

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



## “ Rediseño é Instalación de un Banco de Prueba para Motores de Combustión Interna de Encendido por Chispa ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**JOSE JULIO GOMEZ ROMAN**

PROMOCION: 1984 - 2

**LIMA . PERU . 1991**

## TABLA DE CONTENIDOS

### PROLOGO

CAPITULO 1:      **Introducción.** (pag: 8)

CAPITULO 2:      **Prueba de motores.** (pag:11)

- 2.1. Marco Teórico.
  - 2.1.1. Definiciones.
  - 2.1.2. Clasificación de los ensayos.
  - 2.1.3. Tipos de Pruebas.
  - 2.1.4. Programa de Pruebas de Banco.
- 2.2. Métodos experimentales de medición de Parámetros.
  - 2.2.1. Parámetros a determinar.
  - 2.2.2. Tipos de Características.
  - 2.2.3. Regímenes Característicos de funcionamiento de un motor de combustión interna.
  - 2.2.4. Métodos aplicados para la medición de parámetros y para la determinación de las principales características.
  - 2.2.5. Presentación de las características
- 2.3. Instrumentos y accesorios.
  - 2.3.1. Definiciones.
  - 2.3.2. Errores de medición.
  - 2.3.3. Instrumental Térmico.
  - 2.3.4. Instrumental de Presión.
  - 2.3.5. Instrumental de Caudales.
  - 2.3.6. Métodos y medios para medir la composición de los gases.
  - 2.3.7. Otros instrumentos utilizados en la prueba de motores de combustión interna.
  - 2.3.8. Accesorios.
- 2.4. Otros puntos a considerar.
  - 2.4.1. Ambientación del Laboratorio.
  - 2.4.2. Cimentación del Equipo.
  - 2.4.3. Automatización.

CAPITULO 3:      **El Equipo Actual.** (pag:95)

- 3.1. Memoria Descriptiva.
  - 3.1.1. Antecedentes.
  - 3.1.2. Ubicación.
  - 3.1.3. Descripción del equipo.
  - 3.1.4. Esquemas Descriptivos.

- 3.2. Evaluación de los componentes y sistemas.
  - 3.2.1. Componentes.
  - 3.2.2. Sistemas.
- 3.3. Calibración del instrumental.
  - 3.3.1. Instrumentos.
  - 3.3.2. Accesorios.
- 3.4. Evaluación de otros factores.
- 3.5. Resultados Generales.

**CAPITULO 4: Re-diseño del Banco de Pruebas. (pag:127)**

- 4.1. Consideraciones Generales.
  - 4.1.1. Sobre el uso del Banco de Pruebas en la actualidad.
  - 4.1.2. Limitaciones en el uso del Banco de Pruebas.
  - 4.1.3. Objetivos del re-diseño del Banco de Pruebas.
  - 4.1.4. Criterios preliminares para el re-diseño.
- 4.2. Componentes y sistemas adicionales.
  - 4.2.1. Componentes.
    - a) Freno Dinamométrico Eléctrico.
    - b) Motor de Ensayos.
    - c) Elemento de Carga.
  - 4.2.2. Sistemas.
    - a) Refrigeración.
    - b) Arranque.
    - c) Alimentación de Combustible.
    - d) Alimentación de Aire.
    - e) Eliminación de los gases de Escape.
- 4.3. Instrumental y Accesorios.
  - 4.3.1. Criterios de Selección.
  - 4.3.2. Método para la selección del instrumental.
  - 4.3.3. Componentes.
  - 4.3.4. Sistemas.
- 4.4. Otros aspectos considerados.
- 4.5. Cuadro resumen de los elementos considerados para el re-diseño del Banco de Pruebas.

**CAPITULO 5: Montaje del nuevo Banco de pruebas. (pag:181)**

- 5.1. Consideraciones Generales.
- 5.2. Componentes.
  - 5.2.1. Freno Dinamométrico Eléctrico.
  - 5.2.2. Motor de Ensayos.
  - 5.2.3. Elemento de Carga.

## VI

- 5.3. Sistemas.
  - 5.3.1. Sistema de refrigeración.
  - 5.3.2. Sistema de arranque.
  - 5.3.3. Sistema de alimentación de combustible.
  - 5.3.4. Sistema de alimentación de **aire**.
  - 5.3.5. Sistema de eliminación de los gases de escape.
- 5.4. Instrumental y Accesorios.
  - 5.4.1. Componentes.
  - 5.4.2. Sistemas.
- 5.5. Otros aspectos.

### CAPITULO 6: Costos y Presupuesto. (pag:205)

- 6.1. Consideraciones Preliminares.
- 6.2. Criterios adoptados para el cálculo de los costos.
- 6.3. Cuadro consolidado de los elementos considerados en el re-diseño.
- 6.4. Determinación y cálculo de los costos.
  - 6.4.1. Componentes
  - 6.4.2. Sistemas
  - 6.4.3. Instrumental y Accesorios
  - 6.4.4. Otros aspectos
- 6.5. Lista de Proveedores.
- 6.6. Cuadro consolidado de los costos por elementos.
- 6.7. Resumen de costos y Presupuesto Final.

### CONCLUSIONES. (pag:227)

### BIBLIOGRAFIA. (pag:232)

### APENDICES. (236)

## PROLOGO

El presente trabajo parte del interés por apoyar las tareas de la formación académica y de investigación, a través del intento por la actualización de un equipo de laboratorio para motores de combustión interna de encendido por chispa.

Iniciamos el estudio definiendo un marco conceptual sobre la experimentación de motores de combustión interna, y a partir de ello hacemos la evaluación del equipo con que contamos; esto nos dá los criterios necesarios para fundamentar el re-diseño del mismo. Incluimos un capítulo sobre el montaje y otro sobre costos y presupuestos.

La tesis central, que es demostrar la factibilidad de actualizar el equipo a un costo reducido y con efectos positivos colaterales, es demostrada ampliamente.

Agradezco a mi Asesor de Tesis por su apoyo y consejo.

Debo un reconocimiento especial al CONCYTEC, institución que aportó concretamente el desarrollo de este trabajo.

## INTRODUCCION

El rol que ha cumplido la Ingeniería en la historia de la humanidad es de tal magnitud que, sin ella, sería difícil imaginar el mundo actual. En estos tiempos en que pareciera que ya todo está hecho, resulta estimulante asumir el reto de la creatividad buscando nuevas formas de lograr los objetivos de desarrollo que nos trazamos. En un contexto de las limitaciones propias de un país como el nuestro esta tarea se torna imperativa; tenemos el desafío de potenciar y aprovechar los recursos con que ya contamos.

El hacer mención al rol de la Ingeniería y el relacionarla a la realidad de nuestro país parte de la convicción, gestada desde las aulas universitarias, de que la labor profesional, si bien es un medio de realización personal es, ante todo, una forma de brindar un servicio a nuestro país. Es desde esta perspectiva, múltiple, personal y colectiva, que se intenta situar esta Tesis de Grado.

El tema de la industria automotriz, del desarrollo e investigación sobre los motores de combustión interna son, en mi opinión, aspectos que desde nuestra situación de ser país dependiente y sin industria desarrollada, no han sido suficientemente planteados y debatidos, y menos aún, considerados como potenciales generadores e impulsores de desarrollo tecnológico sabiendo el efecto multiplicador que este campo tecnologico tiene, tanto en su propia área como en otras.

El objetivo central del tema en estudio es hacer una evaluación real de nuestras capacidades de equipamiento y de las posibilidades de hacer investigación tecnológica a partir del caso de un banco de pruebas para motores de combustión interna de encendido por chispa. La evaluación se efectúa con un sustento teórico bibliográfico que es el que nos va dando la referencia comparativa necesaria.

El segundo objetivo de este trabajo es el determinar las posibilidades de potenciar los recursos con que se cuenta.

En esto último ponemos énfasis dado que la situación del país, y en consecuencia, de nuestra Universidad, no permite plantear otras alternativas, quizá mas rápidas y menos complicadas; pero inaccesibles en términos económicos.

Las limitaciones en recursos, principalmente en bibliografía actualizada y especializada sobre el tema, han sido una constante presente a lo largo del estudio. Sin embargo, ha sido una experiencia estimulante el contar con el apoyo de profesionales especializados en la materia y con gran interés de promover la investigación.

Esperamos que este trabajo sea de utilidad, tanto como una referencia especializada en el tema que nos ocupa, como para la demostración de la factibilidad de potenciar las pocas posibilidades con que contamos para cubrir con creatividad, al menos en parte, las necesidades tecnológicas y científicas que el país demanda.

En esta perspectiva, queremos también resaltar el aporte que este trabajo espera dar dentro del rol que cumple la docencia y la investigación desde la Universidad.

## CAPITULO 2 PRUEBA DE MOTORES

### 2.1.- Marco Teórico

#### 2.1.1.- Definiciones:

Las pruebas o ensayos de banco conforman uno de los elementos del proceso productivo de motores de combustión interna (m.c.i. en adelante). Estas se llevan a cabo para determinar experimentalmente las propiedades cualitativas y cuantitativas del motor instalado en el banco y funcionando a regímenes prefijados; asimismo, éstas pruebas se realizan para determinar el grado y variación de éstas propiedades al simular la presencia de factores externos é internos al funcionamiento del motor en estudio.

Se llama banco de pruebas al dispositivo técnico que unido al m.c.i. en un régimen prefijado, permite crear las condiciones y acciones requeridas y transmitir las al motor, para efectuar el control del proceso de ensayos y así recoger la información necesaria acerca del funcionamiento del m.c.i. y de los demás sistemas auxiliares del banco.

Llamamos objeto de pruebas al m.c.i. equipado, regulado, dotado de los aparatos de medición y control,

sometido a ensayo en concordancia de los requisitos de las Normas Técnicas Internacionales vigentes, las establecidas por el sector productivo en éste rubro y las empresas que pertenezcan a éste sector y, además, conforme a las especificaciones y otra documentación técnica de la empresa productora y/o la entidad que realiza las pruebas.

Se denomina modelo prototipo a un m.c.i. que aún no está en producción, destinado para el ensayo; modelo en serie para ensayar es el m.c.i. que se encuentra en el programa de producción de la planta y está destinado para el ensayo.

El plan de pruebas de banco especifica las reglas para elegir los modelos a ensayar, el programa de ensayo y los métodos para efectuarlos; los criterios que establecen el inicio y el fin de los ensayos, así como los que se utilizan para la evaluación de los resultados.

El programa de pruebas de banco determina la lista de los principales parámetros, las características y las propiedades del m.c.i. que deben determinarse, así como el orden y las condiciones de su determinación.

### 2.1.2.- Clasificación de los ensayos:

[6,7,8,19]

La clasificación de las pruebas de banco a las que se someten los m.c.i. se efectúa teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- las etapas de diseño y producción de los m.c.i.,
- los objetivos específicos de los ensayos,
- las propiedades que se evalúan,
- el grado de plenitud de los ensayos,
- la duración y el grado de intensificación de los procesos,
- el régimen de funcionamiento.

Si consideramos las etapas de diseño y producción, las pruebas se llevan a cabo durante las investigaciones científicas, la puesta a punto de los modelos experimentales, la recepción de los modelos experimentales, la producción en serie o en masa.

Teniendo en cuenta los objetivos, los ensayos se realizan para estudiar las propiedades de los m.c.i., estudiar la influencia de las modificaciones introducidas, controlar la calidad de los m.c.i. que se preparan para su producción, los que se están produciendo o se modernizan, para evaluar el nivel de calidad de los motores que se producen y al efectuar la

inspección oficial de los mismos con entrega de certificado; otros objetivos específicos se derivan de las particularidades de algún proyecto singular de investigación que se realice.

Las propiedades que se evalúan durante los ensayos de banco, están referidas a los índices de potencia, económicos y otros índices funcionales; la estabilidad de los índices, el funcionamiento sin fallas durante y en las condiciones de las pruebas y la resistencia al desgaste en las condiciones de las pruebas.

Tomamos en cuenta el criterio de plenitud de los ensayos cuando del total de la producción de m.c.i. sometemos a pruebas a una parte de ellos (control selectivo), o al total (control total).

Según la duración y el grado de intensificación de los procesos, las pruebas de banco se subdividen en:

ensayos normales, cuyos métodos y condiciones de ejecución permiten obtener el volumen necesario de información durante el mismo plazo que en las condiciones reales de explotación del m.c.i.,

ensayos acelerados, cuyos métodos y condiciones de ejecución permiten obtener el volumen necesario de información en un plazo más corto que en las condiciones

reales de explotación del m.c.1.

ensayos reducidos, cuyos métodos y condiciones de ejecución permiten tener el volumen necesario de información en un plazo sustancialmente más breve que en las condiciones reales de explotación del m.c.1., aprovechando información adicional a los ensayos en sí y utilizando **diversos** métodos para el análisis de resultados como por ejemplo el método de extrapolación y otros; pero, esto se debe lograr sin intensificar los regímenes ni crear condiciones de funcionamiento más duras para el m.c.1. en estudio.

Considerando los regímenes de funcionamiento del m.c.1. **durante las pruebas**, tenemos que éstas pueden ser: permanentes, transitorias, o las correspondientes a las condiciones reales de servicio.

### 2.1.3.- Tipos de Pruebas de Banco.

[6,7,8,19]

En este aspecto, podemos indicar los siguientes:

Los ensayos de investigación científica, que se **realizan** durante las investigaciones a fin de estudiar las cualidades de los m.c.1.

- Las pruebas de puesta a punto se efectúan en el proceso de diseño del motor, para evaluar la influencia de los cambios introducidos en éste.

- Las pruebas periódicas de corta duración se practican con el fin de controlar la correspondencia de los parámetros principales de los motores que se producen con los estándares y las especificaciones.
- Las pruebas periódicas de larga duración sirven para controlar la estabilidad de los parámetros y la ausencia de fallas de los motores que se producen y en las condiciones de las pruebas.
- Las pruebas tipo se efectúan con el fin de evaluar la eficacia y la conveniencia de las modificaciones introducidas en la estructura o la tecnología de fabricación que influirían en los parámetros del m.c.i. establecidos por los estándares y las especificaciones.

