final de prueba. Antes de iniciar la prueba, al dar clic en la casilla de color verde RUN, aparecerá una ventana como la mostrada en la figura 136, la cual muestra los siguientes espacios:

Operator: Nombre del operador de la prueba.

Mechanic: Técnico auxiliar durante la prueba.

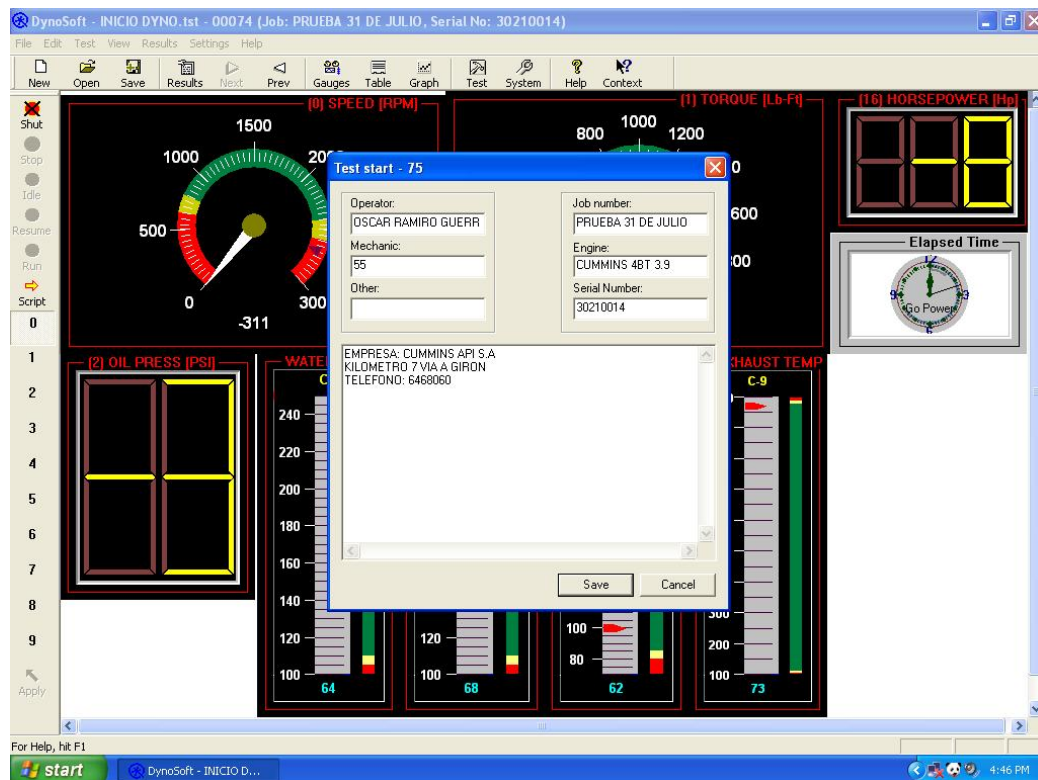
Other: Otra persona en particular presente.

Job Number: Número del trabajo a realizar.

Engine: Motor a probar.

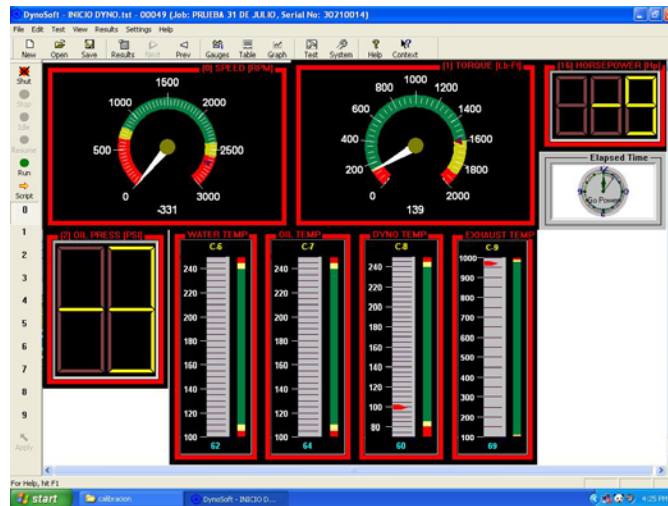
Serial Number: Número de Serie del motor a probar.

Figura 136. Inicio de la Prueba.



7. Interfaz Final. Después de realizar todas las configuraciones necesarias debe aparecer una interfaz como la mostrada en la figura 137.

Figura 137. Interfaz Configurada.



### ■ Comenzar Prueba.

Este es el procedimiento a seguir durante la prueba del dinamómetro:

Para nuestra prueba inicial disponemos de un motor 4BT 3.9 usado. (Ver figura 138).

Figura 138. Motor 4BT 3.9 para Prueba.



▣ **Especificaciones.**

Cuadro 31. Especificaciones Motor 4BT 3.9.

Modelo Motor	4BT 3.9
Aspiración:	Turbocargado.
Potencia Nominal	114 HP
Velocidad de Rateo	2600 RPM
Torque máximo(1600 RPM)-	280 LB-PIE
CPL	2142
Tipo	4 Cilindros en Línea.
Número de Cilindros	4
Diámetro y Carrera	4.02*4.72 Pulgadas
Cilindrada	239.3 PULG <sup>3</sup>
Relación de Compresión	17.3:1
Orden de Encendido	1-3-4-2

▣ **Curvas de Desempeño.** A continuación se mostrarán las curvas de desempeño del motor a probar. (Ver figuras 139 y 140).

Figura 139. Curva Torque vs. RPM

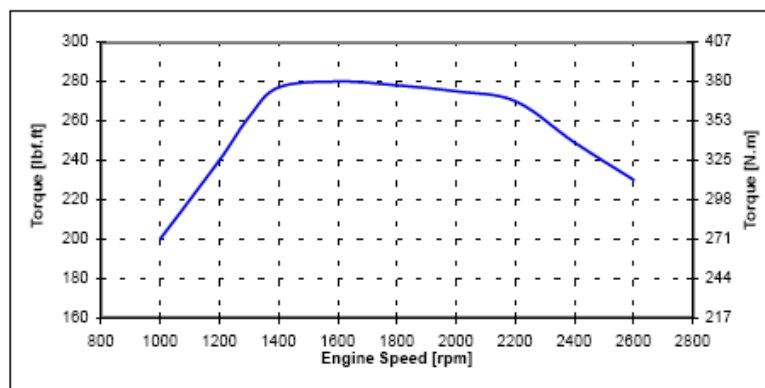
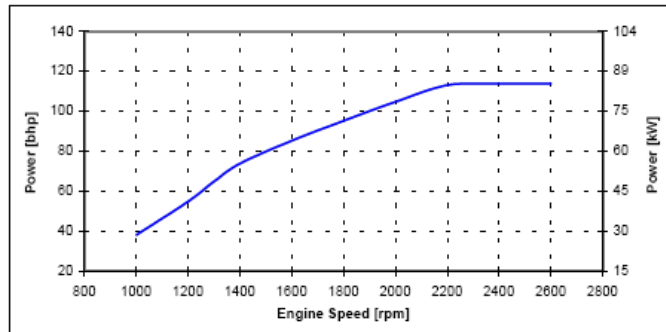


Figura 140. Curva Potencia vs. RPM

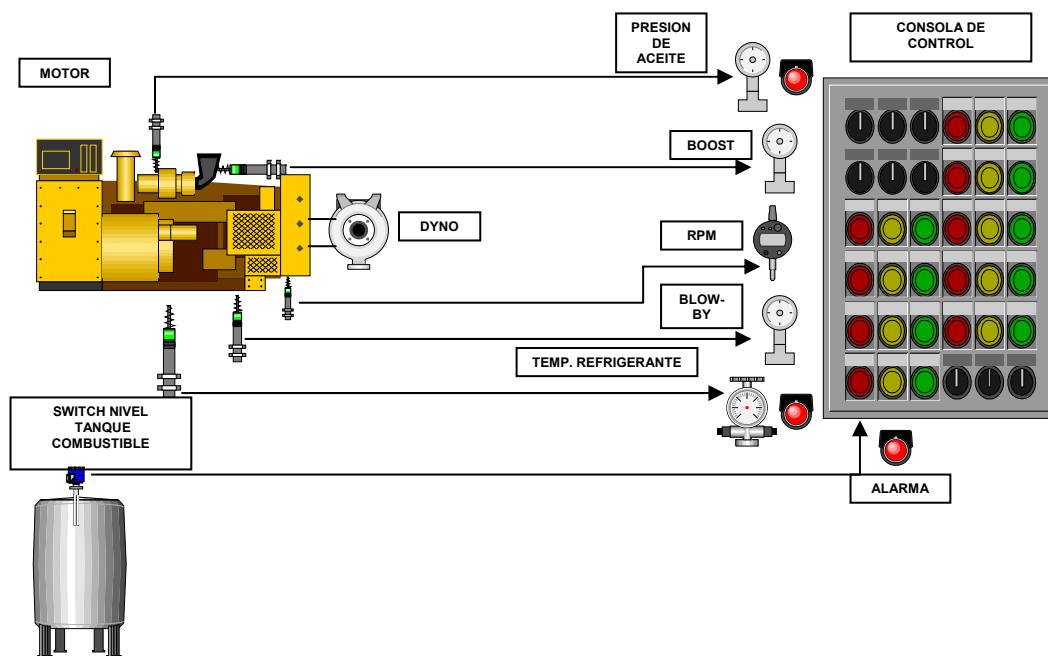


### ■ Chequeo

1. Girar hasta el tope la perilla de control de carga del dinamómetro en el sentido de las manecillas del reloj, hasta la posición de cierre.
2. Verificar que todas las abrazaderas y conexiones estén apretadas.
3. Llenar el sistema de enfriamiento.
4. Revisar las mangueras de entrada y salida de agua del dinamómetro y del motor.
5. Abrir las válvulas o llaves y revisar las conexiones de las mangueras verificando que no se presentan fugas.
6. Chequear la instalación del sensor de temperatura del refrigerante. Capacidad mínima del indicador: 107 grados  $^{\circ}\text{C}$  (225  $^{\circ}\text{F}$ )
7. Chequear la instalación del sensor de presión en una sección recta de la tubería de escape cerca de la salida del turbocargador para checar la restricción en el escape. Capacidad mínima del indicador 254 mm Hg. (10 in Hg.). Esta medición también recibe el nombre de "BOOST".
8. Chequear la instalación del sensor de temperatura del aceite lubricante. Capacidad mínima del indicador 150  $^{\circ}\text{C}$  (300  $^{\circ}\text{F}$ ).

9. Para medir con precisión el escape de gases en el cárter, instalar la herramienta para checar el escape de gases en la ventila del respiradero del cárter. Capacidad mínima del indicador: 1270 mm H<sub>2</sub>O (50 in H<sub>2</sub>O). Un resumen de todas las conexiones del motor se puede observar en la figura 141.

Figura 141. Conexiones Motor-Consola de Control.



▣ **Prueba de Asentamiento.** Todos los motores se deben asentar después de que se haya realizado una reconstrucción o una reparación que involucre el reemplazo de uno o más juegos de anillos de pistón, camisas de cilindros o juegos de camisas. El asentamiento incorrecto o insuficiente de los anillos de pistón dará lugar a un consumo de aceite alto en corto tiempo o quejas de paso de gases alto. El seguimiento a estas recomendaciones permitirá lograr la durabilidad completa de los anillos nuevos. En el cuadro 32 se pueden observar los rangos de prueba que se utilizan para el asentamiento de los

motores Cummins. El cuadro divide cada uno de los motores dependiendo su potencia nominal y realiza la recomendación de los tiempos a los que se deben someter los motores durante esta prueba.

Cuadro 32. Cuadro de Tiempos y Prueba de Asentamiento en el Dinamómetro.