Los ensayos previos se ejecutan con el fin de determinar la correspondencia de los modelos experimentales o de los lotes de prueba a las especificaciones técnicas requeridas.

Las pruebas de calificación se hacen con el fin de estimar el nivel de calidad de los motores durante la inspección oficial, con entrega de certificado.

Las pruebas límite sirven para determinar la dependencia entre los valores límite de los parámetros y los regímenes operativos de los m.c.i.

A continuación se consigna un cuadro-resumen de los tipos de pruebas de banco:

Cuadro 2.1  
Tipo de Pruebas de Banco de m.c.i.  
(resumen)

- a) Investigación científica.
- b) Fuesta a punto.
- c) Entrega y recepción.
- d) Periódicas, de corta duración.
- e) Periódicas, de larga duración.
- f) Pruebas tipo.
- g) Ensayos previos.
- h) Inspección oficial.
- i) Pruebas límite.

#### 2.1.4.- Programa de pruebas de banco:

##### a).- Periodicidad de las pruebas de banco:

La periodicidad de todos los tipos de pruebas de banco, exceptuando las consignadas con los numerales c, d, e, h, no se reglamenta por los estándares; se establecen por la empresa productora o la entidad que lleva a cabo los ensayos, además de que éstas se establecen en función de la producción anual.

Durante las pruebas de tipo d, e, h, se permite elegir el número de m.c.i. a ensayar, siempre en función de la producción total y que sólo difieran en la regulación y equipamiento, se les somete a prueba con la potencia nominal máxima.

El siguiente cuadro nos dá una idea de la cantidad de motores susceptibles de ensayo, en función de la cantidad producida:

## CUADRO 2.2

TIPOS DE ENSAYOS	Número de motores a ensayar: (no menos de, para la producción anual) (und: miles)			
	Hasta 5	De 5 a 60	De 60 a 120	Más de 120
De entrega y recepción		Cada motor		
Feriódico corta duración	Según las especifica- ciones	Una vez al mes	Una vez c/2 semanas	Una vez c/semana
Feriódico duradero		Una vez semestral	Una vez cada Trimestre	
Inspección oficial certificada		Una vez al año		

Los programas de pruebas de banco de los tipos a, b, f, no se reglamentan por los estándares, ya que se establecen por la empresa productora o la entidad que realiza los ensayos.

Durante las pruebas de entrega y recepción se determina la potencia y el consumo de combustible para el régimen nominal de velocidad, cuando la posición de los órdenes de mando del regulador de frecuencia de rotación corresponde a la alimentación total de combustible y a la frecuencia máxima de rotación de la marcha en vacío. Este tipo de pruebas debe verificarse después de un breve rodaje técnico que dura, como regla, no más de 2 horas; en este caso, el equipamiento del m.c.i. se establece por la documentación de la empresa

productora y puede no corresponder a las condiciones en que se determina la potencia nominal.

Durante los ensayos periódicos de corta duración es necesario medir la característica de regulación; determinar la frecuencia mínima estable de rotación de la marcha en ralentí, determinar la pérdida de aceite por quemadura, etc. Los ensayos periódicos de larga duración duran 800 horas en total; deben componerse de ciclos reiterativos de 4 horas cada uno. Después de cada 50 ciclos, así como después de comenzar y terminar los ensayos, ha de determinarse la característica de regulación y la pérdida relativa de aceite por quemadura; al comienzo y al final de los ensayos hay que determinar adicionalmente la característica de las pérdidas mecánicas convencionales en la gama de frecuencia de rotación, desde la que corresponde al momento torsional máximo hasta la frecuencia máxima de rotación de la marcha al ralentí y la característica de estabilidad a la frecuencia nominal de rotación y la posición de los órganos de mando del regulador de la frecuencia de rotación que corresponde a la alimentación total de combustible; el tiempo invertido en medir estas características debe incluirse en la duración total del ensayo

Los ensayos previos se llevan a cabo con el fin de determinar los parámetros indicados en los estándares y las especificaciones, de acuerdo con el programa de ensayos periódicos de larga duración y de acuerdo al programa complementario elaborado por la empresa productora.

Las pruebas de inspección oficial con entrega de certificado se realizan para determinar los parámetros indicados en los estándares y las especificaciones, según un programa adicional acordado con el usuario. Se permite verificar las pruebas periódicas de larga duración sólo a uno de los motores, y los demás ensayos en los otros motores de los destinados para los ensayos de inspección oficial.

Antes de someter a un m.c.i. a las pruebas periódicas, tipo, de clasificación y los ensayos límite, éste ha de pasar las de entrega y recepción.

b).- Condiciones en que deben realizarse los ensayos :

Durante los ensayos periódicos de corta duración, de larga duración y de inspección oficial, el motor ha de completarse con su equipo de servicio, independientemente de que si éste se instala sobre el mismo motor o en el vehículo sobre el cual irá

instalado. El equipo que se encuentra instalado en el m.c.i. pero que no presta **servicio** a éste ha de desconectarse o desmontarse, y si tal cosa no fuera posible por su construcción funcionará sin carga; un ejemplo de esto se dá cuando se realizan ensayos prescindiendo del generador (dinamo o alternador) que viene adosado a los m.c.i. vehiculares.

Los ensayos de inspección oficial con **entrega de certificado** debe pasarlos el motor sin ventilador (para los motores enfriados por agua), sin filtro de aire, silenciadores de admisión y de escape, tubo de escape y catalizador de los gases quemados; con generador, bomba hidráulica y compresor desconectados o desmontados.

El contenido de sustancias nocivas en los gases de escape (toxicidad) y la emisión de humo tienen que determinarse en el motor dotado con el mismo equipo que el que se instalará en él al ser montado en el vehículo en que prestará servicio.

Para todos los tipos de ensayos, excepto los de investigación científica y de puesta a punto, el **motor** debe de estar regulado conforme a la documentación técnica de la empresa productora.

El motor presentado para las pruebas debe pasar el **rodaje**; la duración y los regímenes de rodaje se indican en la documentación técnica de la empresa productora. La duración del rodaje del motor en producción no debe superar las 60 hrs; cada fábrica establece la duración del rodaje en función de la estructura del motor, la calidad de su producción, los regímenes de rodaje y las propiedades de los combustibles y aceites que se emplean durante el **rodaje**. La duración del rodaje debe indicarse obligatoriamente en las especificaciones. Antes de comenzar las pruebas del m.c.i. hace falta presentar la documentación técnica de la empresa **productora**.

Los líquidos **refrigerantes** y los materiales combustibles y lubricantes que se emplean durante las pruebas han de corresponder a los requisitos de los estándares y/o de las especificaciones.

En los puntos de control de los motores refrigerados **por aire** la temperatura debe encontrarse dentro de los márgenes limitados por la temperatura máxima admisible indicada en la documentación técnica para éstos puntos e inferior a la máxima admisible en ausencia de indicaciones de ésta índole la temperatura en los puntos de control no se limita.

Durante los ensayos, la presión atmosférica, la temperatura y la humedad del aire ambiente han de encontrarse dentro de los límites indicados en la documentación técnica respectiva; en ausencia de éstas los parámetros mencionados no se limitan.

Durante las pruebas, antes de las mediciones, el motor tiene que trabajar a cada régimen no menos de 5 minutos (a excepción del trazado con indicador de diagrama, determinación de uniformidad de funcionamiento de los cilindros y de las características de arranque).

Al levantar las curvas características las mediciones deben llevarse a cabo en no menos de 8 regímenes (exceptuando igualmente los indicadas en el párrafo anterior). A cada régimen las mediciones han de efectuarse no menos de dos veces; además, los resultados de las mediciones del momento torsional y del consumo de combustible no deben diferenciarse entre sí más que en 2%.

Los resultados obtenidos durante los ensayos se anotarán en las hojas del protocolo de ensayos.

c).- Recomendaciones para los ensayos :

La unión al motor instalado sobre el banco de pruebas de los dispositivos utilizados para evacuar los gases de escape, los de refrigeración, de lubricación y de alimentación de combustible, así como de otros dispositivos o cualesquiera aparatos de medición no deben cambiar la potencia y el consumo de combustible más que en 1% en todos los regímenes.

Entre el aparato para medir el consumo de aire y el filtro de aire (o en su defecto del colector de admisión), tiene que instalarse un recipiente de una capacidad no menor de 200 volúmenes útiles de la cilindrada del motor que se ensaya. Al medir el consumo de aire es conveniente ubicar el depurador en el interior del recipiente de admisión.

Se recomienda aprovechar unos dispositivos para evacuar los gases quemados con escape libre o instalar un recipiente de escape con una capacidad de 150 volúmenes útiles de la cilindrada del motor en prueba, entre los dispositivos para evacuar los gases quemados del sistema de escape del motor.

Cuando se determina la emisión de humo y de sustancias nocivas junto con los gases de escape, el dispositivo que

sirve para evacuarlos ha de equiparse con un sistema adicional para evacuar los gases, provisto con una sonda de toma de muestras. En el lugar de fijación de la sonda no se permiten las fugas de gases de escape ni la succión de aire.

Durante los ensayos en el banco deben cumplirse los requisitos de seguridad e higiene en la producción previstos en los estándares, las especificaciones y la documentación técnica de la empresa productora para los motores, bancos de pruebas, aparatos de medición, combustibles, aceites y líquidos refrigerantes.

El ruido, el micro clima y las concentraciones de sustancias nocivas presentes en el aire en la zona de puestos de trabajo de los experimentadores, así como las vibraciones en los órganos de mando del motor, del banco de pruebas y de los aparatos de medición, no han de superar los valores límites admisibles previstos por las normas.

Las piezas giratorias del motor, del banco de pruebas y de los aparatos de medición deben tener cercas de protección.

Las tuberías del banco de pruebas para evacuar gases quemados y el recipiente de escape deben estar aislados

térmicamente o apantallados, de modo que la temperatura en las superficies exteriores no ofrezca el mínimo peligro.

No es recomendable usar gasolinas que contengan plomo tetraetílico para el lavado o manipuleo de las piezas.[6]

2.2.- Métodos experimentales de medición de parámetros :

[6,7,8,9,13,19]

2.2.1.- Parámetros a determinar :

Los parámetros que se determinan durante los ensayos en el banco de pruebas, son establecidos con anterioridad en función de los objetivos que se quieren lograr en los ensayos.

En la tabla 2.2 se muestra los parámetros que se determinan durante los ensayos de entrega y recepción, periódicos, tipo, previos, de inspección oficial y límites, así como los errores admisibles en sus mediciones:

Tabla 2.2 :  
Parámetros a determinar en los ensayos

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	ERROR
Momento efectivo	Me	Kgf.m	0.5%
Momento de pérdidas mecánicas	Mp.m.	Kgf.m	2.0%
Frecuencia de rotación	n	rpm	5.0%
Consumo de combustible	Gc	kg/h	0.5%
Consumo de aire	Ga	kg/h	2.0%
Capacidad de la bomba de agua	Gliq	kg/h	3.0%
Capacidad de ventilador en el motor refrigerado por aire	Gvent	kg/s	3.0%
Presión atmosférica	Pa	mmHg	1.0
Presión en colector de admisión	Padm	mmH <sub>2</sub> O	5.0
Presión en colector de escape	Pesc	KPa	0.05
Presión de aceite salida de bomba	Pac	KPa	0.025
Presión aceite conducto principal	Pac <sup>1</sup>	MPa	0.02
Presión de los gases en el cárter	Pg.car	MPa	0.02
Presión en el cilindro al usar indicador de diagrama	Pcil	Kgf/cm <sup>2</sup>	1.0
Presión media indicada	Pmi	Kgf/cm <sup>2</sup>	0.02
Temperatura ambiental	Tamb	C	1.0
Temperatura del aire en colector	Tadm	C	1.0
Temperatura de gases quemados	Tesc	C	10.0
Temperatura de líquido refrigerante la entrada del motor	Ting	C	3.0
Temperatura de líquido refrigerante la salida del motor	Tsal	C	0.0
Temperatura del aceite en la bandeja antes del radiador de aceite	Tac	C	3.0
Temperatura del combustible	Tcomb	C	1.0
Temperatura de los cilindros	Tcil	C	5.0
Temperatura de las culatas	Tc.cil	C	5.0
Temperatura de casquillos de los cojinetes principales	Tc.j.p.	C	5.0
Emisión de humo con los gases	K	%	3.0
Angulo de giro del cigüeñal	Alfa	Grados	1.0
Angulo de avance del encendido	Teta	Grados	1.0
Pérdidas de aceite por quemadura	Gac	Kg	2.0
Consumo de combustible durante la determinación de pérdidas aceite	Gcomb <sup>1</sup>	Kg	1.0
Humedad relativa de aire ambiental	Psi.amb	%	5.0
Concentración sustancias nocivas en gases de escape	Wsu	g/m <sup>3</sup>	10.0%
Tiempo de rotación de cigüeñal durante el arranque	Tarr	segs	0.2
Angulo de inclinación longitudinal del motor	Beta X	Grados	1.0
Angulo de inclinación transversal del motor	Beta Y	GRados	1.0

A fin de determinar algunos parámetros, en ciertos casos se acepta maquinar las piezas correspondientes para instalar los aparatos de medición o emplear unas piezas especiales bajo la condición de que la potencia y el consumo de combustible no varíen, a todos los regímenes más que en 1%. (un ejemplo de ello es para la obtención del diagrama indicado).

### 2.2.2.- Tipos de características :

Entendemos por características a las relaciones diversas y con diversos grados de complejidad, que se establecen entre los diversos parámetros, típicos de los motores de combustión interna. Nos sirven para poder apreciar las diversas variaciones que se producen en el comportamiento de éstos parámetros, a diversos regímenes de funcionamiento de los m.c.i.; conviene señalar que cada una de las características es específica para resaltar determinados rasgos del funcionamiento del m.c.i. que el investigador y/o el ensayista quiere analizar.

La teoría de los motores de combustión interna establece los siguientes tipos de características:

a).- Características de regulación : es la dependencia entre el momento torsional, la frecuencia de rotación,

los consumos específicos y horario de combustible y otros parámetros, con la potencia efectiva, cuando la posición de los órganos de mando del regulador de frecuencia de rotación corresponde al suministro total de combustible.

La característica parcial de regulación, corresponde a la misma relación anterior, pero cuando la posición de los órganos que corresponden al suministro parcial de combustible, está en una posición intermedia.

El tramo de la característica de regulación (que corresponde a la característica parcial), entre los puntos que corresponden a los regímenes de frecuencia máxima de rotación en marcha al ralentí y la potencia máxima, se llama rama de regulación de la característica de regulación. El tramo de la característica parcial de **regulación** entre los puntos que corresponden a los regímenes de la potencia máxima y del momento torsional máximo, se llama rama de corrección de la característica de regulación.

b).- Característica de velocidad : es la dependencia entre la potencia efectiva, el momento torsional, los consumos específico y horario de combustible y otros parámetros, con la frecuencia de rotación, cuando la posición de los órganos de mando del regulador de la frecuencia de rotación corresponde al suministro total de

combustible, o cuando se mantiene constante uno de los parámetros que se regulan, variando los otros.

La característica parcial de velocidad, es la misma relación que corresponde a la característica de velocidad, pero cuando los órganos de mando ocupan una posición intermedia que corresponde a la alimentación parcial de combustible.

El tramo de la característica parcial de velocidad, que corresponde a los regímenes de la frecuencia máxima de rotación de la marcha al ralentí y de la potencia máxima, se llama rama de regulación de la característica de velocidad.

El tramo de la característica parcial de velocidad, entre los puntos que corresponden a los regímenes de la potencia máxima y del momento torsional máximo, se llama rama correctora de la característica de velocidad.

c).- Característica de carga : es la dependencia entre los consumos específicos, horario y otros parámetros, con la presión media efectiva, para una frecuencia de rotación constante.

d).- Característica multiparamétrica : es la dependencia entre la presión media efectiva y presión media indicada para el consumo específico indicado y el

consumo indicado de combustible constantes, respectivamente, con la frecuencia de rotación. En el diagrama se trazan también la dependencia entre las presiones efectiva media é indicada media cuando la posición de los órganos de mando corresponden al suministro total de combustible y la frecuencia de rotación, los valores de los ángulos de reglaje de avance de la chispa a los cuales se han medido las características de carga, las líneas de la potencia efectiva constante, las líneas de rendimiento mecánico convencional constante, la dependencia entre la presión media convencional de las pérdidas mecánicas y la frecuencia de rotación, las líneas de los consumos indicado y específico mínimos de combustible según las características de carga.

e).- Característica de la marcha en vacío : es la dependencia entre el consumo horario de combustible y la frecuencia de rotación durante el funcionamiento del m.c.i. sin carga.

f).- Característica de estabilidad : es la variación del momento torsional, la frecuencia de rotación, los consumos horario y específico de combustible, la temperatura del líquido refrigerante y del aceite de lubricación y de otros parámetros según el tiempo de funcionamiento del m.c.i., con una posición invariable de

los órganos de mando del regulador de la frecuencia de rotación, para la carga y las condiciones del medio ambiente invariables.

g).- Característica de regulación : es la dependencia entre el momento torsional (o el consumo horario de combustible y otros parámetros, con aquél que varía durante los ensayos dentro de los límites prefijados, siendo constantes la frecuencia de rotación y el consumo horario de combustible (o la presión media efectiva). Los parámetros que varían al trazar la característica de regulación pueden ser : ángulo de avance de encendido de la chispa ó de la inyección, los parámetros del aire durante la admisión, la presión durante el escape la temperatura del combustible y del aceite, así como la temperatura y el gasto del líquido refrigerante o del aire refrigerador, etc.

h).- Característica de arranque : es la dependencia entre la duración de rotación del cigueñal con el motor de arranque, hasta comienzo del funcionamiento autosostenido del motor y la frecuencia de giro la temperatura constante del aire ambiente.

i).- Característica de duración de arranque : es la dependencia entre la duración de rotación del cigueñal con el motor de arranque hasta el comienzo del

funcionamiento autosostenido del motor y la temperatura del aire ambiente.

j).- Característica de rotación del cigueñal : es la dependencia entre la frecuencia de rotación del cigueñal con ayuda del arrancador eléctrico y la temperatura del aire ambiente.

2.2.3.- Regímenes característicos de funcionamiento de un m.c.i. :

Llamamos régimen de funcionamiento de un m..c.i. al conjunto de condiciones pre-establecidas de manera que se logren particulares niveles de funcionamiento, haciendo que la incidencia de éstas condiciones establezca y resalte determinados rasgos del funcionamiento de un m.c.i.

Tenemos los siguientes regímenes :

El régimen de la potencia máxima, establece que un motor con un equipamiento dado y las regulaciones pre fijadas, en las condiciones determinadas de ensayos, con una posición fija de los órganos de mando de la alimentación de combustible desarrolle la potencia efectiva máxima.

- El régimen de la potencia límite a la frecuencia de rotación dada, establece que el motor, con el regulador de la frecuencia de rotación y el limitador de alimentación de combustible desconectados, desarrolla la potencia efectiva máxima durante el funcionamiento sin fallos en el transcurso de 15 minutos; en este caso, la potencia y el consumo de combustible han de ser estables.

- El régimen de la frecuencia de rotación máxima de la marcha en vacío, establece que en ausencia de la carga, funciona el motor con un equipamiento dado, con una regulación prefijada y en las condiciones establecidas del ensayo, cuando la posición de los órganos de mando de la alimentación de combustible corresponden al suministro total.

- El régimen del momento torsional máximo, establece que el motor dotado de un equipamiento dado y a las condiciones establecidas por el ensayo, cuando la posición de los órganos de mando de la alimentación de combustible corresponde al suministro total, desarrolla el momento torsional máximo.

- El régimen de la frecuencia estable mínima de rotación de la marcha en vacío, se caracteriza por que al reducir la alimentación de combustible, las oscilaciones de la frecuencia de rotación llegan a superar el 5%.

- El régimen del consumo específico mínimo de combustible establece que el motor dotado de un equipamiento dado, con las regulaciones prefijadas y en las condiciones preestablecidas de los ensayos, tiene el consumo específico mínimo de combustible, durante la medición de esta característica.

-El régimen del comienzo del funcionamiento autosostenido, son condiciones tales que a partir de ellas, durante el arranque, la desconexión del dispositivo de arranque no conduce a la interrupción del funcionamiento del m.c.i.

- El régimen de arranque a la temperatura mínima es tal que, para una temperatura mínima del aire ambiente, el arranque se realiza después de no más de tres pruebas, con una duración de no más de 20 segundos cada una, valiéndose del arrancador eléctrico y después de girar el cigueñal no más de 5 minutos durante el arranque con ayuda del arrancador.

2.2.4.- Métodos aplicados para la medición de parámetros y para la determinación de las principales características.

En este punto trataremos sobre los diversos métodos y/o formas como se determinan los diversos parámetros y características de utilización frecuente cuando se efectúan ensayos en los m.c.i.

- La característica de regulación debe medirse cuando la posición de los órganos de mando del regulador de la frecuencia de rotación corresponde a la alimentación total de combustible. Las características parciales de regulación deben medirse cuando la posición de los órganos de mando corresponden a suministros parciales de combustible; frecuentemente las características se miden cuando éstas posiciones corresponden al 85% y 70% de la frecuencia máxima de rotación de la marcha al ralentí. Asimismo, debe medirse aumentando sucesivamente la carga desde la marcha en vacío hasta carga total, a la frecuencia de rotación que corresponde al régimen del momento torsional máximo.

La característica de carga ha de medirse a una frecuencia constante de rotación, aumentando sucesivamente la alimentación de combustible, empezando por el régimen de la marcha en vacío y terminando por las

cargas que corresponden al suministro total. La frecuencia de rotación no debe diferenciarse de la prefijada en más de 10 rpm.

La característica de la marcha en vacío tiene que medirse durante el funcionamiento del motor sin carga, desde la frecuencia máxima de rotación de la marcha al ralenti hasta la mínima estable. Se recomienda desconectar el dispositivo de carga del banco de pruebas.

- La frecuencia estable mínima de rotación de la marcha en vacío ha de determinarse al reducirse sucesivamente la alimentación de combustible hasta que aparezcan las vibraciones de la frecuencia de rotación en una magnitud de hasta 5% de la frecuencia medida al régimen de velocidad dado.

La característica de estabilidad se mide durante el funcionamiento del motor en el transcurso de dos horas, sin cambiar la posición de los órganos de mando del regulador de la frecuencia de rotación. La temperatura del aceite y del agua durante los ensayos, no debe diferenciarse de la establecida al comienzo más que en 5C; las mediciones deben efectuarse cada 20 min.

- La uniformidad de funcionamiento de los cilindros debe determinarse cuando los órganos de mando ocupan una

posición que corresponde a la alimentación total de combustible durante el funcionamiento según la rama correctora de la característica de regulación. A cada régimen de velocidad se mide el momento torsional del motor durante el funcionamiento de todos los cilindros y al desconectar sucesivamente cada uno de éstos. El momento torsional durante el funcionamiento con un cilindro desconectado se determina en 10 a 15 seg. después de desconectar cada cilindro, a una frecuencia de rotación que se diferencie de la prefijada en no más de 1%. Antes de desconectar el cilindro siguiente el motor tiene que haber funcionado con el suministro total de combustible no menos de 10 min.

- Las características de regulación se determinan a base de las curvas de carga obtenidas para la frecuencia prefijada de rotación y a diferentes valores (no menos de 4) del parámetro que se regula. Durante los ensayos de puesta a punto y de investigación se permite medir la característica de regulación cuando la frecuencia de rotación es constante y los órganos de mando están en una posición fija (o a la presión efectiva media constante), con la variación del parámetro que se regula dentro de los límites establecidos.

La capacidad de la bomba de agua se determina mediante un recipiente de medición, con el termostato del sistema

de refrigeración completamente completamente abierto y el radiador de agua desconectado. La temperatura del agua que ingrese a la bomba, no ha de diferenciarse de la temperatura del agua a la salida del motor más que en 5°C. El agua debe suministrarse bajo una presión que no se diferencie de la presión del agua antes de la medición más que en 20 mm de H<sub>2</sub>O (200 Pa).

- La temperatura del bloque de cilindros y de la culata tiene que medirse durante el funcionamiento del motor a cada régimen, durante no menos de 15 min. La temperatura de los cilindros ha de medirse en no menos de 4 puntos de uno de los cilindros a nivel del segmento superior del émbolo, cuando está en el pms y al menos en un punto al mismo nivel en cada uno de los demás cilindros. La temperatura de la culata de cilindros debe medirse en al menos un punto del fondo de cada una de las culata de cada cilindro; se recomienda medir la temperatura del tabique dispuesto entre válvulas.

- La capacidad del ventilador debe determinarse durante el funcionamiento del motor con las celosías o persianas totalmente abiertas y con el número de velocidades máximo del accionamiento del ventilador. Cuando se determina la capacidad del ventilador del motor refrigerado por líquido hace falta simular en el banco de pruebas las condiciones en que se encontrará el motor instalado en la

maquinaria donde prestará servicio; tienen que instalarse obligatoriamente los radiadores con revestimiento (mandiles), capot y la pared de la cabina que lo cubrirá.

- La potencia consumida por el ventilador se determina sin el termostato del sistema de refrigeración por líquido y con la capacidad máxima del ventilador; la misma es igual a la diferencia entre los gastos de potencia para girar el motor que no funciona equipado con el ventilador, y del motor que no funciona con el ventilador desconectado. Se permite que la potencia consumida por el ventilador se determine en el banco de pruebas sin motor.

Durante el trazado del diagrama indicado se permite desmontar unos grupos aislados y conjuntos del motor que impiden la instalación del indicador o del captador, del indicador, así como los que obstaculizan su servicio, a condición de que esto no influya en los índices económicos y de potencia del motor, o que se pueda considerar sus cambios durante la ejecución de los ensayos. Cuando se instala el captador del indicador no se debe aumentar más que en 2% el volúmen de la cámara de combustión a costa del volúmen del canal de comunicación dispuesto debajo del captador de indicador, y la relación entre el diámetro del canal de comunicación y su longitud

ha de ser mayor que la unidad. El tiempo durante el cual se traza el diagrama indicado (diagramas de los recorridos de bombeo) con ayuda de los indicadores de tipo estroboscópico, ha de hacerse en no menos de 2 min.; cuando se emplean los indicadores de otros tipos hace falta que a cada régimen de trabajo del motor se traizen no menos de 15 diagramas indicados.

El balance térmico incluye: el calor gastado para producir un trabajo útil, la emisión calorífica hacia el agua o aire refrigerante, la emisión calorífica al aceite, las pérdidas de calor con los gases de escape, las pérdidas de calor por radiación y por pérdidas indeterminadas.

La emisión de calor hacia el agua refrigerante se determina a través del gasto de agua que circula por el radiador y por la diferencia de temperaturas a la salida y a la entrada del mismo.

La emisión de calor hacia el aire refrigerante se determina según el gasto de aire y la diferencia de temperaturas a la entrada y salida del ducto del sistema. La gran irregularidad de la temperatura del aire a la salida del ducto condiciona la necesidad de determinar la temperatura media del aire refrigerante.

- La emisión de calor al aceite se determina según el gasto de aceite a través del radiador y de la diferencia de temperaturas a la entrada y a la salida del mismo.

Las pérdidas de calor **arrastrado por** los gases de escape se determinan según el consumo de aire y combustible y temperatura media de los gases quemados en el colector de escape. La capacidad calorífica de los gases quemados debe determinarse tomando en cuenta su composición que depende del exceso de aire.