HP a RPM Máximo Nivel del Mar	HP a RPM Regimen a 150 mts (500 pies)	Volumen de Combustible Lactora	Altura Límite para Max. HP Pies	Presión Máxima Múltiple de aire psig	Despotenciar a Partir de Altura pies	Lectura Max de Presión Pulg Agua	Fase 1 para calentar 15 Minutos HP a RPM	Fase 2 15 Minutos HP a RPM	Fase 3 15 Minutos HP a RPM	Fase 4 15 Minutos HP a RPM	Prueba de Potencia 5 Minutos HP a RPM 95% HP	Torsión Lb-Pie Nivel del Mar	Torsión Lb-Pie 150 mts(500 pies)
130 a 3000		51				3	65 a 1800	98 a 2250	110 a 3000	117 a 3000	125 a 3000		
130 a 2000	125 a 2000	52				3	65 a 1500	98 a 2000	111 a 2000	117 a 2000	125 a 2000	400	382
135 a 1800	135 a 1800	57				4	68 a 1350	101 a 1800	115 a 1800	122 a 1800	130 a 1800	452	452
140 a 3300		55				3	70 a 1980	105 a 2475	120 a 3300	128 a 3300	134 a 3300		
160 a 1800	150 a 1800	64				5	80 a 1350	120 a 1800	136 a 1800	144 a 1800	154 a 1800	508	488
160 a 2000	160 a 2000	68				8	80 a 1500	120 a 2000	136 a 2000	144 a 2000	154 a 2000	502	502
170 a 3000		67				3	85 a 1800	127 a 2250	144 a 3000	153 a 3000	163 a 3000		
175 a 1800	165 a 1800	70				8	88 a 1350	131 a 1800	149 a 1800	158 a 1800	168 a 1800	550	530
180 a 2100	172 a 2100	72				8	90 a 1575	135 a 2100	153 a 2100	162 a 2100	173 a 2100	500	480
180 a 1950	173 a 1950	66				8	90 a 1463	135 a 1950	153 a 2100	162 a 2100	173 a 2100	534	512
	183 a 3000	74	500			8	91 a 2250	137 a 3000	156 a 3000	165 a 3000	176 a 3000		389 a 2000
185 a 3300		75				3	90 a 1980	138 a 2475	150 a 3300	165 a 3300	178 a 3300		
	186 a 1800	69	500			8	93 a 1350	140 a 1800	158 a 1800	167 a 1800	178 a 1800		560 a 1500
190 a 2000	182 a 2000	78				8	90 a 1500	142 a 2000	161 a 2000	171 a 2000	182 a 2000	585	562
195 a 2100	185 a 2100	77				8	98 a 1575	146 a 2100	166 a 2100	175 a 2100	187 a 2100	532	510
195 a 1950	187 a 1950	72				8	98 a 1463	146 a 1950	166 a 1950	175 a 1950	187 a 1950	580	558
	202 a 3000	81	500			8	101 a 2250	152 a 3000	172 a 3000	182 a 3000	194 a 3000		425 a 1800
210 a 1800	200 a 1800	93		13		8	105 a 1350	158 a 1800	179 a 1800	189 a 1800	201 a 1800	668	642
	210 a 3000	89	10000			12	105 a 2250	158 a 3000	179 a 3000	189 a 3000	202 a 3000		435 a 1900
220 a 2100	218 a 2100	87	500			8	110 a 1575	165 a 2100	187 a 2100	198 a 2100	211 a 2100	600	644 a 1500
	220 a 3000	89	12000			12	110 a 2250	165 a 3000	187 a 3000	198 a 3000	211 a 3000		435 a 2000
225 a 1950	216 a 1950	85				8	113 a 1463	169 a 1950	191 a 1950	202 a 1950	216 a 1950	668	644
	230 a 2100	88	12000			12	115 a 1575	173 a 2100	196 a 2100	207 a 2100	221 a 2100		805 a 1300
	230 a 1800	84	12000			12	115 a 1425	173 a 1900	196 a 1900	207 a 1900	221 a 1900		805 a 1300
	230 a 1800	83	12000			12	115 a 1350	173 a 1800	196 a 1800	207 a 1800	221 a 1800		805 a 1300
235 a 2100	235 a 2100	92		17-23	14500	12	117 a 1575	176 a 2100	200 a 2100	212 a 2100	225 a 2100	650	650
240 a 1800	225 a 1800	102		11		5	120 a 1350	180 a 1800	204 a 1800	216 a 1800	230 a 1800	746	722
250 a 2100	240 a 2100	97				8	125 a 1575	188 a 2100	213 a 2100	225 a 2100	240 a 2100	690	680
	250 a 2200	94	500			8	125 a 1650	188 a 2200	213 a 2200	225 a 2200	240 a 2200		657 a 1500
	250 a 1900	90	12000			12	125 a 1425	188 a 1900	213 a 1900	225 a 1900	240 a 1900		850 a 1300
	250 a 1800	89	12000			12	125 a 1350	188 a 1800	213 a 1800	225 a 1800	240 a 1800		850 a 1300
282 a 2100	262 a 2100	102		20-28	12000	12	131 a 1575	197 a 2100	223 a 2100	238 a 2100	251 a 2100	720	720
270 a 2100	270 a 2100	103		24-28	12000	12	135 a 1575	203 a 2100	230 a 2100	243 a 2100	259 a 2100	740	740
280 a 2100	280 a 2100	109		29-35	10000	12	140 a 1575	210 a 2100	238 a 2100	252 a 2100	268 a 2100	780	780
290 a 2100	275 a 2100	128		17		8	145 a 1575	218 a 2100	247 a 2100	261 a 2100	278 a 2100	768	742

HP a RPM Máximo Nivel del Mar	HP a RPM Regimen a 150 mts (500 pies)	Volumen de Combustible Lbs/Hora	Altura Limite para Max. HP Pies	Presión Máxima Múltiple de aire pulg	Despotenciar a Partir de Altura pies	Lectura Max de Presión Pulg Agua	Fase 1 para calcular 15 Minutos HP a RPM	Fase 2 15 Minutos HP a RPM	Fase 3 15 Minutos HP a RPM	Fase 4 15 Minutos HP a RPM	Prueba de Potencia 5 Minutos HP a RPM 95% HP	Torsión Lb-Pie Nivel del Mar	Torsión Lb-pie 150 mts(500 pies)
	290 a 1900	106	12000			12	145 a 1425	218 a 1900	247 a 1900	261 a 1900	278 a 1900		830 a 1300
	290 a 2200	106	12000			12	145 a 1650	218 a 2200	247 a 2200	261 a 2200	278 a 2200		795 a 1600
	295 a 2600	116	500			8	147 a 1950	221 a 2600	251 a 2600	266 a 2600	283 a 2600		700 a 1600
300 a 2100	300 a 2100	125		28-38	12000	12	150 a 1575	225 a 2100	255 a 2100	270 a 2100	288 a 2100	806	806
310 a 2100	310 a 2100	122		32-38	8500	12	155 a 1575	232 a 2100	263 a 2100	279 a 2100	298 a 2100	855	855
320 a 2100	300 a 2100	140		17		8	160 a 1575	240 a 2100	272 a 2100	288 a 2100	307 a 2100	860	825
320 a 2200	320 a 2200	127		34-42		12	160 a 1650	240 a 2200	272 a 2200	288 a 2200	307 a 2200		
335 a 2100	335 a 2100	136		33-39	5000	12	168 a 1575	251 a 2100	285 a 2100	302 a 2100	321 a 2100	900	900
350 a 2100	350 a 2100	130		26-34	12000	12	175 a 1575	263 a 2100	298 a 2100	316 a 2100	336 a 2100	948	948
370 a 2100	370 a 2100	145		29-37	12000	12	185 a 1575	278 a 2100	315 a 2100	324 a 2100	361 a 2100		
380 a 2300	380 a 2300	155		28-36	5000	12	190 a 1725	285 a 2300	323 a 2300	342 a 2300	364 a 2300	948	948
400 a 2100	400 a 2100	158		31-39	12000	12	200 a 1575	300 a 2100	340 a 2100	360 a 2100	383 a 2100	1045	1045
400 a 2200	400 a 2200	160		41-49	12000	12	200 a 1650	300 a 2200	340 a 2200	360 a 2200	384 a 2200		
	450 a 2100	169	12000			12	225 a 1575	338 a 2100	383 a 2100	405 a 2100	432 a 2100		1350 a 1600
	525 a 1900	184	12000			12	262 a 1575	394 a 1900	446 a 1900	473 a 1900	504 a 1900		1650 a 1300
	525 a 2100	191	12000			12	262 a 1575	394 a 2100	446 a 2100	473 a 2100	504 a 2100		1650 a 1300
	600 a 2100	217	12000			12	300 a 1575	450 a 2100	510 a 2100	540 a 2100	576 a 2100		1650 a 1600

Fuente. Catálogos de Motores Cummins

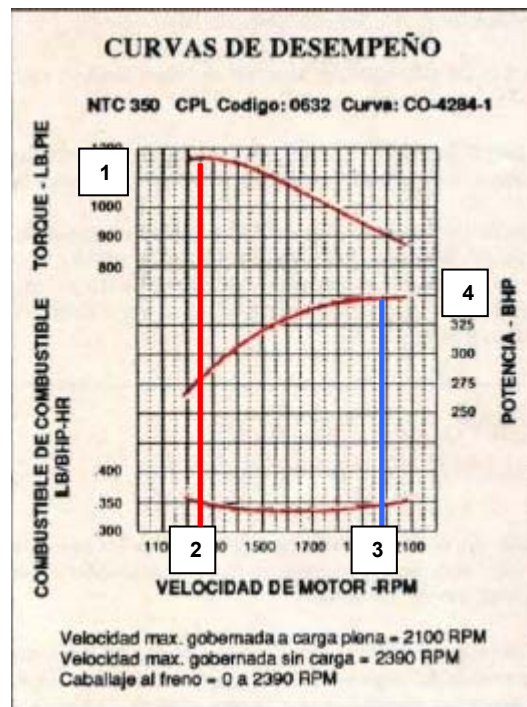
Los motores de Aspiración Natural deben ser despotenciados 3% por cada 300 metros (1000 pies) sobre el nivel del mar y 1% por cada 5.5 grados Celsius (10 Fahrenheit). Los motores turbocargados no requieren despotenciar a alturas menores a las indicadas en la columna Despotenciar a partir de altura. A partir de esa altura, despotenciar 4% por cada 300 metros (1000 pies).

**Definición de términos de la curva de comportamiento de los motores Diesel.** (Ver figura 142).

1. Par Motriz o Torque Máximo: par motriz máximo que produce el motor. Se puede encontrar en unidades de Newton\*metro o Libras\*pie. Este se indica en la placa de datos del motor.
2. RPM de Par Motriz máximo: velocidad del motor a la que se genera el máximo par motriz. Estas se indican en la placa de datos del motor.

3. RPM de la Potencia máxima: Velocidad del motor a la que se desarrolla la máxima potencia. Esta se indica como potencia nominal en la placa de datos del motor.
4. Potencia Máxima: Potencia máxima que desarrollará el motor. Esta se proporciona en la placa de datos con su correspondiente velocidad del motor.

Figura 142. Términos de la Curva de los Motores Diesel.



☐ **Calentamiento del Motor antes de Aplicarle carga.** Después de que arranca el motor, el aceite lubricante debe volver a formar una película en todos los ejes, cojinetes y pistones. Las holguras favorables se logran únicamente después de que todas las piezas del motor han llegado a su temperatura normal de funcionamiento. Evite el riesgo de que se peguen los pistones en las camisas o de que el cigüeñal o el árbol de levas trabajen en cojinetes secos, acelerando el motor poco a poco hasta sus revoluciones de rateo conforme va calentando.

■ **Velocidades de Marcha Mínima.** En la mayoría de las aplicaciones de los motores Cummins, la velocidad de marcha mínima es entre 580 y 650 rpm; sin embargo, la carga parásita puede requerir un valor ligeramente más elevado para lograr un funcionamiento suave.

■ **Indicador de Temperatura de Aceite.** El indicador de temperatura de aceite debe indicar, normalmente, entre 82 y 107 grados Celsius (180 y 225 grados Fahrenheit) para tener mejor lubricación. En condiciones de plena carga, la temperatura del aceite lubricante no debe alarmar si llega a 121 grados Celsius (250 Fahrenheit) por un período corto. Cualquier aumento repentino en la temperatura del aceite que no sea causado por un incremento en el esfuerzo requerido del motor, es un aviso de posible falla mecánica y se debe investigar de inmediato. Durante el período de calentamiento, aplique la carga gradualmente hasta que la temperatura del aceite llegue a 60 grados Celsius (140 Fahrenheit). Cuando el aceite está frío no desempeña una buena función lubricante. La operación continua con temperaturas de aceite muy inferiores a 60 grados Celsius aumenta la posibilidad de dilución del lubricante y formación de ácidos en el mismo, lo cual apresura el desgaste del motor.

■ **Temperatura de Agua.** Una temperatura de agua de 74 a 91 grados Celsius (165 a 195 grados Fahrenheit) es la mejor seguridad de que las camisas de cilindros han sido calentadas a una temperatura adecuada que permitirá la combustión correcta y que las piezas móviles del motor se han expandido uniformemente para dar las holguras más favorables al paso del aceite.

Cuando la temperatura del agua es demasiado baja, las paredes de los cilindros retardan el calentamiento del aire durante la compresión, con lo cual

se demora la ignición. Esto, a su vez, produce una combustión incompleta, detonaciones, exceso de humo y un elevado consumo de combustible.

■ **Indicador de Presión de Aceite.** El indicador de presión de aceite señala la presión del lubricante y también cualquier mal funcionamiento mecánico en el sistema de lubricación. Si hay alguna pérdida de presión, se debe parar el motor inmediatamente antes de que se dañen gravemente los cojinetes.

■ **Observe el Humo de Escape.** El humo de escape es un buen indicador del funcionamiento del motor. Cuando hay exceso de humo en el escape, la causa puede ser un combustible de mala calidad, filtros de aire sucios, exceso de combustible o alguna deficiencia mecánica.

■ **Arranque.** Se debe tener la precaución de no arrancar el motor de arranque por períodos mayores a 30 segundos. El calor excesivo puede dañar el motor de arranque. Arrancar el motor hasta que el indicador de presión del aceite lubricante indique la presión del sistema. Si no hay presión en el indicador, encontrar y corregir el problema antes de continuar. Las mediciones en los indicadores deben mantenerse monitoreadas durante toda la prueba. La presión del aceite lubricante debe ser de por lo menos 69 Kpa (10 psi) a 700 RPM.

Si la presión del aceite lubricante está fuera de especificación, apague inmediatamente el motor. La baja presión en el aceite lubricante dañará al motor. No opere al motor en marcha mínima un período mayor al especificado durante el arranque.

La formación excesiva de carbón dañará al motor. Opere el motor aproximadamente a 700 RPM de 3 a 5 minutos.

## ■ Arranque

1. Dar arranque a todos los motores: motor del radiador del dinamómetro, motor del radiador del diesel y motores de las bombas.
2. Colocar el acelerador en la posición de mínima.
3. Si el motor es nuevo o el tanque de combustible se ha vaciado durante la marcha hasta quedar seco, es necesario purgar o extraer aire del sistema de combustible.
4. Ajustar el acelerador para 2600 RPM (Para nuestro caso con este motor 4BT 3.9, pero para otras pruebas se debe buscar la velocidad máxima del motor y ajustarla a ese dato). Dejar que marche el motor unos segundos para su calentamiento.
5. Utilizando la válvula de control dé carga lentamente al motor hasta que el medidor de torque indique de 3-5 lb.-pie.
6. Observar que disminuyeron las RPM al proporcionar carga, entonces se puede cambiar el número de RPM variando la carga del motor.
7. Aumentar gradualmente la carga, aumentando al mismo tiempo la apertura del acelerador para mantener la velocidad del motor en 2600 RPM.
8. Cuando el acelerador esté totalmente abierto, variar el control de la carga (dejando el acelerador en dicha posición) para alcanzar las siguientes velocidades 2600, 2400, 2200, 2000, 1800, 1600, 1400, 1200, 1000, en RPM y formar las lecturas del medidor de carga.
9. Observar que el dinamómetro no responde inmediatamente a cambios en los ajustes del control de carga. La respuesta retardada se debe al tiempo necesario para que el agua entre y salga de la unidad de potencia.
10. Practicar utilizando el control de carga para variar la velocidad del motor hasta que se este seguro de tener el tacto o sensación de la respuesta retardada del dinamómetro a cambios en los ajustes o posiciones del control de carga.

11. La ecuación para calcular la potencia en Hp es:

$$\text{HP} = \text{TORQUE X RPM} / 5250 \quad \text{Ecuación 3.}$$

12. Para nuestro caso no necesitamos calcular la potencia ya que internamente nuestro software realiza esta operación.

▣ **Finalizar Prueba.** Al terminar el registro de todos los datos, damos por terminada la prueba dinamométrica. Quitar completamente la carga del dinamómetro.

▣ **Paro del Motor.** Es muy importante dejar el motor de 3 a 5 minutos en marcha mínima antes de pararlo, a fin de que el lubricante y el agua puedan disipar gran parte del calor de la cámara de combustión, cojinetes, árboles, etc. Esto es de especial importancia con motores turbocargados.

El turbocargador contiene cojinetes y sellos que están sometidos al elevado calor de los gases de escape. Mientras el motor está funcionando, este calor es disipado por la circulación del aceite; sin embargo, si se para repentinamente el motor, la temperatura dentro del turbocargador puede aumentar hasta en 56 grados Celsius (100 Fahrenheit). Los resultados de este calor excesivo pueden ser cojinetes pegados o sellos de aceite dañados.

Evitar que el motor trabaje en marcha mínima durante períodos largos, porque el motor se enfriará demasiado y el combustible no arderá debidamente. Esto producirá carbonización en los agujeros de los inyectores y en los anillos de pistón.

Si la temperatura del agua baja demasiado, el combustible crudo arrastrará el lubricante de las paredes de los cilindros y diluirá el lubricante, con lo cual todas las partes del motor sufrirán por una lubricación inadecuada.

Ahora se deben desmontar todos los instrumentos. Desmontar el dinamómetro del motor. Preparar el motor para pintar y entregar. Después de terminar la prueba, el operador debe revisar los valores límites dependiendo del motor probado (Ver Cuadro 33) para compararlos con los valores obtenidos, luego se debe llenar el formato de protocolo de despacho (Ver Figura 143), en el cual se consignan los resultados de las pruebas.

Cuadro 33. Especificaciones Generales para los Motores Cummins.

	SERIE B	SERIE C	N14	NT	L10	V28	K19	K38 Y K50
RESTRICCION EN LA ADMISION(MAXIMA) mm de H2O(pulg. de H2O)								
*FILTRO LIMPIO	381(15)	380(15)	380(15)	380(15)	380(15)	380(15)	380(15)	380(15)
*FILTRO SUCIO	635(25)	635(25)	635(25)	635(25)	635(25)	635(25)	635(25)	635(25)
TEMPERATURA DE ENTRADA DEL AIRE(MAXIMA) Celsius(Fahrenheit)		(38(100))						
RESTRICCION MAXIMA DEL ENFRIADOR DE AIRE(MAXIMA) mm de Hg.(pulg. de Hg.)			102(4)					
TEMPERATURA DEL ESCAPE Celsius(Fahrenheit)		700(1290)						
PRESION DE RETORNO EN EL ESCAPE mm de Hg.(pulg. de Hg.)			75(3)	75(3)	75(3)	75(3)	75(3)	75(3)
*INDUSTRIAL	76(3)	76(3)						
*CERTIFICADO EPA(AUTOMOTRIZ SIN CATALIZADOR)	114(4,5)	114(4,5)						
*CERTIFICADO EPA(AUTOMOTRIZ CON CATALIZADOR)	152(6)	152(6)						
HUMO								
*MEDIDOR DE HUMO BOSCH(MAXIMO) Unidades		2,5						
MEDIDOR DE HUMO CELESCO(MAXIMA) porcentaje		4%						
TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE(MAXIMA) Celsius(Fahrenheit)		100(221)				90(195)	90(195)	
TEMPERATURA DEL ACEITE LUBRICANTE(MINIMA)Celsius(Fahrenheit)						88(190)		88(190)
TEMPERATURA DEL ACEITE LUBRICANTE(MAXIMA) Celsius(Fahrenheit)		126,6(260)				120(250)		120(250)
TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE(MAXIMA) Celsius(Fahrenheit)						32(90)	32(90)	
PRESION DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN Kpa(psi)								
*MARCHA MINIMA BAJA(MINIMA PERMISIBLE)	69(10)	69(10)	70(10)	70(10)		138(20)	138(20)	138(20)
*A 1200 RPM O PAR MOTRIZ MAXIMO(MINIMA PERMISIBLE)			205(30)	205(30)				
*VELOCIDAD NOMINAL(MINIMA PERMISIBLE)	207(30)	207(30)	205(30)			345(50)	345(50)	310(45)
*AUTOMOTRIZ				240-310 Kpa				
*INDUSTRIAL				310-375 Kpa				
RESTRICCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE(MAXIMA) mm de Hg.(pulg. de Hg.)								
*FILTRO LIMPIO				100(4)	100(4)	100(4)	100(4)	100(4)

	SERIE B	SERIE C	N14	NT	L10	V28	K19	K38 Y K50
*FILTRO SUCIO	100(4)	89(3,5)		200(8)	200(8)	200(8)	200(8)	200(8)
RESTRICCION DEL RETORNO DE COMBUSTIBLE(MAXIMA) mm de Hg.(pulg. de Hg.)	518(20,4)	35Kpa(5 psi)		64(2,5)			64(2,5)	
*SIN VALVULAS CHECK(MAXIMA)			65(2,5)		64(2,5)	64(2,5)		64(2,5)
* CON VALVULAS CHECK(MAXIMA)			165(6,5)		165(6,5)	165(6,5)		165(6,5)
PASO DE GASES(A VELOCIDAD Y CARGA NOMINALES)							508(20)	432(17)
*MOTORES NUEVOS O RECONSTRUIDOS mm de agua(pulg. de agua)		113 L/min.	305(12)	305(12)	305(12)	305(12)		
*MOTORES USADOS mm de agua(pulg. de agua)		226 L/min.	460(18)	460(18)	460(18)			

Figura 143. Protocolo de Despacho Prueba Dinamómetro.

### PROTOCOLO DESPACHO PRUEBA DINAMOMETRO

IDENTIFICACION	
Cliente:	OT #
Motor:	Tipo(Diesel/Gas):
No Serie:	CPL:

PRUEBA DINAMOMETRICA	RESULTADO
Temperatura del Motor	Baja <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>
Presion de Aceite	Baja <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>
Nivel de Humo	Aceptable <input type="checkbox"/> Deficiente <input type="checkbox"/>
Fugas( Descripcion)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Estado General del Motor	Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>
Informacion Adicional	

Realizado Por :	Fecha:	Firma:
-----------------	--------	--------

COMPLETADO POR EL GERENTE DE SERVICIO EN CASO DE NO PASAR LA PRUEBA	
El Cliente fue informado: SI NO	Contacto
Instrucciones del Cliente:	

Gerente de Servicio	Fecha:	Firma:
---------------------	--------	--------

■ **Localización de Dificultades en Motores Cummins Diesel.** La localización de dificultades es un estudio organizado del problema y un método bien planeado de procedimientos para investigación y corrección de la dificultad.

Los cuadros mostrados a continuación se han organizado de acuerdo a los sistemas del motor y no incluyen todas las correcciones de las dificultades listadas pero contiene una parte y, además, es una guía que puede servir para que el técnico efectúe su propio diagnóstico y trabaje de manera que pueda localizar el origen del problema. Para usar el cuadro, localice la dificultad en la parte superior del cuadro; siga esa columna hacia abajo hasta que encuentre un punto negro. Vea en la columna a la izquierda del punto la causa posible.