Las pérdidas de aceite por quemadura se determinan según el decremento del aceite en el cárter del motor o en el depósito de aceite, durante el funcionamiento del motor en el transcurso de 10 horas al régimen nominal de velocidad con una potencia que constituye el 90% de potencia de explotación; para que el motor llegue a la temperatura adecuada de funcionamiento, el motor debe trabajar no más de 15 min. con cargas parciales que superen el 60% de la carga nominal. La masa de aceite cargado en el cárter o depósito de aceite, ha de corresponder a la máxima admisible, indicada en la documentación técnica de la empresa productora. En el proceso de ensayos hace falta efectuar mediciones cada 30 min. como máximo.

Las características de arranque del motor con el sistema de puesta en marcha mediante arrancador eléctrico, deben determinarse para tres valores de temperatura del aire ambiente con un intervalo no menor de 5C. Al medir cada característica, el arranque del motor debe realizarse no menos que a cuatro regímenes de velocidad. La velocidad del arranque del motor se determina por el tiempo de giro del cigueñal hasta el momento en que se desconecte el dispositivo de arranque; luego de que se ha desconectado el dispositivo de arranque y el motor esté funcionando a la frecuencia estable mínima de rotación de la marcha en vacío, el motor debe funcionar no menos de 7 min. El arranque ha de realizarse después de no más de 3 tentativas de una duración no superior de 20 seg. cada una, con un intervalo entre éstas de 1 a 1.5 min. La frecuencia de rotación debe medirse cada 5 a 8 seg. después de empezar cada giro.

- La potencia neta se mide en el motor con todo el equipo que presta servicio, independientemente de que si éste se encuentre instalado directamente sobre el motor o en la maquinaria donde prestará servicio, con el equipo que no presta servicio al motor quitado, desconectado ó en funcionamiento sin carga. La posición de los órganos de mando corresponde al del suministro total de combustible. La rama de regulación de la característica de potencia

neta, debe medirse en la gama desde la frecuencia máxima de rotación de la marcha en vacío hasta la frecuencia de rotación indicada en la documentación técnica de la empresa productora del motor, para la potencia de explotación a los regímenes siguientes :

- 1) El 85% del momento torsional para la frecuencia de rotación al régimen de la potencia de explotación.
- 2) Sin carga (se permite no desconectar el dispositivo de carga si el par de su resistencia con la carga desconectada no supera el 5% del momento torsional indicado en (1)).
- 3) El 50% del momento torsional indicado en (1).
- 4) El 100% del momento torsional para la frecuencia de rotación al régimen de la potencia de explotación.
- 5) El 25% del momento torsional indicado en (1).
- 6) El 75% del momento torsional indicado en el punto (1).

La duración de los ensayos a cada régimen es menor de 20 min. La rama de corrección de la característica de la potencia neta debe medirse con la reducción sucesiva de la frecuencia de rotación desde la magnitud indicada por la empresa productora de la potencia de explotación, hasta una frecuencia no superior al 85% de la frecuencia de rotación para el momento torsional máximo.

El número de regímenes a los cuales se llevan a cabo las mediciones, ha de ser suficiente para determinar la forma y el carácter del desarrollo de la característica durante su construcción.

La potencia límite se determina en el motor sin el ventilador, el depurador de aire, los silenciadores de la admisión y el escape, el neutralizador de los gases de escape, el tubo de escape y con el generador y la bomba hidráulica desmontados, desconectados o en funcionamiento sin carga; se permite ensayar el motor refrigerado por aire con el ventilador, en este caso ha de determinarse la potencia consumida por el ventilador en forma separada. La potencia límite se determina con el regulador de frecuencia de rotación y el limitador de suministro de combustible desconectados, midiendo las características de carga a diferentes regímenes de velocidad, como mínimo a cada 2000 rpm a partir de la frecuencia de rotación que corresponde régimen de momento torsional máximo y con el ángulo de reglaje de avance de encendido óptimo para cada velocidad. Las características de carga deben medirse con el aumento de la alimentación por ciclo hasta obtener la potencia máxima al régimen de velocidad dado. No se limita: la frecuencia de rotación, el consumo específico de combustible, la temperatura y la emisión de humo con los gases quemados y el contenido de sustancias nocivas en

éstos, así como el nivel de la vibración.

Los ángulos límites de inclinación longitudinales y transversales no varían más que cada 4 grados durante los ensayos, de modo que para los valores límites de los ángulos de inclinación la presión del aceite no varíe fuera de los límites establecidos en la documentación técnica en el transcurso de 30 min. por lo menos al régimen de velocidad nominal sin carga. La masa de aceite contenida en el cárter debe corresponder a la mínima admisible indicada en la documentación técnica respectiva.

- La estabilidad de los parámetros y el funcionamiento sin fallos en las condiciones del banco de pruebas (al practicar ensayos periódicos de larga duración), se determina en el funcionamiento por ciclos de 4 hrs. cada uno. La duración del arranque no se reglamenta. La duración de la parada y el enfriamiento del motor después de cada ciclo ha de ser no menor de 10 min. Cuando el agua y el aceite se enfrían durante las paradas por debajo de los límites establecidos, se permite que el motor alcance su temperatura de funcionamiento, durante no más de 15 min.

Los regímenes de los ciclos durante las pruebas de investigación científica y de puesta a punto se

establecen en función del tipo y empleo del motor, y de la máquina para la cual está destinado, así como de los objetivos de los ensayos.

Antes y después de determinar la estabilidad de los parámetros y el trabajo sin fallas en las condiciones del banco de pruebas, hace falta desarmar el motor para estimar el estado de sus piezas y para realizar el micrometraje; debe verificarse a una temperatura ambiente con  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  de diferencia, tratando de mantener esta temperatura para las piezas que se someten a este proceso.

Los planos de micrometraje deben contener todos los datos necesarios que indiquen procedencia, codificación, personal que efectuó la operación, mediciones efectuadas, precisión de las mismas, esquema de medición utilizado, etc.

Como información adicional, en el Apéndice 4 consignamos una síntesis de la Metodología para la obtención de algunas curvas características.

#### 2.2.5.- Presentación de las características :

Para la presentación de las características en un formato apropiado es preciso indicar :

nombre de la institución que lleva a cabo los ensayos.  
lugar y fecha en que se realizan los ensayos.  
denominación de la característica.  
marca, tipo y número de serie del motor en ensayo.  
condiciones ambientales.  
condiciones del combustible.  
número del protocolo de ensayos.  
- apellidos y cargos de las personas que ejecutaron los ensayos.

### 2.3.- Instrumentos y Accesorios :

[6,9,13,19,20,21,22]

#### 2.3.1.- Algunas definiciones:

Se denomina medición al proceso que consiste en obtener la relación numérica entre una magnitud sujeta a medición y cierto valor adoptado como unidad de referencia. El número que expresa la relación entre la magnitud sujeta a medición y la unidad de medida se denomina valor numérico de la magnitud medida; el valor de la magnitud adoptado como unidad de medida se denomina dimensión de dicha unidad. Si la unidad de medición está representada en forma de una muestra concreta llamada medida, entonces el proceso de medición, consiste en comparar directamente la magnitud sujeta a medición con la medida, como la expresión material de la unidad de medición.

Según el procedimiento empleado para obtener el valor numérico de la magnitud buscada, las mediciones se pueden dividir en 2 tipos: directas e indirectas.

Se consideran directas aquellas mediciones cuyos resultados se obtienen de los datos experimentales. En este caso el valor de la magnitud buscada se obtiene comparándola directamente con las medidas o mediante instrumentos de medición graduados según la unidades respectivas. Al efectuar mediciones directas el resultado se expresa en las mismas unidades que la magnitud sujeta a medición.

A las mediciones indirectas pertenecen aquellas cuyos resultados se obtienen a base de las mediciones directas de **algunas** otras magnitudes enlazadas mediante una dependencia determinada con la magnitud buscada. A este tipo de mediciones pertenecen la determinación del gasto de líquido, gas o vapor a partir del salto de presión en un dispositivo convergente. Las mediciones indirectas se emplean tanto en la técnica como en la investigación cuando es imposible o muy difícil medir directamente la magnitud buscada o cuando la medición indirecta permite obtener resultados más precisos.

Entendemos por principio de medición al conjunto de fenómenos físicos sobre los cuales se basan las

mediciones. Método de mediciones es el conjunto de procedimientos relacionados con la aplicación de los principios y los medios técnicos de medición.

El proceso de medición, las maneras de realizarlo y los aparatos usados para éste fin, dependen de la magnitud que ha de ser medida, de los métodos y condiciones de medición existentes. Al efectuar mediciones se utilizan ampliamente: método de **evaluación** directa, el método de comparación con la medida y el método de reducción a cero.

El método de evaluación directa considera que el valor de la magnitud que ha de ser medida se determina directamente por el dispositivo de lectura del aparato de medición de efecto **directo**; es el método más **difundido**, principalmente con fines industriales.

El método de comparación con la medida se da cuando la magnitud sujeta a medición se compara con la magnitud de la medida **reproducible**; también se le denomina método de compensación.

El método **de reducción** a cero hace que la magnitud sujeta a medición se equilibre totalmente por el efecto de la magnitud conocida de tal modo que como resultado el efecto recíproco se reduce a cero. En **éste** caso el

aparato sólo sirve para registrar el momento en que es alcanzado dicho equilibrio; por sí mismo tal aparato no mide nada y por eso suele llamarse aparato de cero. Los instrumentos de éste tipo deben poseer alta sensibilidad, pero en ellos el concepto de precisión no es aplicable. En cuanto a la exactitud de la medición efectuada ésta se determina principalmente a partir de la precisión de la medida patrón utilizada y de la sensibilidad del aparato.

Se llaman medios técnicos de medición los instrumentos utilizados para medir, los que son dotados de características metrológicas estandarizadas, las cuales influyen sobre los resultados y los errores de las mediciones. Pertenecen a éstos medios técnicos las medidas, los aparatos, los convertidores y los dispositivos de medición.

La medida es un medio técnico diseñado para reproducir la magnitud física de una dimensión dada; por ejemplo, la pesa es la medida de la masa.

Aparato de medición es el instrumento diseñado para producir la señal de información de medición de manera accesible para la percepción directa por parte del observador.

El aparato de medición puede ser del tipo indicador ó registrador, ya sea que cumpla la función de señalar la magnitud de la medición efectuada ó que la registre con algún mecanismo; asimismo, el aparato de medición puede ser:

- de efecto directo, cuando se prevee la transformación de la señal de entrada en un solo sentido, o,
- integrador, cuando la magnitud a ser medida se somete a un proceso de integración ya sea por el tiempo u otra variable independiente.

En muchas ocasiones los aparatos de medición hacen uso de los llamados convertidores, los cuales cumplen la función de procesar la señal de información de tal manera que transformada en una mucho más fácil de ser captada por el aparato de medición pueda ser procesada de una manera más sencilla. Tomando en cuenta los objetivos y los fines específicos que cumplen, los convertidores de medición pueden ser de los siguientes tipos: primarios, intermedios, transmisores, de escala, etc.

Dispositivos de medición son los medios técnicos constituidos por los aparatos y los convertidores de medición, los cuales pueden ser de los tipos primario o intermedio.

Además de los medios técnicos de medición ya explicitados se emplean algunos dispositivos automáticos mas complicados llamados medidores de información, los cuales son dispositivos de varios canales y de medición automática en varios puntos simultaneamente; en muchos casos son capaces de procesar la información segun algoritmo establecido de tal manera que se simplifican considerablemente los cálculos y ajustes posteriores que necesariamente se efectúan para la evaluación de los resultados obtenidos. Asimismo, la aplicación de estos dispositivos al control regulación y mando automáticos, permiten la unificación de los diversos dispositivos empleados en los procesos industriales, de tal manera que se simplifican las operaciones de mando y de control, aumentando considerablemente la seguridad de funcionamiento y consiguiendo un óptimo rendimiento.

Según el objetivo y la función que desempeñe, los distintos medios técnicos de medición se clasifican en: los de uso común, los usados en calidad de patrones y los patrones de clase superior.

Los medios técnicos de uso común son todos los utilizados para efectuar las mediciones prácticas habituales; pueden ser de precisión elevada (de laboratorio) o instrumentos técnicos. Los instrumentos patrones son los designados a comprobar y graduar los

instrumentos de uso común. Los instrumentos patrones de clase superior se utilizan para reproducir y conservar las unidades de medida con la máxima precisión posible, así como para comprobar las medidas, aparatos y convertidores de clase superior.

### 2.3.2.- Errores de medición :

Por mediciones técnicas de las magnitudes prácticamente constantes entendemos por aquellas que se hacen una sola vez por medio de aparatos de uso común, graduados según las unidades respectivas. Al realizar mediciones directas la lectura momentánea de las indicaciones en la escala o diagrama del aparato se adopta como resultado definitivo de la medición de la magnitud dada . Al efectuar mediciones técnicas en la mayoría de los casos no son los errores aleatorios los que determinan la precisión de la medida y por eso no es necesario medir repetidas veces ni calcular la media aritmética de la magnitud que se mide, puesto que dentro de los límites de los errores admisibles de los aparatos de uso común los resultados de cada una de las mediciones coincidir cabe también señalar que en éste caso es posible medir diversas magnitudes con un gasto mínimo de medios y recursos, en un plazo más breve y con la exactitud suficiente.

Al medir cualquier magnitud siempre obtendremos un resultado con cierta divergencia aún cuando dicha operación se realice con sumo esmero. Las alteraciones pueden originarse debido al empleo de métodos inadecuados e instrumentos defectuosos, la variación de las condiciones de medida y una serie de otras causas. Las perturbaciones que se producen al efectuar cualquier tipo de medida determinan los errores de medición, o sea la divergencia del resultado de la medición respecto al valor verdadero de la magnitud medida.

El error de medición puede expresarse en unidades de la magnitud medida, es decir en forma de error absoluto que es la diferencia entre el valor obtenido en la medición y el valor verdadero de la magnitud. También puede expresarse en términos del error relativo, el cual es la razón de la diferencia absoluta al valor exacto de la magnitud; el valor numérico del resultado de una medición debe finalizar en una cifra del mismo orden que el valor del error. Al redondear el valor de las mediciones es recomendable utilizar las reglas de los calculos aproximativos.

Según las características de las causas que los originan los errores de medición pueden ser: aleatorios, sistemáticos y graves.

Entendemos por errores aleatorios aquellos que varían casualmente al medir repetidas veces una misma magnitud. Son provocados por factores que no se pueden determinar en el proceso de medición y sobre los cuales es imposible ejercer influencia alguna. La presencia de éstos errores puede justificarse tan sólo al realizar mediciones repetidas de una misma magnitud y con una misma minuciosidad. Si al repetir las mediciones se obtienen valores numéricos iguales, ésto no significará que se carezca de errores aleatorios sino que son insuficientes tanto la precisión como la sensibilidad del método o de los instrumentos.

Los errores aleatorios son inconstantes respecto su valor y signo. No pueden determinarse por separado y provocar la inexactitud de la medición; no obstante, mediante la teoría de la probabilidad y de los métodos estadísticos, éstos errores pueden ser caracterizados y determinados cuantitativamente en su conjunto, de un modo tanto más seguro cuanto mayor sea el número de mediciones.

Errores sistemáticos son aquellos que permanecen constantes o varían de una manera regular al medir repetidas veces una misma magnitud; si tiene valores y signos determinados éstos errores pueden corregirse.

Corrección es el valor de **una magnitud a la cual** se añade el valor de la magnitud que se mide, con el fin de eliminar el valor sistemático; en algunos casos se utiliza el factor de corrección el cual se **multiplica** por el valor de la magnitud que se mide.

Se distinguen los siguientes tipos de **errores sistemáticos**: instrumentales, por el método de medición, subjetivos, por instalación y metódicos.

Errores instrumentales son los que dependen de los errores de los instrumentos empleados. Al **emplear** aparatos de precisión elevada, los errores instrumentales provocados por los defectos de éstos pueden **eliminarse** introduciendo correcciones; sin embargo los errores instrumentales de los de uso común no **pueden ser** eliminados, ya que al comprobarlos no se les proporcionan correcciones.

Por error del método de mediciones se entiende al **que** ocurre a causa de **la imperfección del referido** método. Surgen con **frecuencia** al **emplear nuevos** métodos, así como al emplear ecuaciones aproximativas que, en muchos casos, representan una **aproximación** inexacta de la **dependencia** real entre las magnitudes. Estos errores han de **tomarse** en cuenta al evaluar el de los aparatos y en **particular** el del dispositivo de medida y el error del resultado de

las mediciones.

Los errores subjetivos (típicos de las mediciones no automáticas) se originan consecuencia las particularidades individuales del observador, por ejemplo debido al adelanto o retardo en registrar el momento de cualquier señal, la interpolación incorrecta al leer las indicaciones dentro de los límites de una división de la escala, a causa de una posición inadecuada para efectuar la lectura del instrumento (paralaje), etc.

Los errores de instalación surgen causa de la incorrecta instalación de la aguja del instrumento en la marca inicial de la escala o debido la imperfecta instalación del mismo.

Los errores metódicos de las mediciones son los que se determinan a partir de las condiciones (o la metodología) de medición de una magnitud y no dependen de la exactitud de los aparatos usados.

Al efectuar las mediciones, sobre todo las de precisión, es necesario tener en cuenta que los errores sistemáticos pueden alterar considerablemente el resultado de las mismas. Por eso, antes de comenzar medir es necesario evaluar todas las posibles fuentes de errores sistemáticos y tomar medidas para determinarlas o

eliminarlas; no obstante, es imposible establecer reglas absolutas para evaluar y eliminar éstos errores puesto que son demasiado variados los procedimientos para medir magnitudes diferentes. Además al realizar mediciones no automáticas, su precisión depende mucho de los conocimientos y la experiencia del experimentador.

A fin de precisar las variaciones posibles de los errores instrumentales debido a uno u otro desperfecto de los aparatos empleados, o a su desgaste y otras causas, todos los instrumentos han de someterse a control sistemático.

Para eliminar los errores de instalación, tanto efectuar mediciones técnicas como las de precisión, requiere un cuidadoso y adecuado montaje del instrumental. Si la causa del error son las perturbaciones exteriores (la temperatura, el movimiento del aire, las vibraciones, etc.), entonces su influencia ha de eliminarse o tomarla en cuenta; también puede emplear una serie de métodos especiales para eliminar los errores metódicos.

Por error grave de una medición se entiende el error que diverge en gran medida de aquel estimado en unas condiciones determinadas.

Al medir una magnitud variable en función del tiempo el resultado puede alterarse no sólo por razones de las circunstancias que causan errores y ya fueron examinadas sino también debido a un error de otro tipo, el cual sólo surge cuando se trata de regímenes dinámicos y por eso se le ha llamado error dinámico de los instrumentos. Pueden surgir debido a la incorrecta elección de los aparatos de medida o a que éstos no corresponden a las condiciones del proceso. Al elegir el aparato es necesario conocer sus propiedades dinámicas así como ley de variación la magnitud que ha de medirse.

Por regla general, las mediciones precisas se repiten varias veces, y se efectúan con aparatos de alta precisión, repitiendo las mediciones se puede reducir la influencia de los errores aleatorios sobre su resultado final y, por consiguiente, elevar la exactitud de las mismas. En este caso ha de tomarse en consideración que, incluso en condiciones favorables, la exactitud de medición no puede superar la exactitud de control de los aparatos empleados.

Al efectuar las mediciones técnicas aplicadas generalmente, procesos industriales muchas veces, en condiciones de laboratorio, se emplean aparatos de uso común, a los cuales, al ser comprobados, se les proporcionan correcciones.

Al realizar mediciones exactas se utilizan aparatos de alta precisión y al mismo tiempo se emplean métodos de medición más perfectos; sin embargo debido a que toda medición contiene errores aleatorios inevitables, el valor verdadero de la magnitud medida continúa siendo desconocido, y en su lugar se adopta cierta media aritmética, respecto de la cual, con un gran número de mediciones, según muestra la teoría de la probabilidad y la estadística matemática, podemos afirmar que es la mejor aproximación al valor verdadero.

Además de los errores aleatorios, los errores sistemáticos influyen con frecuencia en la precisión de la medición. Para efectos prácticos, al valorar de las conclusiones y sugerencias que derivan de la teoría de los errores, y elaborar los resultados de las mediciones se supone que las series de mediciones contienen los errores sistemáticos y que además han sido eliminados los errores graves.

La teoría de los errores aleatorios, así como la apreciación de las leyes que rigen dichos errores, parten de dos axiomas basados en datos experimentales siendo:

- Axioma de causalidad: para un número muy grande de mediciones los errores aleatorios, iguales conforme a su

magnitud pero diferentes según su signo, se hallan con la misma frecuencia.

Axioma de distribución: los errores pequeños surgen más a menudo que los grandes.

Finalmente, como ha sido señalado, las desviaciones y los errores surgen de forma casual, o sea, su valor o dimensión para cada medición por separado, no se puede prever. Por eso es natural que les aplique a los leyes generales para los fenómenos magnitudes causales) que se examinan teoría de la probabilidad o estadística matemática.

### 2.3.3.- Instrumentos medicadores de temperatura:

temperatura es uno de los más importantes parámetros presente los procesos tecnológicos industriales, y es especial interés en lo que a motores de combustión interna se refiere.

Posee ciertas particularidades fundamentales que determinan y a la vez sugieren la utilización de ciertos métodos y medios técnicos para medirla. Así, tenemos que, de acuerdo al principio de funcionamiento, los termómetros se han construido teniendo cuenta la siguiente:

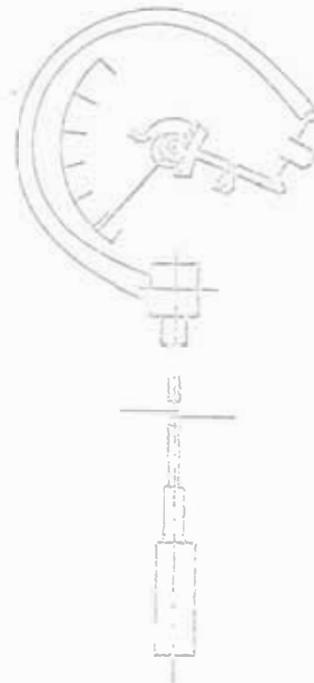
- dilatación de los cuerpos,
- variación de la presión de la sustancia de trabajo,
- efecto termoeléctrico,
- emisión calorífica.

Entre los que utilizan el principio de dilatación de los cuerpos al incrementarse su temperatura, tenemos los termómetros de líquido (fig. 2.1).

FIGURA 2.1:  
Termómetro de líquido.



FIGURA 2.2:  
Termómetro Manométrico



Entre los segundos tenemos los termómetros manométricos (fig. 2.2.), los de condensación y los termómetros dilatométricos y bimetalicos (fig.2.3) que se utilizan generalmente como convertidores primarios de medición en los sistemas de regulación automática de la temperatura. El método termoeléctrico (fig.2.4), se funda

en la estricta variación de la fuerza termoelectrónica matriz en el elemento sensible del instrumento, en función de la temperatura.

FIGURA 2.3:  
Termómetro Bimetálico



FIGURA 2.4:  
Termómetro método termoelectrónico.



El funcionamiento de los termómetros de resistencia, se basa en la propiedad que tienen las sustancias de cambiar su resistencia eléctrica al variar la temperatura del medio en que se encuentran.

Los métodos de medición de temperatura que utilizan distintas propiedades de la emisión calorífica de los cuerpos derivadas de las leyes de radiación del cuerpo negro, tienen una gran aplicación práctica, principalmente cuando se trata de altas temperaturas, debido a que este método no requiere que los transductores estén en contacto directo con el cuerpo al que se quiere medir la temperatura. Se les suele llamar

métodos de medición sin contacto, y a los aparatos utilizados se les llama pirómetros de radiación o simplemente pirómetros.

#### 2.3.4.- Instrumentos medidores de presión:

La presencia del parámetro de presión en los procesos industriales y en los trabajos de investigación científica (en los motores de combustión interna, este parámetro así como la temperatura, constituyen los elementos fundamentales para su estudio dada la naturaleza termodinámica de su principio de funcionamiento), requiere del uso de determinados métodos e instrumentos para la cuantificación de su magnitud; éstos se diferencian por su principio de funcionamiento, su estructura, precisión y objetivos a cumplir.

Al referirnos a la presión, podemos distinguir hasta dos tipos: absoluta y relativa. La relativa puede ser a su vez manométrica o vacuométrica.

El aparato que mide la presión, generalmente se denomina manómetro, el cual, según el servicio, al que esté destinado, es llamado de presión, de vacío, de carga, de tiro, micromanómetro, manómetro diferencial, etc.

Según el principio de funcionamiento podemos clasificarlos en:

- manómetros de líquido con nivel visible (fig. 2.5)
- manómetros provistos de elementos elásticos sensibles (fig.2.6)
- manómetros eléctricos (fig.2.7)
- manómetros diferenciales (fig.2.8)

FIGURA 2.5 :  
Manómetro con nivel visible



FIGURA 2.6 :  
Manómetro con  
elemento elástico sensible



FIGURA 2.7 :  
Manómetro Eléctrico



FIGURA 2.8 :  
Manómetro Diferencial,



La exactitud de medición de la presión y de la diferencia de presiones, depende del método elegido de medición, de las características metroológicas de los

aparatos que se utilicen, de las condiciones de medición, etc. Por eso, la elección del método y de los aparatos de medición, ha de hacerse teniendo en cuenta los objetivos planteados, la exactitud requerida y las condiciones de medición.

Al elegir los aparatos de medida es necesario tener en cuenta no aquella precisión que les son propias durante la operación en condiciones estándar, sino aquella que puede asegurarse en condiciones específicas de servicio.

#### 2.3.5.- Instrumentos medidores de caudal:

Al realizar las mediciones relacionadas con el registro de las cantidades de líquido, gas y vapor, así como con el control operativo, la regulación y el mando de los procesos tecnológicos y de investigación científica en las diversas ramas especializadas en los variados procesos industriales, es necesario determinar, junto con otras magnitudes la cantidad de materia que pasa a través de una sección dada de un conducto determinado, por unidad de tiempo o dentro de cualquier otro período; la cantidad de materia en referencia suele expresarse en unidades de volumen o de masa.

El aparato que mide el gasto, es decir la cantidad de materia que circula a través de una sección dada de un

conducto, referida a una unidad de tiempo, se llama medidor de caudal (flujo o gasto). El aparato que mide la cantidad de materia que pasa a través de una sección dada de un conducto, en un espacio de tiempo (turno, día, etc.) se llama contador de materia. En este caso, la cantidad de materia se determina como la diferencia entre dos indicaciones sucesivas del contador al comienzo y al final del período de referencia.

Existen diversos métodos para determinar la magnitud del gasto de los líquidos, gases y vapor; podemos mencionar :

- medidores que registran el gasto según el salto de presión en un dispositivo convergente, registrado con un manómetro diferencial. (fig. 2.9)
- medidores que registran el gasto valiéndose de un dispositivo que evalúa la presión total. (fig. 2.10)

FIGURA 2.9 :  
Flujómetro con manómetro diferencial.