■ **Pensar Antes de Actuar.** Estudiar detenidamente el problema es lo primero que se debe hacer. Luego, hacerse las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles fueron las señales previas al problema?
2. ¿Qué trabajo de mantenimiento y reparación se ha hecho previamente?
3. ¿Ha ocurrido antes un problema similar?
4. Si el motor sigue trabajando ¿Se puede dejar sin peligro en esas condiciones y proseguir la investigación?

■ **Hacer Primero lo Más Fácil.** La mayor parte de las dificultades se corrigen en forma sencilla y rápida; algunos de los ejemplos son las quejas de “Falta de Potencia” ocasionadas por ejemplo por filtros de combustibles que están sucios; las de “consumo excesivo de lubricante” causadas por fugas de aceite por juntas y conexiones, etc. Verificar en primer lugar la causa más fácil y más obvia de la dificultad; con esto, se ahorrará tiempo y problemas.

▣ **Factores Internos que Afectan la Potencia de Salida del Motor.** Cada motor está diseñado para producir una potencia específica. Sin embargo, los siguientes factores internos afectan la potencia que produce el motor.

▣ **Exceso de Contrapresión.** Esto lo produce un tubo de escape o un silenciador con unas dimensiones incorrectas. Puede reducir la potencia de salida y la economía en el consumo de combustible como consecuencia de una remoción inadecuada de los gases de escape de los cilindros. También produce un aumento en la temperatura del escape.

▣ **Calidad del Combustible.** El combustible de buena calidad es limpio y fresco pero el combustible se puede degradar por la evaporación o si se contamina con agua, polvo o microorganismos. El combustible limpio, no degradado, se quema más completamente y produce más energía por galón. El combustible degradado puede reducir la salida de energía y la economía de combustible e, incluso, puede impedir completamente que el motor funcione.

▣ **Temperatura del Combustible Incorrecta.** Una temperatura excesiva en el combustible puede producir menos potencia y reducir la eficiencia en el consumo de combustible.

▣ **Factores Externos que Afectan a la Salida de Potencia del Motor.** Existen algunos factores externos importantes que pueden afectar la potencia producida por un motor de combustión interna.

▣ **Temperatura Ambiente.** Los motores están diseñados para operar dentro de un determinado rango de temperaturas. Un motor puede operar a ciertas temperaturas por fuera de su rango especificado pero produciendo menos potencia. Para cada tipo de motor existe una norma para determinar la

reducción de la potencia. Por ejemplo, algunos motores turbocargados Cummins pierden 1% de su potencia nominal por cada 10 grados Fahrenheit por encima de los 100 Fahrenheit.

■ **Altura.** Los motores operan con menos eficiencia y producen menos potencia en lugares más altos porque el aire es menos denso y contiene menos oxígeno. La mayoría de los motores turbocargados Cummins pueden operar normalmente hasta 5000 pies. Por encima de esa altura, su potencia de salida se reduce 4% por cada 1000 pies adicionales.

■ **Humedad.** La nieve, la lluvia, el granizo, el agua levantada por los botes, el rocío, la condensación producida por los cambios de temperatura, y las salpicaduras de líquidos en los procesos industriales pueden causar problemas al cableado eléctrico y las partes metálicas del motor. Los problemas pueden incluir cortocircuitos eléctricos así como corrosión de las piezas metálicas.

■ **Polvo.** Tanto el polvo común como el creado por procesos industriales pueden perjudicar la operación de los motores. El polvo que penetra en el motor puede producir exceso de desgaste y reducir la eficiencia en el consumo de combustible. En muchos casos, los problemas del motor son ocasionados por una combinación de polvo y humedad.

■ **Materiales Explosivos.** Cualquier sustancia altamente inflamable o explosiva que se encuentre en el aire alrededor de un motor es peligrosa. Los vapores de gasolina, el gas natural, el acetileno e incluso las fibras de algodón o rayón en el aire pueden ser explosivos. Las chispas del motor pueden encender las sustancias inflamables o producir explosiones y causar graves daños.

Cuadro 34. Problemas en el Sistema de Aire.

LOCALIZACION DE DIFICULTADES	PROBLEMAS																											
	ARRANQUE DIFICIL O NO ARRANCA	FALLA DEL MOTOR	HUMO EXCESIVO EN MARCHA MINIMA	HUMO EXCESIVO BAJO CARGA	HUMO EXCESIVO AL ACELERAR	PERDIDA DE POTENCIA	NO LLEGA A RPM GOBERNADAS	POCO VOLUMEN DE AIRE	ACELERACION DEFICIENTE	CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	DESACELERACION DEFICIENTE	MARCHA MINIMA ERRATICA	EL MOTOR SE APAGA	BORBOTE RPM GOBERNADAS	CONSUMO EXCESIVO DE LUBRICANTE	CIENO EN EL DEPOSITO DE ACEITE	DILUCION DE LUBRICANTE	BAJA PRESION DE LUBRICANTE	FUGAS POR RESPIRADEROS	BAJA TEMPERATURA DEL AGUA	ALTA TEMPERATURA DEL AGUA	ACEITE DEMASIADO CALIENTE	CASCABEO (GOLPEO DEL MOTOR) DEL MOTOR	GOLPES MECANICOS	RUIDO DEL TREN DE ENGRANES	VIBRACION EXCESIVA DEL MOTOR	RUIDO EXCESIVO	
CAUSAS																												
ADMISION DE AIRE RESTRINGIDA	X			X	X	X		X	X			X																
CONTRAPRESION ALTA EN EL ESCAPE				X	X	X			X											X								
TRABAJO EN LUGARES CALIDOS O MUY ALTOS				X		X		X																				
FUGAS DE AIRE ENTRE FILTROS Y MOTOR					X	X		X																				
COMPRESOR DE TURBOCARGADOR, SUCIO				X	X	X		X		X																		
USO INCORRECTO DE DISPOSITIVO PARA ARRANQUE	X																						X					
FUGAS POR SELLO DE TURBINA TURBOCARGADOR							X																					

Cuadro 35. Problemas en el Sistema de Combustible.

LOCALIZACION DE DIFICULTADES	PROBLEMAS																											
	ARRANQUE DIFICIL O NO ARRANCA	FALLA DEL MOTOR	HUMO EXCESIVO EN MARCHA MINIMA	HUMO EXCESIVO BAJO CARGA	HUMO EXCESIVO AL ACELERAR	PERDIDA DE POTENCIA	NO LLEGA A RPM GOBERNADAS	POCO VOLUMEN DE AIRE	ACELERACION DEFICIENTE	CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	DESACELERACION DEFICIENTE	MARCHA MINIMA ERRATICA	EL MOTOR SE APAGA	BORBOTE RPM GOBERNADAS	CONSUMO EXCESIVO DE LUBRICANTE	CIENO EN EL DEPOSITO DE ACEITE	DILUCION DE LUBRICANTE	BAJA PRESION DE LUBRICANTE	FUGAS POR RESPIRADEROS	BAJA TEMPERATURA DEL AGUA	ALTA TEMPERATURA DEL AGUA	ACEITE DEMASIADO CALIENTE	CASCABEO (GOLPEO DEL MOTOR) DEL MOTOR	GOLPES MECANICOS	RUIDO DEL TREN DE ENGRANES	VIBRACION EXCESIVA DEL MOTOR	RUIDO EXCESIVO	
CAUSAS																												
FALTA O RESTRICCION DE COMBUSTIBLE	X												X															
COMBUSTIBLE DE MALA CALIDAD	X	X	X	X		X				X		X	X											X				
FILTRACIONES DE AIRE EN TUBOS DE SUCCION	X	X				X	X				X	X	X	X									X					
TUBOS DE COMB. RESTRINGIDOS: VALVULA PEGADA	X	X	X	X	X	X	X			X	X																	X
FUGAS INTERNAS O EXTERNAS DE COMBUSTIBLE						X				X			X				X	X										
AGUJEROS DE TOBERAS, OBSTRUIDOS	X	X	X	X		X				X																		
EJE DE LA BOMBA, ROTO	X												X															
ENGRANES GASTADOS O BOMBA DAÑADA	X					X																						

LOCALIZACION DE DIFICULTADES	PROBLEMAS																										
	ARRANQUE DIFÍCIL O NO ARRANCA	FALLA DEL MOTOR	HUMO EXCESIVO EN MARCHA MINIMA	HUMO EXCESIVO BAJO CARGA	HUMO EXCESIVO AL ACELERAR	PERDIDA DE POTENCIA	NO LLEGA A RPM GOBERNADAS	POCO VOLUMEN DE AIRE	ACELERACION DEFICIENTE	CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	DESACELERACION DEFICIENTE	MARCHA MINIMA ERRÁTICA	EL MOTOR SE APAGA	BORBOTEO RPM GOBERNADAS	CONSUMO EXCESIVO DE LUBRICANTE	CIENO EN EL DEPOSITO DE ACEITE	DILUCION DE LUBRICANTE	BAJA PRESION DE LUBRICANTE	FUGAS POR RESPIRADEROS	BAJA TEMPERATURA DEL AGUA	ALTA TEMPERATURA DEL AGUA	ACEITE DEMASIADO CALIENTE	CASCABEO (GOLPETEO DEL MOTOR) DEL MOTOR	GOLPES MECANICOS	RUIDO DEL TREN DE ENGRANES	VIBRACION EXCESIVA DEL MOTOR	RUIDO EXCESIVO
CONEXIONES DE ENTRADA O RETORNO DEL INYECTOR	X																										
COPAS DE INYECTORES, INCORRECTAS			X	X	X				X							X											
CUERPO O COPA DE INYECTOR, RAJADOS	X	X	X	X		X			X							X											
SELLO ANULAR DE INYECTOR, DAÑADO						X			X							X											
VARILLAJE DEL ACELERADOR						X	X				X	X	X	X													
RESORTES DE MARCHA MINIMA MAL INSTALADOS										X	X	X															
CONTRAPESOS DEL GOBERNADOR, MAL INSTALADOS											X	X															
GOBERNADOR AJUSTADO A POCAS RPM						X	X																				
AGUA EN EL COMBUSTIBLE	X						X						X														
CALIBRACION INCORRECTA DE LA BOMBA				X	X	X	X		X	X	X	X															X
FLUJO(VOLUMEN) DE INYECTORES, INCORRECTO					X	X	X	X	X																		

Cuadro 36. Problemas en el Sistema de Lubricación.

LOCALIZACION DE DIFICULTADES	PROBLEMAS																										
	ARRANQUE DIFÍCIL O NO ARRANCA	FALLA DEL MOTOR	HUMO EXCESIVO EN MARCHA MINIMA	HUMO EXCESIVO BAJO CARGA	HUMO EXCESIVO AL ACELERAR	PERDIDA DE POTENCIA	NO LLEGA A RPM GOBERNADAS	POCO VOLUMEN DE AIRE	ACELERACION DEFICIENTE	CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	DESACELERACION DEFICIENTE	MARCHA MINIMA ERRÁTICA	EL MOTOR SE APAGA	BORBOTEO RPM GOBERNADAS	CONSUMO EXCESIVO DE LUBRICANTE	CIENO EN EL DEPOSITO DE ACEITE	DILUCION DE LUBRICANTE	BAJA PRESION DE LUBRICANTE	FUGAS POR RESPIRADEROS	BAJA TEMPERATURA DEL AGUA	ALTA TEMPERATURA DEL AGUA	ACEITE DEMASIADO CALIENTE	CASCABEO (GOLPETEO DEL MOTOR) DEL MOTOR	GOLPES MECANICOS	RUIDO DEL TREN DE ENGRANES	VIBRACION EXCESIVA DEL MOTOR	RUIDO EXCESIVO
CAUSAS																											
FUGAS INTERNAS O EXTERNAS DE ACEITE															X												
FILTROS DE LUBRICANTES SUCIOS																X		X									
PASO DE ACEITE EN LOS CILINDROS			X	X											X		X										
CONDUCTOS PARA ACEITE OBSTRUIDOS																											
RESTRICCION EN TUBO DE SUCCION DE ACEITE																		X									
REGULADOR DE PRESION DE ACEITE, DEFICIENTE																		X									
FALTA DE ACEITE																		X			X	X					
ACEITE INADECUADO A LA TEMPERATURA AMBIENTE															X		X										
NIVEL DE ACEITE MUY ALTO						X				X				X								X					

Cuadro 37. Problemas en el Sistema de Enfriamiento.