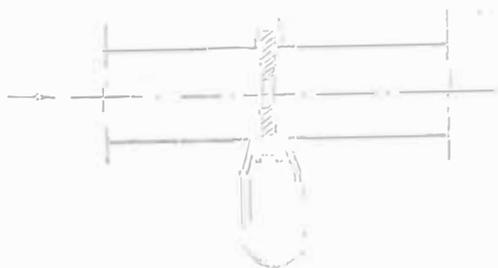


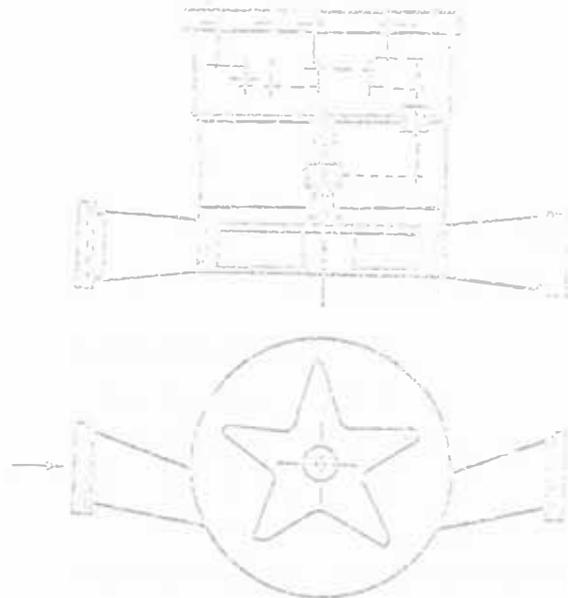
FIGURA 2.10 :  
Flujómetro con manómetro de presión total.



FIGURA 2.11 :  
Flujómetro para un salto constante de presión.

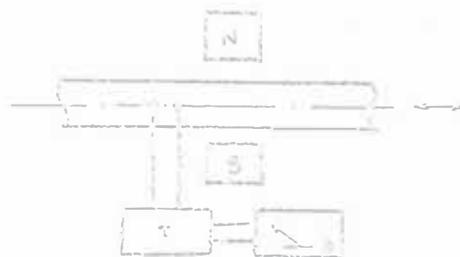


FIGURA 2.12 :  
Medidor tacométrico de flujo



- medidores de flujo para un salto constante de presión (fig. 2.11);
- medidores tacométricos de flujo y contadores de la cantidad de líquido. (fig. 2.12);
- medidores electromagnéticos de flujo. (fig. 2.13);

FIGURA 2.13 :  
Medidor electromagnético de flujo.



Dentro de estos métodos, el de uso más difundido es el que mide el gasto según el salto de presión en un dispositivo convergente.

Asimismo, para el caso de mediciones de flujo de combustible en los m.c.i., existen dos métodos comúnmente

aplicados: el método másico o gravimétrico y el volumétrico.

El másico determina, mediante un sistema que implica balanza, recipiente, válvulas y cronómetro, la cantidad de masa (en grs) que ingresa al m.c.i. en determinada período de tiempo. El volumétrico, mediante un sistema de buretas graduadas, llave de tres vías y cronómetro, determina el combustible, en unidades de volumen que ingresa al motor, en determinada período de tiempo. Ambos sistemas se esquematizan en las figs. 2.14 y 2.15.

Para el caso de la determinación del gasto de aire de los m.c.i., últimamente se está prefiriendo el empleo de los medidores de émbolos giratorios; un esquema de su estructura se muestra en la fig. 2.16

FIGURA 2.14 :  
Método másico.



FIGURA 2.15 :  
Método volumétrico.

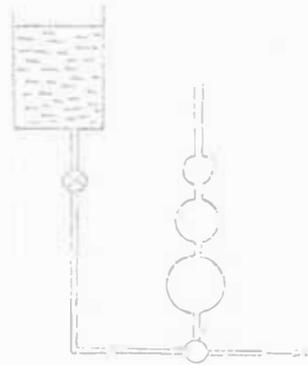


FIGURA 2.15 :  
Medidor de flujo de émbolos rotatorios.



#### 2.3.6.- Métodos y medios para medir la composición de los gases:

Los medios técnicos utilizados para determinar la composición cuantitativa de un gas, se llaman analizadores de gases (gasoanalizadores) y cromatógrafos de gases, los cuales, según los objetivos a los que se les destina, pueden ser manuales o automáticos se les emplea en los laboratorios al realizar trabajos de investigación científica así como al efectuar ensayos, estudios especiales y ajustes en distintas instalaciones termotécnicas industriales.

Los analizadores automáticos de gases se usan en gran escala para el control del proceso de combustión en los hogares de los generadores de vapor, en los hornos y otras instalaciones termotécnicas, para el análisis de las merclas tecnológicas de gases, para la determinación

del contenido de hidrógeno en los sistemas de refrigeración de los arrastres en las turbinas, etc.

Los analizadores de gases generalmente se gradúan en porcentaje del volumen, tal gradación es cómoda, puesto que la proporción de cada componente en el volumen total se mantiene constante al variar la presión y la temperatura de la mezcla gaseosa.

Podemos clasificar a estos dispositivos en:

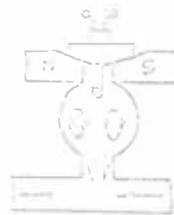
- gaseoanalizadores químicos,
- gaseoanalizadores térmicos,
- gaseoanalizadores magnéticos,
- gaseoanalizadores ópticos,
- cromatógrafos de gases.

Los gaseoanalizadores químicos pertenecen al grupo de aparatos mecánicos, se fundan en la medición de la reducción de una muestra de gas, tras eliminar de la misma el componente que ha de ser analizado. La eliminación del referido componente se efectúa aplicando métodos de absorción selectiva o de post-combustión separada. En su presentación automática, éstos aparatos ya no se usan, debido a que su principal defecto es que son de funcionamiento periódico, proporcionando de 30 a 40 mediciones por hora (fig.2.17)



Los gaseoanalizadores magnéticos de oxígeno, se fundan en la medición de las propiedades magnéticas de este elemento químico y adquirieron gran divulgación en las diversas ramas de la industria para determinar la concentración de ese gas en las mezclas gaseosas, particularmente en los productos de combustión (fig.2.19).

FIGURA 2.19  
Gaseoanalizador magnético.



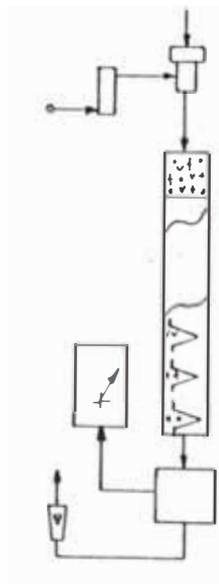
Los gaseoanalizadores ópticos se fundan en la variación de una u otra propiedad óptica de la mezcla gaseosa sujeta a examen, en función de la modificación de la concentración del componente que ha de ser medido; tales propiedades son: la absorción espectral, la densidad óptica, el índice de refracción, la emisión espectral de la mezcla gaseosa, etc.

El método cromatográfico utiliza el principio de absorción de las sustancias presentes en el gas a analizar, mediante cuerpos absorbentes. Se subdivide en cromatografía de absorción y en cromatografía líquido-gas (fig 2.20).

Finalmente podemos indicar que la certeza de los

resultados del análisis de los productos de combustión, dependen no sólo de la precisión de los aparatos de medida elegidos, sino también de las condiciones de medición, la elección del punto de toma de muestras, la manera de instalar el dispositivo de toma de muestras, etc.

FIGURA 2.20 :  
Gasualizador Cromatográfico.



2.3.7.- Otros instrumentos utilizados en las pruebas de m.c.i.:

Hasta el ítem anterior hemos desarrollado la presentación general de los diversos tipos de instrumental con aplicaciones en diversos campos de la técnica, ciencia e industria. Ahora nos referiremos al instrumental, que ha sido concebido y desarrollado teniendo como objetivo principal ser utilizado en los motores de combustión interna, sin embargo algunos de éstos instrumentos o sus variantes, son utilizados en

otras aplicaciones tecnológicas, las cuales guardan similitud con ciertas características propias de los m.c.i.

Así, en éste punto consideraremos:

- a).- Tacómetros.
- b).- Medidores de potencia.
- c).- Indicadores de diagrama.

a).- Los tacómetros : Son aparatos que nos permiten determinar la cantidad de vueltas con que gira un eje, para un periodo determinado de tiempo; generalmente este tiempo corresponde a un minuto.

Según la forma en que operan, los tacómetros pueden ser: de accionamiento con contacto y de accionamiento sin contacto, referidos a la unión física que puede existir entre el eje y el instrumento.

Según el principio de funcionamiento, los de contacto directo generalmente transforman la energía rotacional que captan en energía eléctrica potencial, la cual es función directa de la velocidad con que gira el eje. Los de accionamiento sin contacto utilizan el fenómeno estroboscópico al hacer incidir un rayo de luz sobre el eje que gira; este rayo de luz es reflejado por una superficie pulida previamente instalada y la percepción

de la cantidad de veces que se refleja el rayo de luz nos dará la velocidad de giro que buscamos; estos utilizan principios electrónicos y muestran resultados en pantalla digital.

Una variante de estos instrumentos son los llamados **registradores** (contadores) de vueltas los cuales acumulan la información sobre la cantidad de giros que dá el eje; para relacionar esta medida con un período de tiempo es necesario utilizar un cronómetro adicional.

Desde otro punto de vista, los instrumentos de medición **del número** de revoluciones pueden dividirse en **los siguientes** :

a) de acción breve, como los contadores de revoluciones por contacto, tipo "gorn" y los tacoscopios, que reúnen en una misma estructura a un contador **de revoluciones** y un cronómetro.

b) de acción prolongada, como los de accionamiento mecánico (magnéticos y centrífugos), y los teletacómetros eléctricos de corriente continua y alterna.

En la fig. 2.21 mostramos el tacómetro centrífugo y en la fig. 2.22 el tacómetro eléctrico.

FIGURA 2.21 :  
Tacómetro centrífugo.

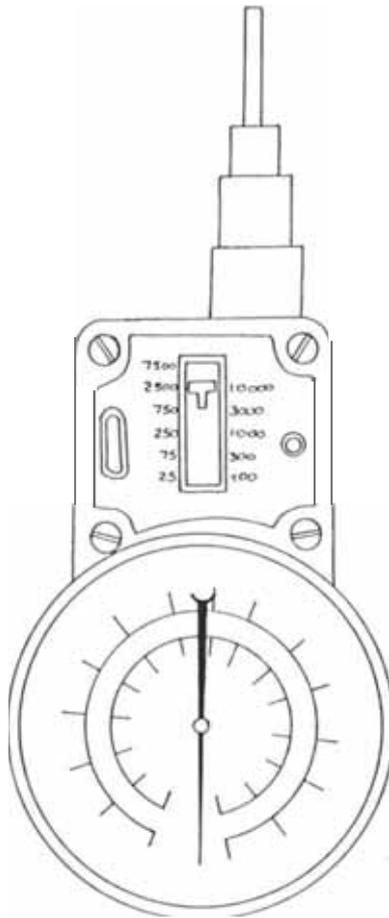
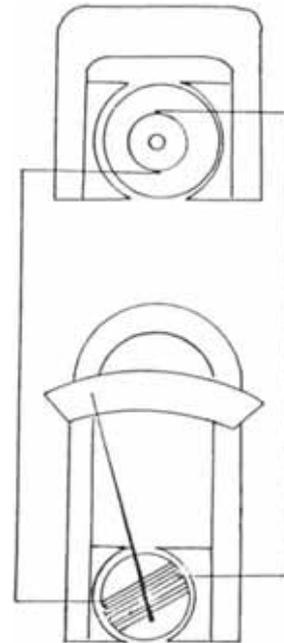


FIGURA 2.22 :  
Tacómetro eléctrico.



b).- Medidores de potencia : En todas las máquinas rotativas y alternativas existe siempre una transmisión de potencia.

Existen dos métodos básicos para medir la potencia de salida de los motores, según estos se basen en los instrumentos llamados dinamómetros de absorción ó dinamómetros de transmisión.

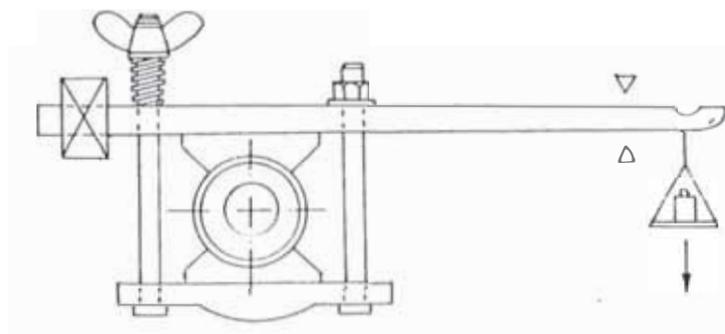
Los dinamómetros de absorción absorben ó consumen toda la potencia producida por la máquina en estudio \ su uso

se restringe a las predicciones de potencia que pueda desarrollar la máquina en circunstancias dadas; en cambio, el dinamómetro de transmisión es de gran valor para la determinación de la potencia realmente entregada durante el funcionamiento de la máquina.

Los dinamómetros de absorción pueden ser clasificados en los siguientes tipos : de fricción mecánica, hidráulicos, de aire, eléctricos de campo basculante, eléctricos de corrientes de remolino.

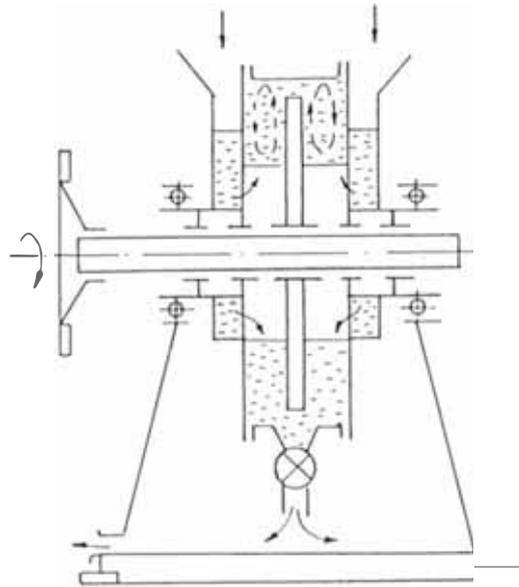
Los de fricción mecánica utilizan el principio de la fuerza de fricción originada al aplicar un freno a la volante giratoria de la máquina; así, una fuerza compensatoria de esta acción, mensurable, en combinación con la determinación de la velocidad de giro de la volante, nos dará la potencia al eje buscada. Estos dinamómetros tienen limitaciones en cuanto a las potencias y a las velocidades de giro en que se puede aplicar (fig. 2.23).

FIGURA 2.23 :  
Dinamómetro de fricción mecánica.



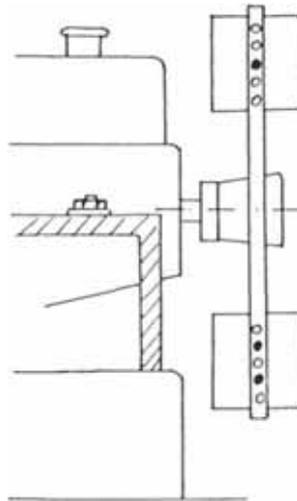
En los dinamómetros hidráulicos la fricción con un fluido sustituye a la fricción entre sólidos, lo cual le permite aplicaciones para potencias bastante elevadas; la determinación de la potencia se efectúa en forma similar al dinamómetro de fricción mecánica (fig. 2.24).

FIGURA 2.24 :  
Dinamómetro hidráulico.



Los dinamómetros de aire se basan en el principio de la fricción existente entre el elemento rotativo y la atmósfera libre, por intermedio de unas paletas. Estos aparatos presentan dificultades para ser utilizados como medidores de potencia, siendo en cambio muy apropiados cuando se trata de mantener funcionando con carga constante la máquina rotativa durante un período largo de tiempo; son además muy económicos (fig. 2.25).

FIGURA 2.25 :  
Dinamómetro de aire.



Los dinamómetros de campo basculante ó **de cuna**, son esencialmente máquinas de **corriente** continua en derivación, que pueden funcionar independientemente como motor ó como generador. En este caso, la potencia de la máquina que se ensaya es transformada en energía eléctrica (c.c.), la cual es evaluada en su disipación a través de un sistema de carga (resistencias eléctricas). El método de cálculo de la potencia se efectúa en forma similar a los anteriores. Una ventaja adicional de este tipo de dinamómetros es que, **al poder** funcionar como motor, las aplicaciones se incrementan, siendo una de ellas la evaluación de la potencia de pérdidas **internas** de la máquina en estudio (fig. 2.26).

El dinamómetro eléctrico de corrientes de remolino es, en principio, un generador de c.c. diseñado **para** dar rendimiento cero, ya que toda la potencia de entrada en su **eje** se transforma en pérdidas por corrientes de

remolino (parásitas ó de Foucault); la potencia absorbida se controla variando la corriente de excitación en el campo del dinamómetro. El cálculo de la magnitud de la potencia se efectúa según el método ya señalado.

Los dinamómetros de transmisión se utilizan para determinar la potencia que una máquina matriz entrega durante su funcionamiento operativo ó de explotación real. Un tipo de dinamómetro de transmisión utilizado es el de barra de torsión; una aplicación mas reciente de este procedimiento se basa en el empleo de calibres de extensión (fig. 2.27).

FIGURA 2.26 :  
Dinam. campo basculante

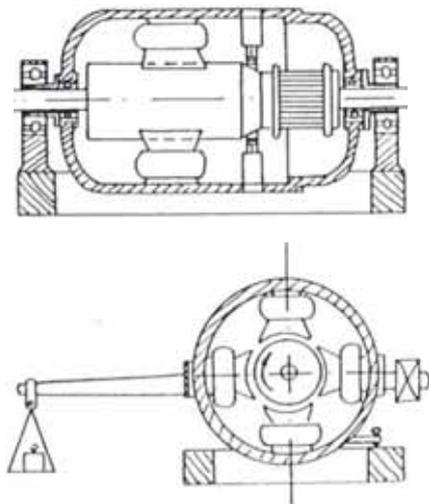
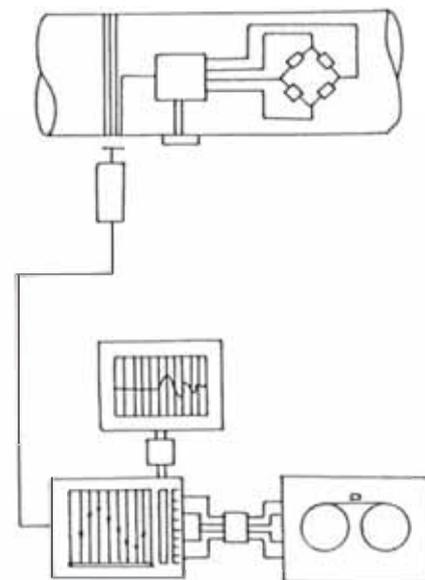


FIGURA 2.27 :  
Dinam. transmisión(torsión)



c).- Indicadores de diagrama : Las máquinas reciprocantes (máquinas de vapor y motores de combustión interna) la sustancia de trabajo ejerce una fuerza neta sobre los pistones medida que estos se desplazan

desarrollando potencia. La presión ejercida sobre el pistón por la sustancia de trabajo varía con el tiempo y, en consecuencia, también la potencia.

El aparato que determina la potencia en función del desplazamiento del pistón se llama indicador, el cual mediante un diagrama nos indica la variación de la presión en función del volumen, señalando además las partes del ciclo termodinámico que conforman el proceso en estudio.

Existen diversos tipos de indicadores de diagrama : del tipo de pistón, de diafragma equilibrado, ópticos, electrónicos, etc.

El indicador de pistón utiliza principios de acción mecánica directa para el desplazamiento de un trazador, por efectos del movimiento de un pistón sensible a la presión de la cámara de trabajo; esta acción se combina con otra, también de carácter mecánico, que registra el movimiento del pistón, alternativo, transformándolo en movimiento lineal, realizando así la relación entre el desplazamiento del pistón y la presión existente en la cámara de trabajo. Se utiliza para bajas revoluciones (fig. 2.28).

El indicador de diafragma **equilibrado** utiliza un método comparativo entre la presión en estudio y una conocida mediante un dispositivo (**diafragma**), combinándola con un sistema eléctrico que emite señales ante la presencia de determinadas condiciones.

El elemento sensor soporta, por un lado la presión del cilindro (a evaluar) y por **otro una presión** conocida contenida en un recipiente (fig. 2.29).

FIGURA 2.28 :  
Indicador de pistón.

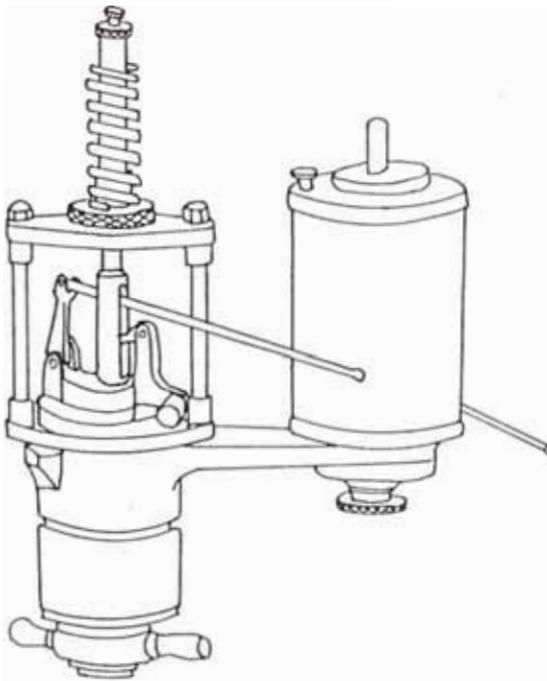


FIGURA 2.29 :  
Esquema del indicador de diafragma equilibrado.

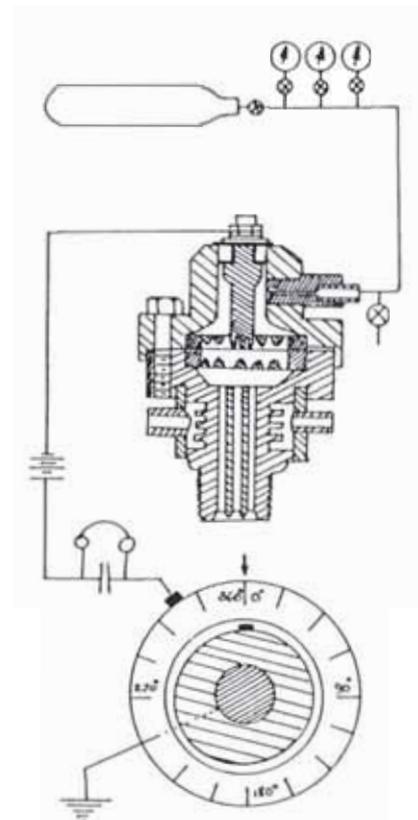
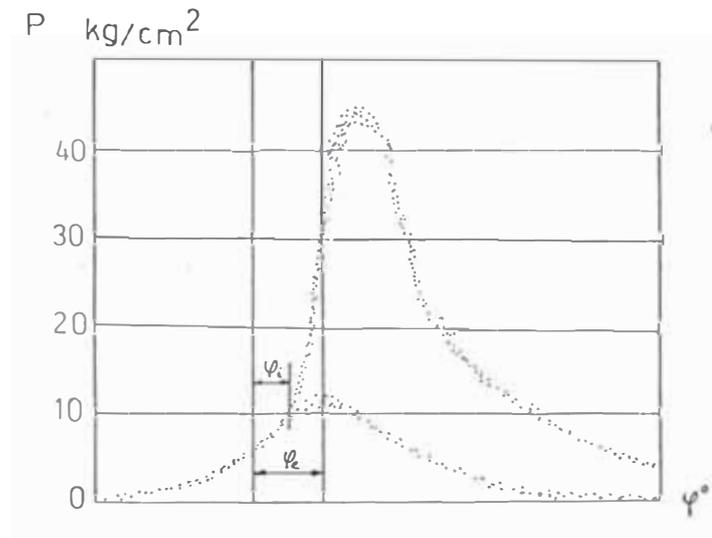


FIGURA 2.30 :  
Ejemplo de un gráfico de diagrama abierto.



Cuando la presión en el cilindro es mayor que la de referencia se realiza un contacto eléctrico en el elemento sensor y que es transmitido a otro dispositivo que registra esta descarga; a su vez, un dispositivo cronográfico relaciona la descarga con el ángulo de rotación del cigüeñal del momento en que se produce. Un ejemplo del gráfico que se obtiene con este indicador muestra en la fig. 2.30.

Los indicadores ópticos utilizan también un diafragma, pero esta vez para transmitir la señal de variación a un sistema de espejos provisto de una fuente de luz, que hará incidir el rayo luminoso en una pantalla a ser observada ó fotografiada (fig. 2.31)

Los indicadores electrónicos utilizan como elemento sensible a la presión un cuerpo cuya resistencia varia

con la presión que actúa sobre él; estos indicadores se encuentran prácticamente libres de los efectos de inercia propios de todo mecanismo ó dispositivo mecánico, lo que expande su campo de acción hasta altas revoluciones. La variación de la resistencia eléctrica en el elemento sensible produce la variación de la corriente eléctrica, la que se observa ó fotografía en la pantalla de un osciloscopio. El barrido horizontal del osciloscopio se obtiene mediante una onda tipo diente de sierra sincronizada con la máquina de ensayo; de esta manera se obtiene un diagrama de presión en función del tiempo. Como elementos sensibles se emplean algunos cristales con propiedades piezoeléctricas como el cuarzo. Además de la ventaja que ofrecen estos indicadores con relación a la eliminación de las fuerzas de inercia, hay que añadir que el osciloscopio puede colocarse a distancia del m.c.i. facilitando la observación la fotografía (fig. 2.32).

La metodología para la obtención del diagrama indicado el método de procesamiento de la información se consigna en los Apéndices Nos: 1, 2, 3.

FIGURA 2.31 :  
Indicador óptico.

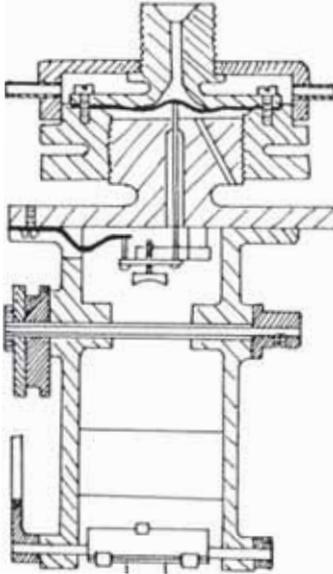
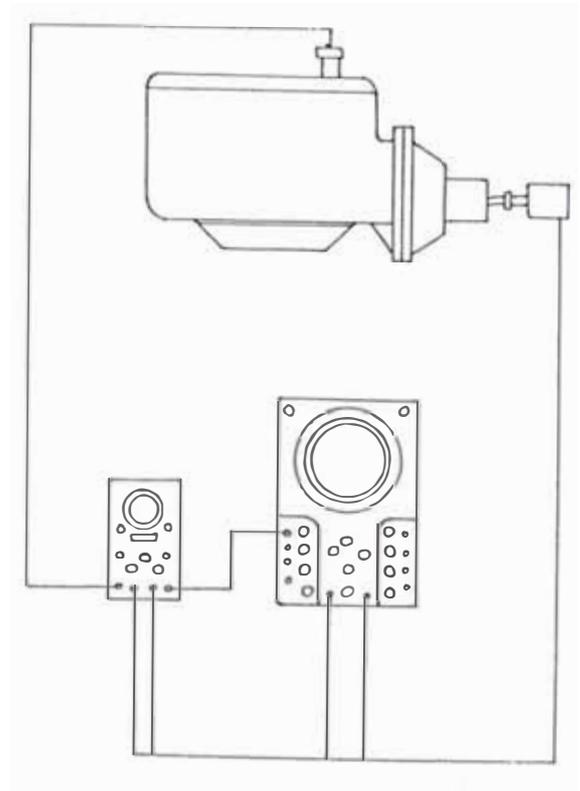


FIGURA 2.32 :  
Indicador electrónico.



#### 2.3.8.- Accesorios :

Consideraremos como accesorios a todos aquellos elementos, dispositivos y piezas que sin ser considerados imprescindibles para el funcionamiento adecuado del banco de pruebas, cumplen el papel de facilitar la operación y la manipulación de los componente instrumentos que conforman todo el equipo.