LOCALIZACION DE DIFICULTADES	PROBLEMAS	ARRANQUE DIFICIL O NO ARRANCA	FALLA DEL MOTOR	HUMO EXCESIVO EN MARCHA MINIMA	HUMO EXCESIVO BAJO CARGA	HUMO EXCESIVO AL ACELERAR	PERDIDA DE POTENCIA	NO LLEGA A RPM GOBERNADAS	POCO VOLUMEN DE AIRE	ACELERACION DEFICIENTE	CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	DESACELERACION DEFICIENTE	MARCHA MINIMA ERRATICA	EL MOTOR SE APAGA	BORBOTEO RPM GOBERNADAS	CONSUMO EXCESIVO DE LUBRICANTE	CIENO EN EL DEPOSITO DE ACEITE	DILUCION DE LUBRICANTE	BAJA PRESION DE LUBRICANTE	FUGAS POR RESPIRADEROS	BAJA TEMPERATURA DEL AGUA	ALTA TEMPERATURA DEL AGUA	ACEITE DEMASIADO CALIENTE	CASCABEO (GOLPEO DEL MOTOR) DEL MOTOR	GOLPES MECANICOS	RUIDO DEL TREN DE ENGRANES	VIBRACION EXCESIVA DEL MOTOR	RUIDO EXCESIVO
CAUSAS																												
FALTA DE AGUA O BOMBA GASTADA																												
TERMOSTATOS DEFICIENTES																	x		x		x		x					
MANGUERAS DAÑADAS, CORREAS FLOJAS																			x									
PERSIANAS DEL RADIADOR ABIERTAS																	x				x							
FUGAS INTERNAS DE AGUA																		x										
ENFRIADOR O CONDUCTOS OBSTRUIDOS																			x									
FUGAS EXTERNAS; AIRE EN EL SISTEMA																			x									
RADIADOR DE POCA CAPACIDAD O SUCIO																			x									
BAJA TEMPERATURA DEL AGUA																	x	x										

Cuadro 38. Problemas por los Métodos de Manejo y Mantenimiento.

LOCALIZACION DE DIFICULTADES	PROBLEMAS	ARRANQUE DIFICIL O NO ARRANCA	FALLA DEL MOTOR	HUMO EXCESIVO EN MARCHA MINIMA	HUMO EXCESIVO BAJO CARGA	HUMO EXCESIVO AL ACELERAR	PERDIDA DE POTENCIA	NO LLEGA A RPM GOBERNADAS	POCO VOLUMEN DE AIRE	ACELERACION DEFICIENTE	CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	DESACELERACION DEFICIENTE	MARCHA MINIMA ERRATICA	EL MOTOR SE APAGA	BORBOTEO RPM GOBERNADAS	CONSUMO EXCESIVO DE LUBRICANTE	CIENO EN EL DEPOSITO DE ACEITE	DILUCION DE LUBRICANTE	BAJA PRESION DE LUBRICANTE	FUGAS POR RESPIRADEROS	BAJA TEMPERATURA DEL AGUA	ALTA TEMPERATURA DEL AGUA	ACEITE DEMASIADO CALIENTE	CASCABEO (GOLPEO DEL MOTOR) DEL MOTOR	GOLPES MECANICOS	RUIDO DEL TREN DE ENGRANES	VIBRACION EXCESIVA DEL MOTOR	RUIDO EXCESIVO
CAUSAS																												
FILTROS EN GENERAL SUCIOS						x	x										x											
LARGOS PERIODOS EN MARCHA MINIMA		x	x	x	x												x	x										
MOTOR SOBRECARGADO											x													x				
NECESITA CAMBIO DE ACEITE																	x											
MOTOR MUY SUCIO EN EL EXTERIOR																						x	x					

## ▣ Localización de Dificultades en el Dinamómetro

Durante las condiciones de operación del dinamómetro de motor, ciertos problemas pueden aparecer durante el test al motor los cuales podrían tener efectos en la operación del dinamómetro o causar errores en los resultados de la prueba. En los siguientes cuadros listan algunos de los posibles problemas que éste puede presentar y lista sugerencias para solucionarlos.

Cuadro 39. Problemas con la Carga del Dinamómetro.

SINTOMA	CAUSA	SOLUCION
<b>DINAMOMETRO NO TIENE CARGA</b>	INADECUADO SUMINISTRO DE AGUA	CHEQUEAR SUMINISTRO DE AGUA. EL DINAMOMETRO REQUIERE 45 gpm A 45 psi EN LA ENTRADA
	PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA INCORRECTOS	CHEQUEAR PUERTOS PARA EL TIPO DE ROTACION DEL MOTOR
	VALVULA DE CARGA NO ESTA ABIERTA	ABRIR VALVULA DE CARGA O REPARAR SI ES NECESARIO
	MOTOR RATEADO A MAS TORQUE O POTENCIA QUE EL DINAMOMETRO PUEDE ABSORBER.	

Cuadro 40. Otros Problemas con la Carga del Dinamómetro

SINTOMA	CAUSA	SOLUCION
<b>CARGA INCONTROLABLE</b>	INSUFICIENTE PRESION DE SUMINISTRO EN LA ENTRADA DE AGUA	CHEQUEAR SUMINISTRO DE AGUA AL DYNO QUE DEBE SER DE 45 gpm A 45 psi
	PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA INCORRECTOS	CHEQUEAR PUERTO DE ENTRADA PARA LA ROTACION DEL MOTOR
	RESTRICCION EN LA MANGUERA DE SALIDA	LA MANGUERA DE SALIDA DEBE ESTAR SIN OBSTRUCCIONES Y DRENAR A LA ATMOSFERA DEBAJO DEL DINAMOMETRO
	FALLA LA VALVULA CHEQUE DEL AIRE	DESMONTAR Y REPARAR O REEMPLAZAR
	VALVULA CHEQUE DE AIRE EN POSICION INCORRECTA	MIRARA MANUAL DYNO EN FIGURAS 2-11ª Y 2-11B
FALLA EN VALVULA DE CARGA O FLUJO	CAMBIAR VALVULA	

Cuadro 41. Problemas con Baja lectura de Torque en el Dinamómetro.

SINTOMA	CAUSA	SOLUCION
<b>BAJA O CERO LECTURA DE TORQUE</b>	LINEA DE TORQUE NO CONECTADA	VERIFICAR QUE LA LINEA DE TORQUE ESTE CONECTADA AL DINAMOMETRO Y A LA CONSOLA
	ORIENTACION INADECUADA DE LA CELDA DE CARGA	MIRAR MANUAL DYNO 2-11A Y 2-11B
	BAJO NIVEL DE FLUIDO EN LA CELDA	APLICAR FLUIDO EN LA CELDA DE CARGA
	INSUFICIENTE SUMINISTRO DE AGUA	CHEQUEAR SUMINISTRO DE AGUA AL DYNO. BEBE SER DE 45 gpm a 45 psi
	PUERTO DE ENTRADA INADECUADO	CHEQUEO DE ROTACION DEL MOTOR
FALLA EN EL DIAFRAGMA DE LA CELDA DE CARGA	REEMPLAZAR DIAFRAGMA	

■ **Cuidados con el Dinamómetro.** Durante la operación del Dinamómetro, observar siempre la temperatura del agua, el valor del torque y las rpm, sin permitir que los valores máximos sean sobrepasados.

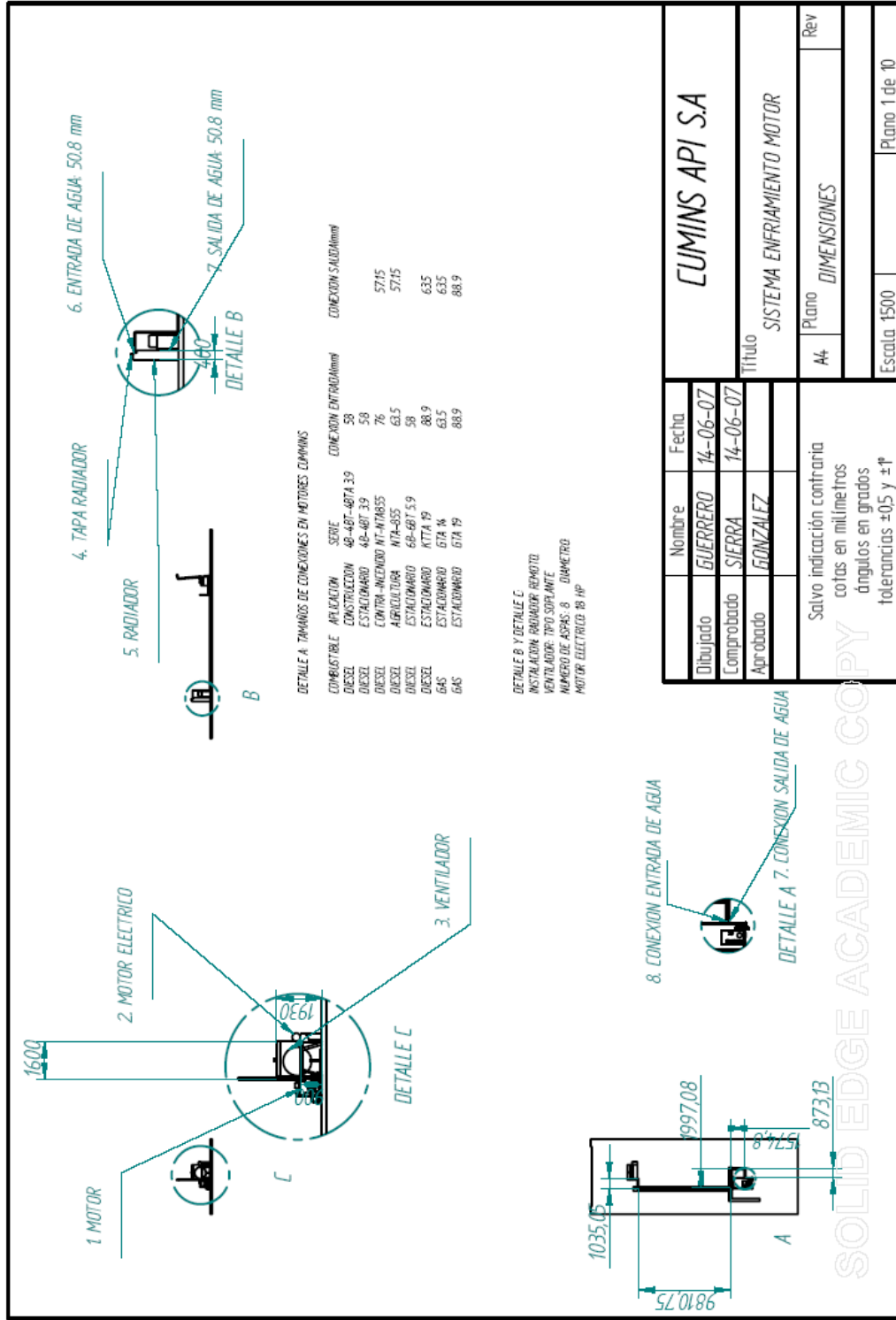
- Torque Máximo: 2000 lb-ft.
- Rotación Máxima: 3500 rpm.
- Temperatura Máxima del Agua: 180 grados Fahrenheit.
- Presión máxima del agua: 60 psi.

■ **Mantenimiento del Dinamómetro.** Para asegurar la durabilidad, el dinamómetro debe ser inspeccionado regularmente. Un programa de mantenimiento preventivo debe ser establecido para detectar problemas antes de que estos mismos puedan causar daños. Durante la operación del Dinamómetro, periódicamente realizar inspecciones al equipo y al sistema de suministro de agua. Inspeccionar el drenaje del sello y si se presenta un flujo grande por el drenaje mencionado, esto indicará desgaste del sello. Sustituir el sello una vez sea necesario.

Mensualmente o cada 100 horas de operación se debe limpiar externamente el equipo, se debe revisar los filtros de agua, filtros hidráulicos. También se debe verificar y ajustar la celda de carga y el sensor de velocidad. Cada seis meses o 200 horas de operación se debe realizar una recalibración del sistema de medición de torque. También se debe realizar una recalibración de los instrumentos y transductores. Cada dos años o 2000 horas de operación se debe cambiar la celda de carga, el sensor magnético de velocidad y el brazo de torque del dinamómetro. Se debe girar la carcasa del dinamómetro varias veces para obtener una nueva posición de los rodamientos en relación a las pistas internas.

■ **Mantenimiento de la consola de control.** Se deben inspeccionar los elementos de la consola de control periódicamente. Un programa de mantenimiento preventivo detectará la mayoría de los problemas antes de que se produzcan. Mensualmente o cada 100 horas de operación se deben inspeccionar los cables eléctricos y las conexiones de los controles. Revisar conexiones, terminales, reparar o sustituir conforme las necesidades. Revisar también la válvula de control de flujo en la entrada del Dinamómetro.

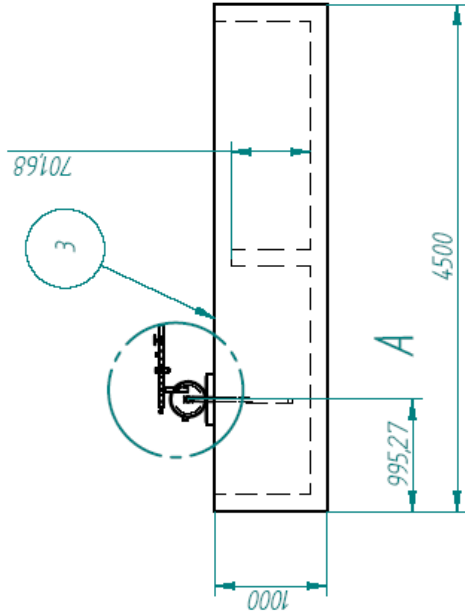
## Anexo G. PLANOS DE MONTAJE DE ELEMENTOS EN EL BANCO DE PRUEBAS.



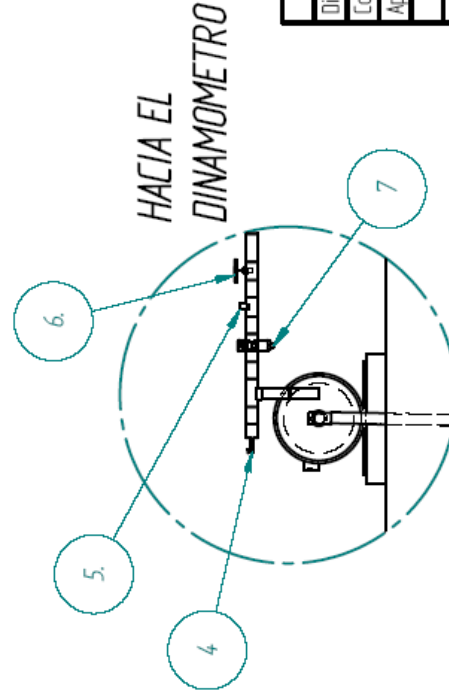
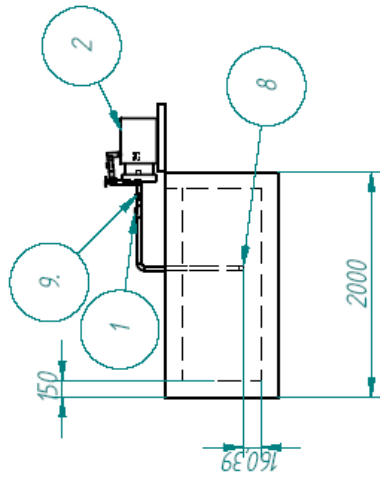
<b>CUMMINS API SA</b>	
Nombre	Fecha
Dibujado <b>GUERRERO</b>	14-06-07
Comprobado <b>SIERRA</b>	14-06-07
Aprobado <b>GONZALEZ</b>	
Titulo	
SISTEMA ENFRIAMIENTO MOTOR	
Plano	Rev
A4	DIMENSIONES
Escala 1500	Plano 1 de 10

Salvo indicación contraria  
 cotas en milímetros  
 ángulos en grados  
 tolerancias  $\pm 0,5$  y  $\pm 1^\circ$

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



70168

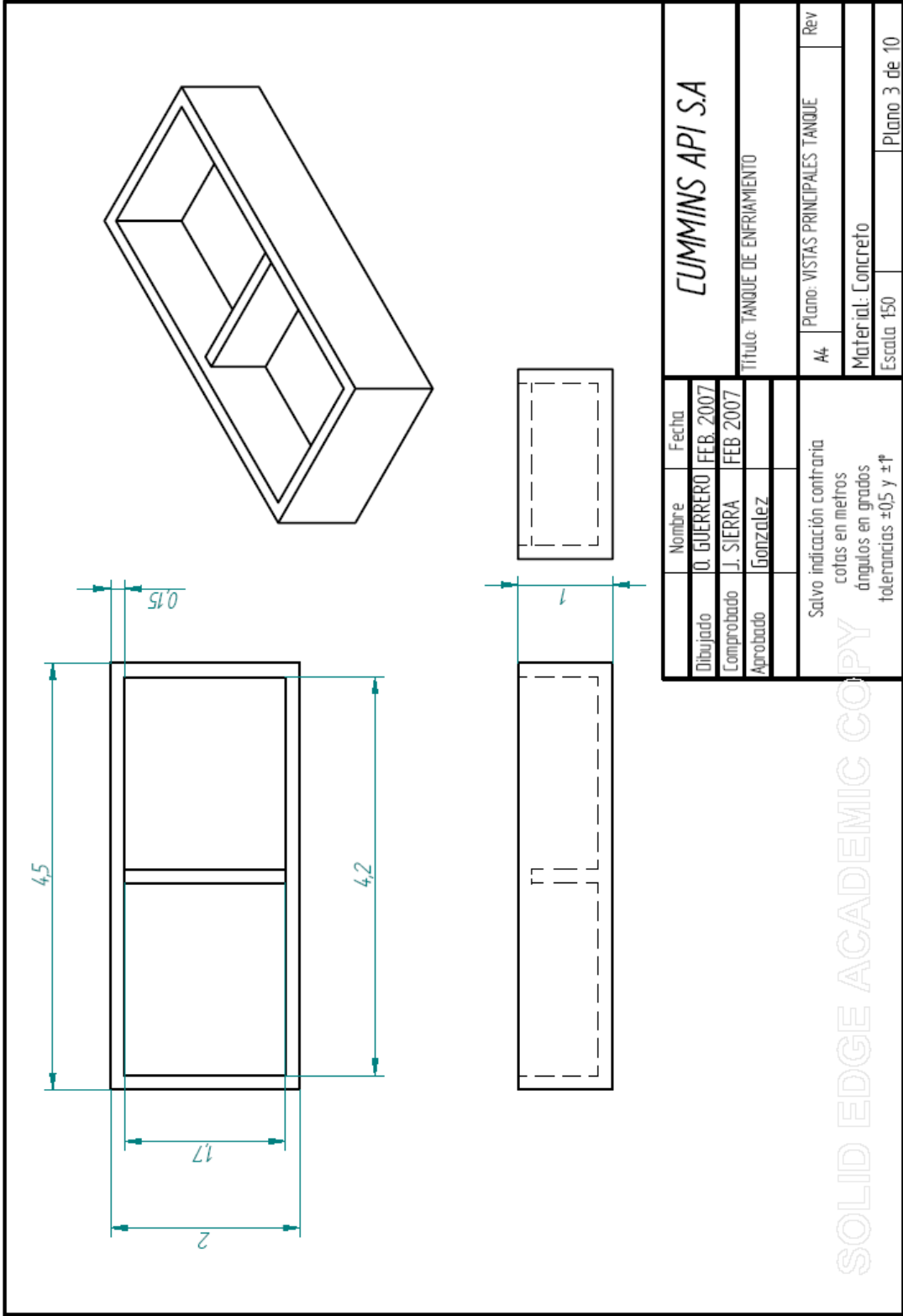


- | ITEM | DESCRIPCION                     |
|------|---------------------------------|
| 1.   | 7 DE 38,1 mm                    |
| 2.   | BOMBA CENTRIFUGA DINAMOMETRO    |
| 3.   | TANQUE DE ENFRIAMIENTO          |
| 4.   | VALVULA DE CERRADO DE 12,7 mm   |
| 5.   | VALVULA CHECKE DE 38,1 mm       |
| 6.   | VALVULA DE COMPUERTA DE 38,1 mm |
| 7.   | VALVULA DE SEGURIDAD DE 25,4 mm |
| 8.   | VALVULA DE PIE DE 38,1 mm       |
| 9.   | UNIVERSAL                       |

Nombre		Fecha	
Dibujado GUERRERO		14-06-07	
Comprobado SIERRA		14-06-07	
Aprobado GONZALEZ			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^{\circ}$			
Título		Rev	
INSTALACION BOMBA DINAMOMETRO		A4	
Plano DIMENSIONES			
Escala 1:20		Plano 2 de 10	

CUMMINS API SA

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

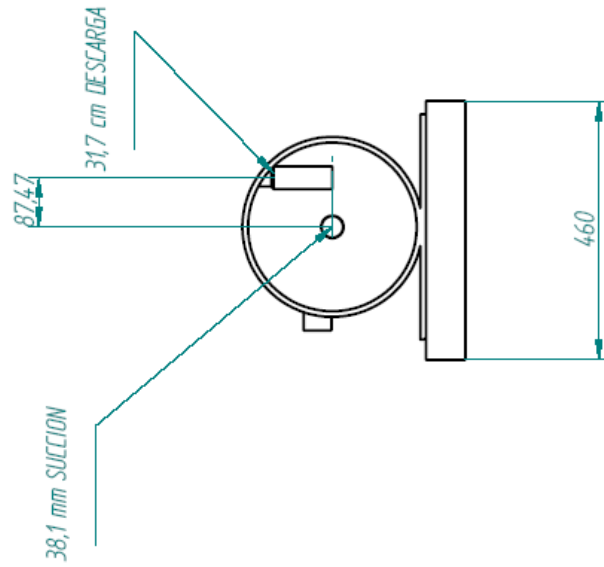


Nombre		Fecha
Dibujado	O. GUERRERO	FEB. 2007
Comprobado	J. SIERRA	FEB. 2007
Aprobado	Gonzalez	
Salvo indicación contraria cotas en metros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm 1^\circ$		
Título: TANQUE DE ENFRIAMIENTO		Rev
A4		Plano: VISTAS PRINCIPALES TANQUE
Material: Concreto		
Escala: 150		Plano 3 de 10

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

TRABAJO PROYECTO DINAMOMETRO EMPRESA CUMMINS API S.A

MARCA: HIDROMAC MODELO: 32-160A  
 TIPO: CENTRIFUGA CAPACIDAD: 60 GPM @ 60 PSI.  
 MOTOR: ELECTRICO. POTENCIA: 10 HP. FASES: 3  
 VOLTAJE: 220 V. REVOLUCIONES: 3500 RPM.  
 DIAMETRO IMPULSOR: 152 mm.