Así tenemos que, en cuanto al motor, podemos contar con los siguientes accesorios :

+ referido al combustible :

tanque de almacenamiento

- sistema de precalentamiento del combustible con gases de escape, sin gases de escape, mixtos.

sistema de enfriamiento del combustible.

sistema de mezclado con otros combustibles.

sistema de variación de relación aire/combustible.

- sistema regulador/fijador de la posición de la mariposa.

+ referido a los gases de escape :

sistema de eliminación del ruido.

sistema de re-circulación de los gases.

sistema de variación de la contrapresión.

- sistema recuperador del calor de los gases para el calentamiento otros sistemas (combustible, calefacción).

sistema de sondas para tomar muestras de los gases.

+ referido a la estructura :

sistema portante regulable y adaptable a varios modelos y tamaño de motores de prueba.

sistema sensor de vibraciones.

sistema variador del ángulo de inclinación y equipamiento del motor.

sistema simulador de montaje en vehículos.

sistema simulador de vibraciones externas.

bridas de acople y de extensión.

+ referido a aspectos varios :

sistema auxiliar de refrigeración por aire, para el motor y para el agua de refrigeración del motor.

- sistema de refrigeración del aceite del motor, con agua ó con aire.

- sistema auxiliar que permite la medición de las pérdidas mecánicas en el motor, mediante la desconexión individual de las bujías.

Por otra parte, en cuanto al generador dinamométrico y la carga eléctrica tenemos:

sistema de ventilación, natural ó forzada del dinamómetro.

sistema de variación de la carga eléctrica.

sistema de refrigeración de la carga eléctrica, con baño de aceite, con aire ó con agua.

- sistema convertidor AC/DC para el manipuleo y operación del dinamómetro eléctrico.

status de arranque (VAC) para generadores dinamométricos sincrónicos ó asincrónicos.

sistema portante del tacómetro, contador de revoluciones y otros instrumentos y accesorios que no se fijan al banco de pruebas.

sistema portante del generador, de acuerdo a las distintas posiciones variables en que se quiera probar el motor.

Considerándolas como accesorios, conviene resaltar la importancia gravitante que tienen las herramientas con que obligatoriamente debe contar el laboratorio de motores, ya que su variedad, versatilidad, posibilidades de aplicación confiabilidad que estas ofrezcan, determinarán en considerable proporción la culminación de las pruebas dentro de los términos que se esperan de ellas.

#### 2.4.- Otros puntos a considerar :

[8,19,22,35,37,39,40]

Hasta el momento hemos estado viendo los aspectos centrales en cuanto a la experimentación de motores se refiere, pero existen elementos adicionales a los ya vistos que, sin ser necesariamente los condicionantes a ello, aseguran que las condiciones de trabajo durante las experimentaciones sean las adecuadas en cuanto a higiene y seguridad, que se eliminen ó se reduzcan al mínimo las perturbaciones que pueden influir en los instrumentos y por tanto en los resultados, y que se establezcan las pautas necesarias para lograr una optimización en la obtención de datos y su procesamiento, considerando adecuados márgenes de tiempos de experimentación, asegurando certeza en la emisión de resultados así como oportunidad en su análisis.

#### 2.4.1.- Ambientación del laboratorio :

En este aspecto muy importante tomar en cuenta las características y particularidades con que se debe construir ó en su defecto implementar, el ambiente de laboratorio que se destina a la experimentación de motores.

Uno de los criterios a considerar es el que se refiere a la ubicación relativa de esta área con respecto a los otros ambientes con que cuenta la institución ó empresa que realiza la experimentación en motores; entonces, la emisión de ruidos, de gases tóxicos, el área de almacenamiento de combustible, la operación de unidades móviles de transporte de los motores y equipos, así como el evitar que estos factores afecten ó perturben el normal desarrollo de las otras actividades que realiza la institución ó empresa, harán que al momento del diseño ó de planificación de la implementación sean muy tenidos en cuenta necesariamente.

Asimismo, ya dentro del ambiente de laboratorio, hay que prestar atención a que esta área sea lo suficientemente espaciosa como para poder asegurar una cómoda ubicación de los equipos, así como que pueda permitir un adecuado manipuleo y facilidades para el traslado de los mismos; asegurar una adecuada circulación

del aire ambiental de tal manera que la emisión de gases tóxicos no represente peligro alguno para el personal que labora en el área; en este sentido, el sistema de ventilación debe funcionar de tal manera que cumpliendo eficientemente lo anterior adicionalmente no permita que la temperatura ambiental dentro del laboratorio presente variaciones significativas que alterarían las condiciones de estabilidad necesarias para la experimentación. Los niveles de ruido que se tienen al efectuar la experimentación de motores hace necesario que se tenga que aislar el ambiente en que se realiza la experiencia propiamente dicha de tal manera que el personal que la ejecuta esté aislado de la fuente de ruido; en este punto, la automatización de los procesos y el mando a distancia juegan un papel muy importante.

La consideración de sistemas de protección contra incendios y otros siniestros hace que se ponga énfasis en la selección de los materiales de construcción y de los revestimientos y acabados con que se quiera dotar al laboratorio; de igual manera, conviene implementar sistemas auxiliares de protección que resguarden el motor y los equipos contra siniestros, incendios, sobrecargas, localizadas ó individuales, provocadas ó fortuitas.

Todas estas consideraciones de diseño y construcción deben estar complementadas con la rigurosa y metódica

aplicación de las correspondientes medidas de seguridad, en una persistente tarea de concientización y **práctica** profiláctica de las mismas, por parte de todo el personal que labora en el área; estas medidas deben contemplar el manipuleo y operación de los sistemas mecánicos, **eléctricos** y electrónicos, la detección oportuna de **situaciones** peligrosas por la presencia de gases tóxicos, **ejecución de** operaciones no planificadas y el **descuido en** la correcta aplicación de la metodología de **trabajo** así como las más convencionales referidas a siniestros. Una adecuada dotación de manuales de operación y maniobra de los equipos así como una permanente actualización sobre métodos de **trabajo** ó **variación en** las especificaciones ó protocolos darán una complementación adecuada a este factor que es relevante en la experimentación en general.

#### 2.4.2.- Cimentación del equipo :

La estructura de cimentación del banco de pruebas debe **ser** concebida de tal manera que no se encuentre relacionada a los cimientos del edificio ó construcción del laboratorio; este detalle es importante **por que** de esta **manera se evita** la transmisión de las vibraciones que se producen en el motor hacia la estructura del edificio y hacia los instrumentos las que podrían alterar las lecturas ó resultados que se obtengan de la

experiencia. Esta cimentación debe ser del tipo avulsiva de concreto ó del tipo en suspensión ó amortiguada, la cual carece de cimientos teniendo en su base un cojín elástico amortiguador de las vibraciones verticales y con un espaciamiento en todo el perímetro de la base para la eliminación de las vibraciones horizontales.

#### 2.4.3.- Automatización :

Las exigencias cada vez mas crecientes en cuanto a la reducción de tiempos de ejecución de las operaciones que conforman la experimentación de motores, hacen que la tendencia se acentue hacia la automatización. Sólo con este principio se pueden reducir los tiempos de obtención de regímenes de prueba, toma de datos y su elaboración ó procesamiento para su análisis.

La automatización se realiza principalmente en base dispositivos eléctricos ó electrónicos ya que son los que aseguran mínimas masas inerciales, respuesta rápida y posibilidad de comando a distancia.

Esta tendencia debe ser considerada en el diseño ó implementación del laboratorio en concordancia con los fines y objetivos que se le hayan asignado.

## CAPITULO 3 EL EQUIFO ACTUAL

### 3.1.- Memoria Descriptiva :

#### 3.1.1.- Aspectos Generales :

El banco de pruebas que nos interesa analizar en el presente estudio forma parte integrante de un conjunto de laboratorios que fueron instalados en la antigua ENIT (Escuela Nacional de Ingeniería Técnica) como parte de un Convenio con la UNESCO, en el año de 1960.

Una apreciación somera de este equipo nos hace deducir que sus potenciales capacidades se encuentran circunscritas a la tarea pedagógica y meramente referencial, por cuanto se perciben diversas limitaciones a la actividad científica y de investigación, temas de los cuales nos ocuparemos más adelante.

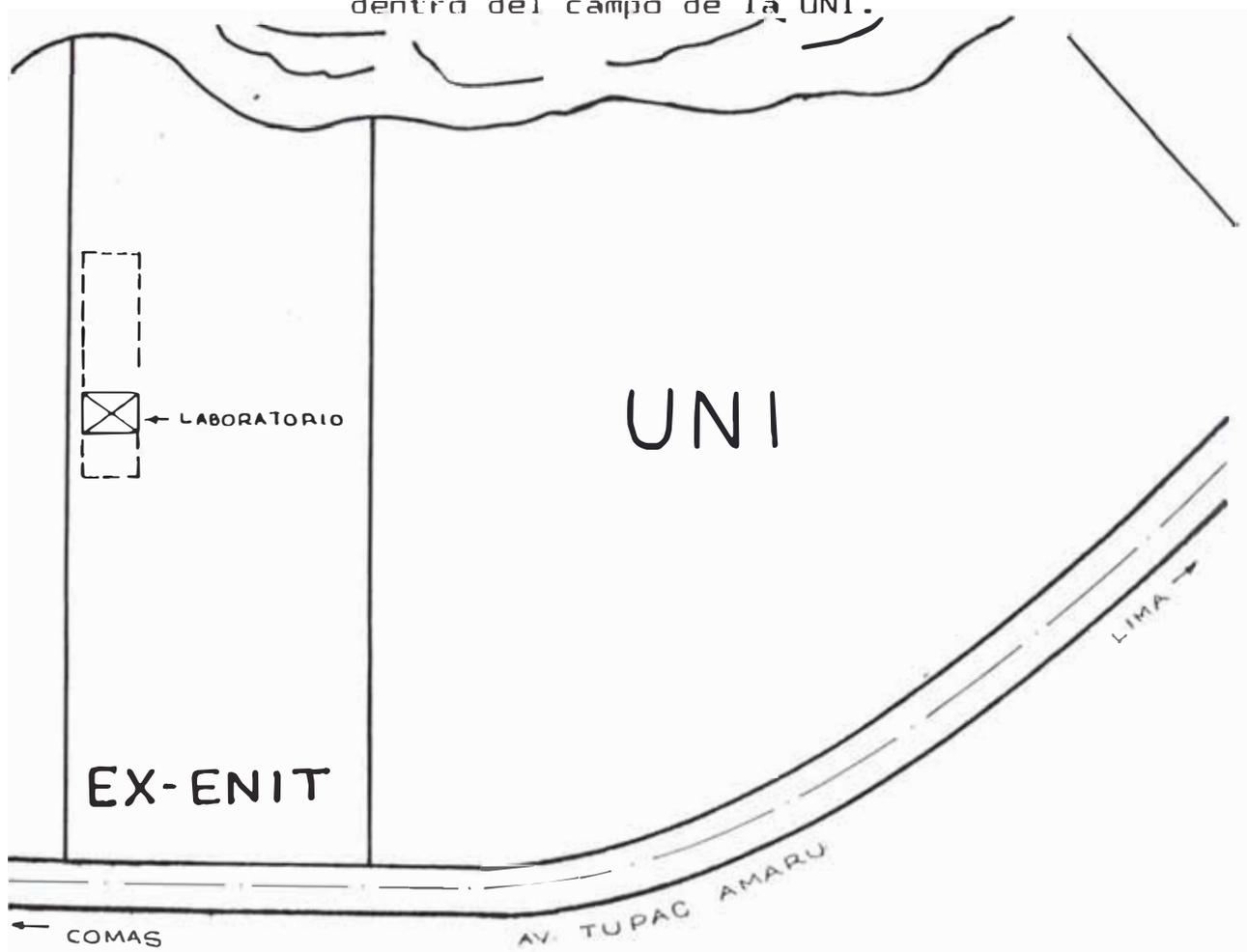
#### 3.1.2.- Ubicación :

El equipo sujeto del estudio se encuentra ubicado en el área correspondiente al Laboratorio de Máquinas Térmicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica, área que

con el todavía reciente proceso de incorporación de la infraestructura y personal de la antigua ENIT, hoy es parte integrante de la UNI.

Conviene precisar que esta área de Laboratorios de Máquinas Térmicas, denominada Pabellón "S", es independiente del que ya poseía la UNI y que se encuentra ubicado en el Pabellón 0. En la fig. 3.1 se esquematiza las ubicaciones geográficas de los mencionados laboratorios en el recinto universitario, y, en la fig.3.2 se presenta un esquema de la ubicación de los equipos dentro del ambiente del laboratorio.

FIGURA 3.1 :  
Ubicación del Laboratorio de Máquinas Térmicas dentro del campo de la UNI.



### 3.1.3.- Esquemas descriptivos :

En este ítem plantearemos esquemas descriptivos que intenten explicitar gráficamente no sólo la ubicación relativa de los componentes, sistemas instrumentos y accesorios que conforman el equipo de ensayo de motores, sino además acerca de la interdependencia entre ellos. La finalidad de este planteamiento es poder contar con un elemento sencillo para el análisis.

La secuencia en que se proponen los esquemas parte de la disposición más simple, complementándola gradualmente con los otros dispositivos que conforman el banco. Adicionalmente, se propone un cierto "sentido" de la influencia del dispositivo con respecto al componente, indicando la procedencia del estímulo actuante o, en caso contrario, la independencia de él (figs. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7).

### 3.1.4.- Descripción del equipo :

Con la finalidad de realizar una descripción organizada y detallada propondremos la siguiente estructuración del banco de pruebas :

Componentes y sistemas.

Instrumental y accesorios.

- Otros.

A continuación los analizaremos en la secuencia propuesta ( a cada dispositivo que se mencione se le asignará un código con el que se le identificará más adelante, en los esquemas descriptivos (-3.1.4-).

a).- Componentes y sistemas