Nombre	Fecha
Dibujado GUERRERO	14-06-07
Comprobado SIERRA	14-06-07
Aprobado GONZALEZ	

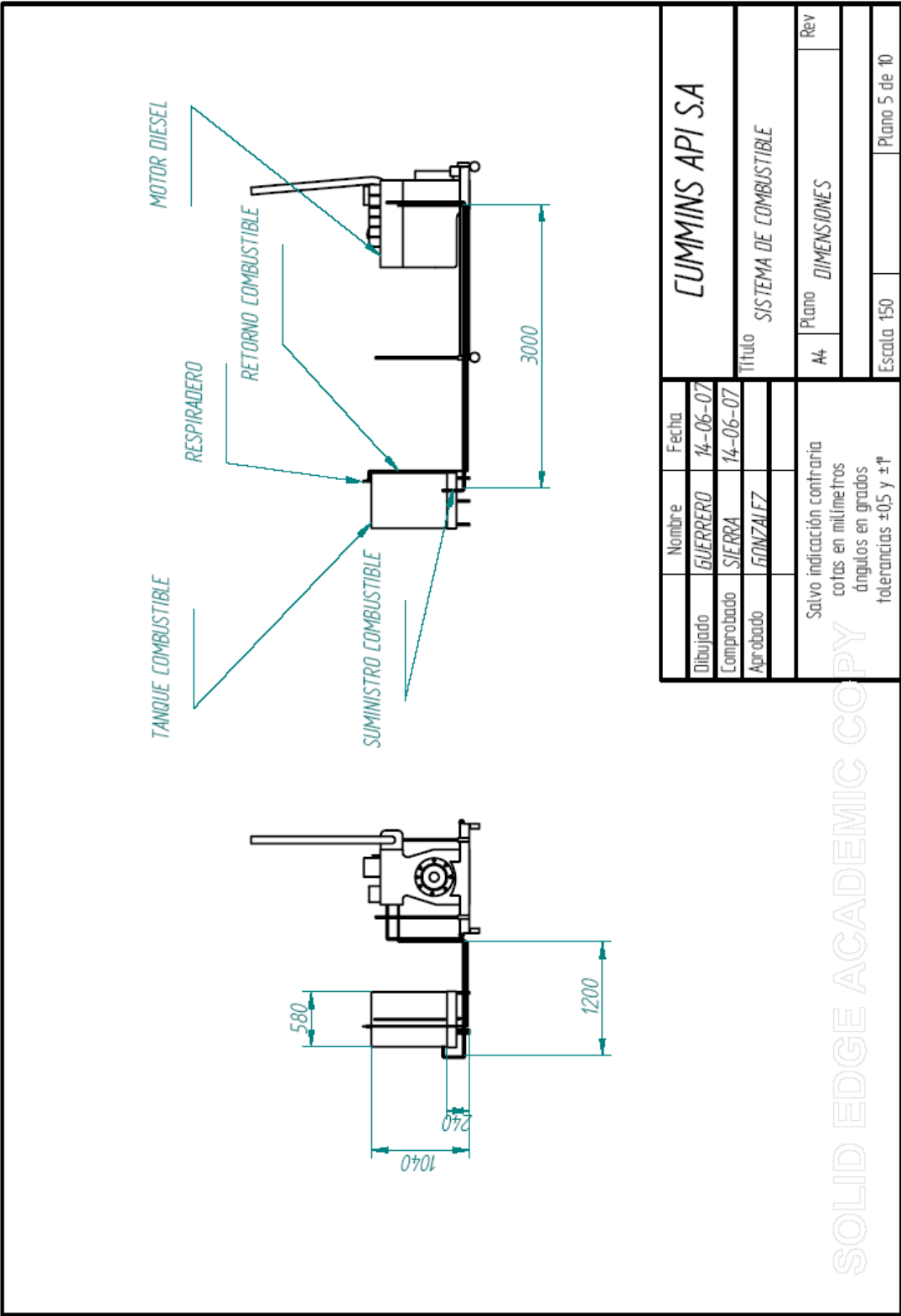
  

Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm 1^\circ$	
A4	Plano
DIMENSIONES	
Rev	
Escala 1:10	
Plano 4 de 10	

CUMMINS API S.A

Título  
 BOMBA DINAMOMETRO

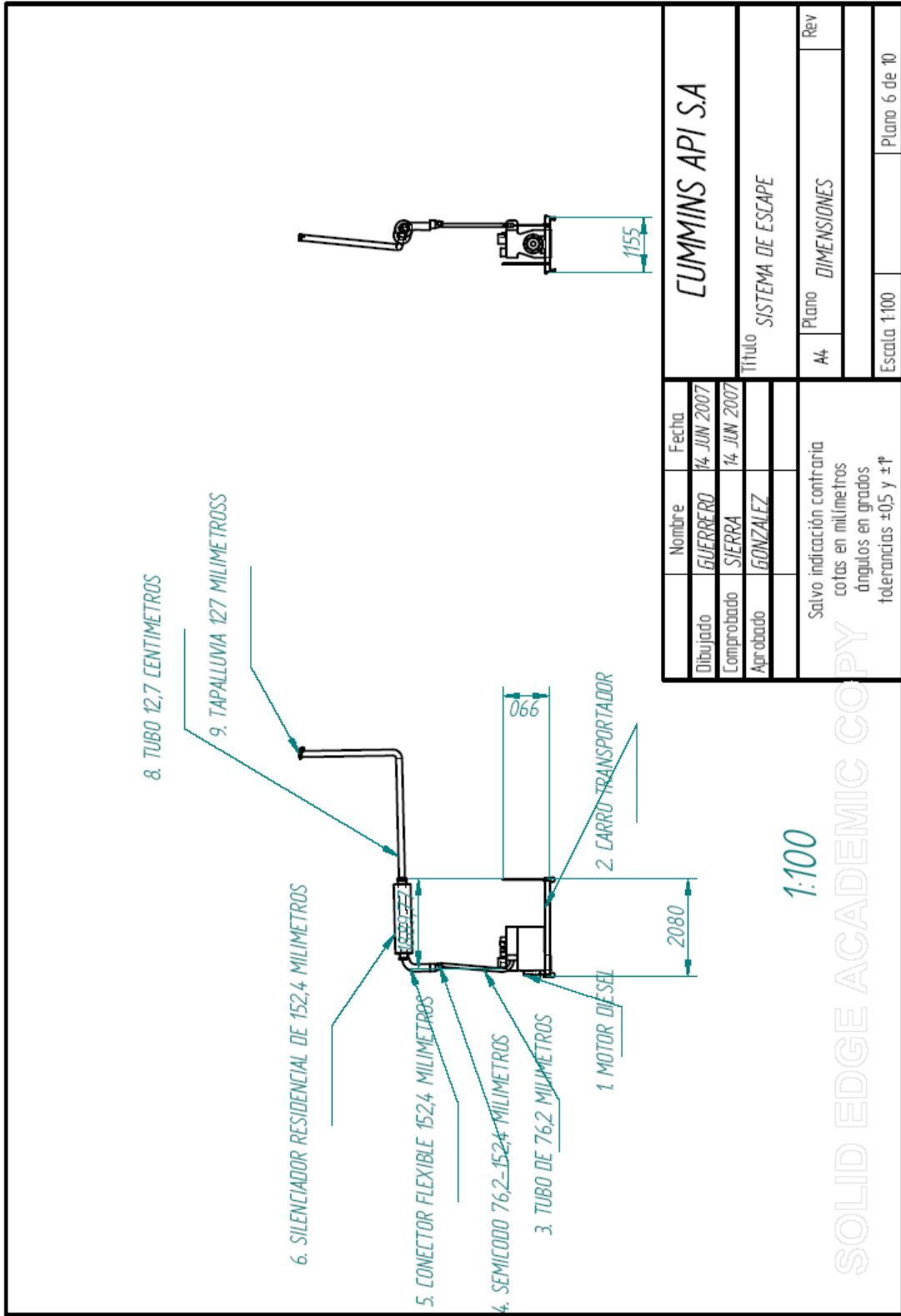
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Nombre	Fecha
GUERRERO	14-06-07
SIERRA	14-06-07
GONZALEZ	

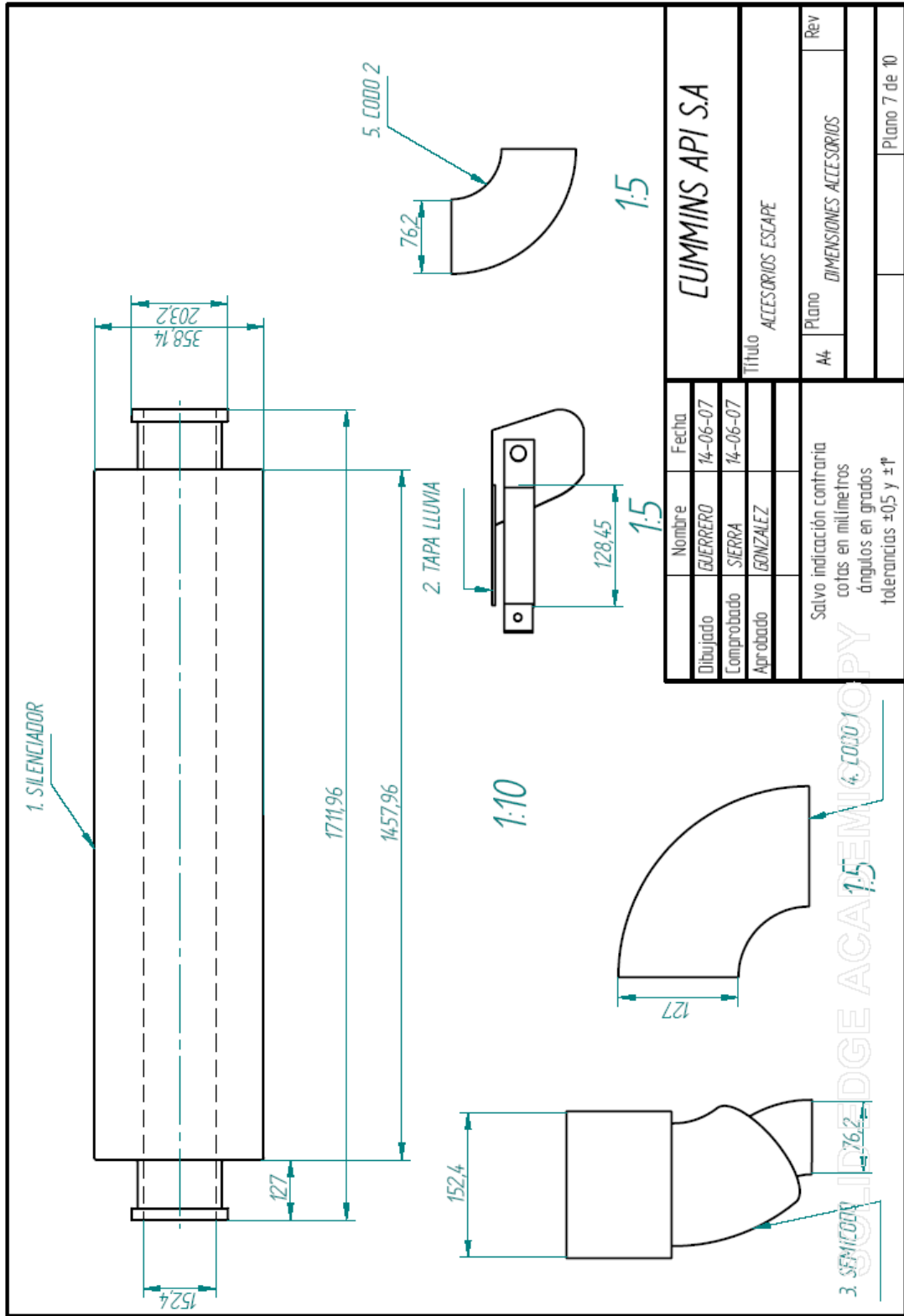
  

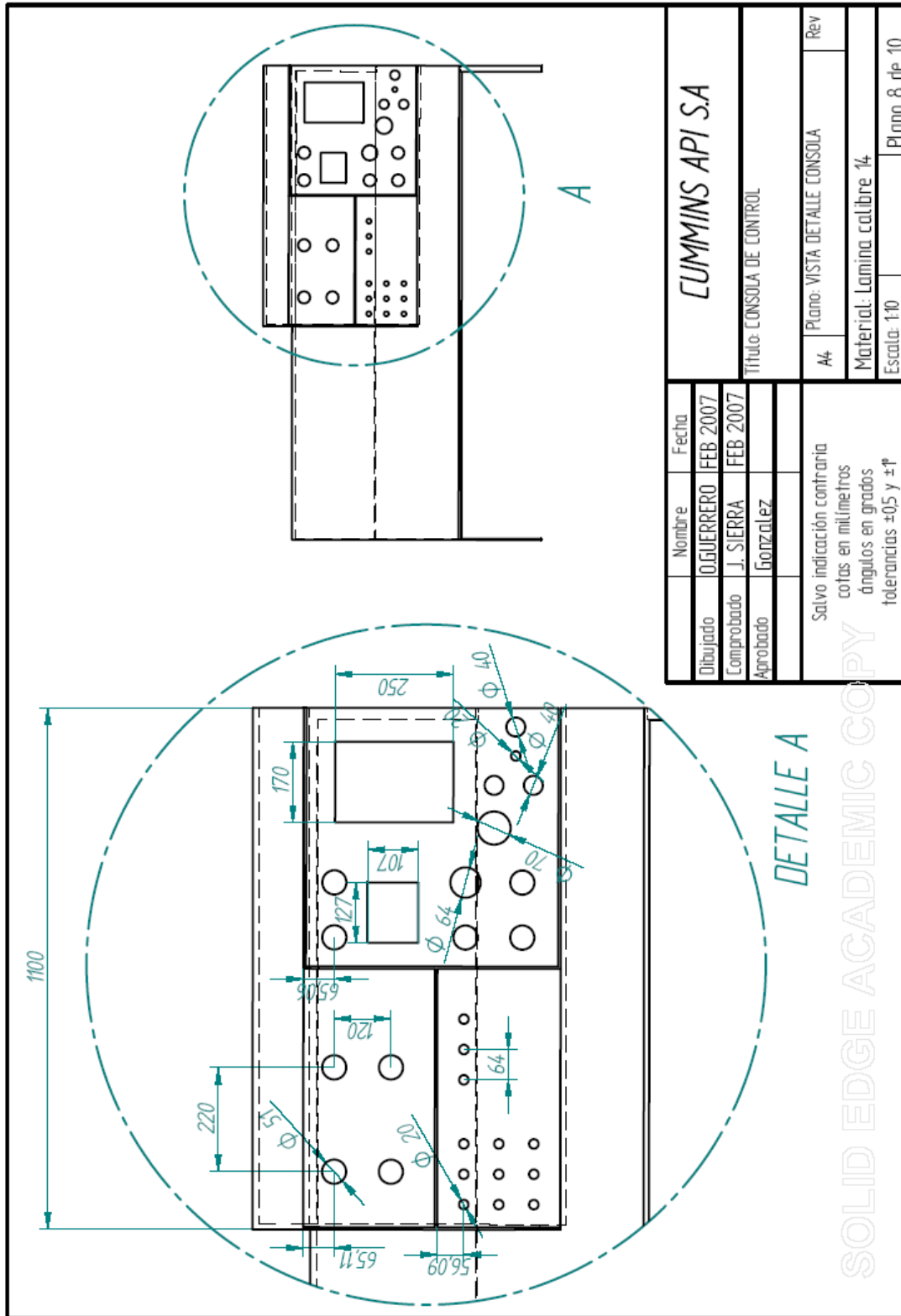
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm 1$	
A4	Plano DIMENSIONES
Rev	
Escala 150	Plano 5 de 10



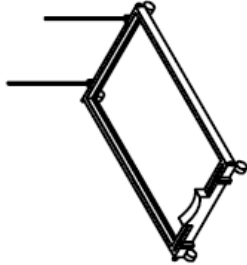
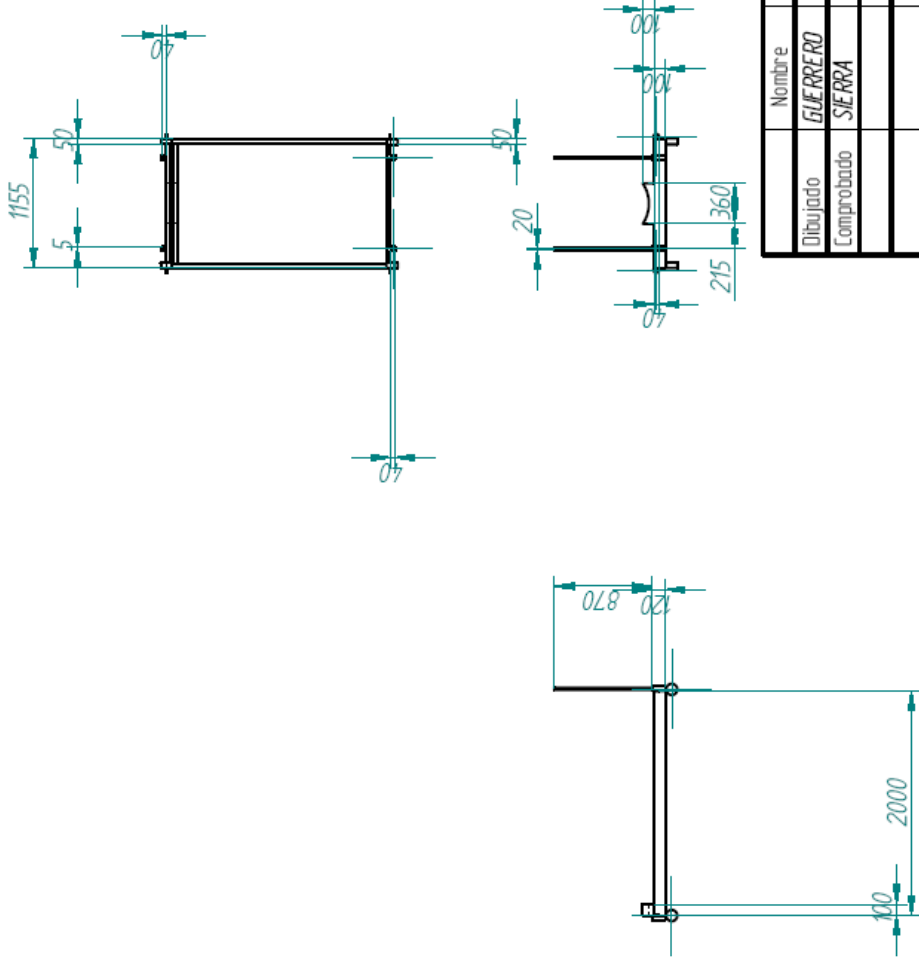
Nombre		Fecha
Dibujado		14 JUN 2007
Comprobado		14 JUN 2007
Aprobado		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^{\circ}$		
<b>CUMMINS API S.A</b>		
Título SISTEMA DE ESCAPE		
A4	Plano	DIMENSIONES
Rev		
Escala 1:100		Plano 6 de 10

SOLID EDGE ACADEMIC COPY





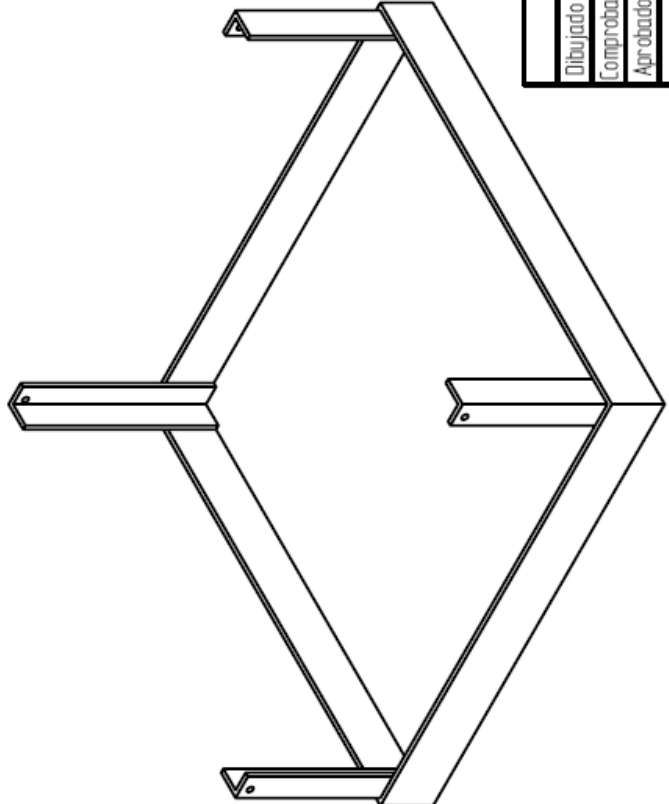
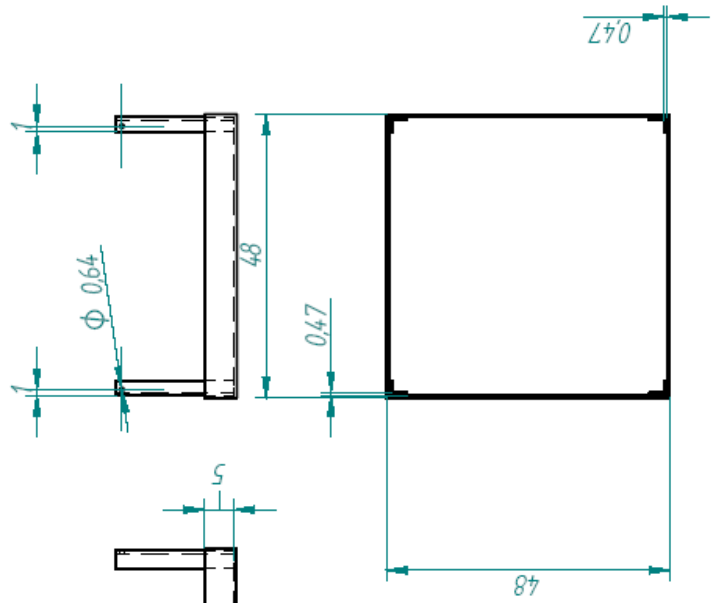
Nombre		Fecha	
Dibujado	O. GUERRERO	FEB 2007	
Comprobado	J. SIERRA	FEB 2007	
Aprobado	Gonzalez		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm 1^\circ$			
Título: CONSOLA DE CONTROL		Rev	
Plano: VISTA DETALLE CONSOLA		A4	
Material: Lamina calibre 14		Escala: 1:10	
Plano 8 de 10		CUMMINS API S.A	



Nombre		Fecha
Dibujado GUERRERO		5/09/07
Comprobado SIERRA		5/09/07
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm 1'$		
Título		Rev
CUMMINS API S.A		A4
CARRO TRANSPORTADOR DE MOTORES		DIMENSIONES
Escala	Plano 9 de 10	
1:50		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

**DATOS**  
 PERFIL EN L:  
 ANCHO: 2,54 cm (1 Pulgada)  
 ESPESOR: 0,47 cm (3/16 Pulg)  
 HUECOS: 0,64 cm (1/4 Pulg)



Nombre		Fecha	
Dibujado	GUERRERO	04-09-07	
Comprobado	SIERRA	04-09-07	
Aprobado	GONZALEZ		
Salvo indicación contraria cotas en Centímetros ángulos en grados Tolerancias ±0.5 y ±1°			
CUMMINS API S.A.		PLATILLO PORTAPESAS CALIBRACION DINAMOMETRO	
A4		Plano DIMENSIONES PLATILLO	
Escala 15 y 110		Plano 10 de 10	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY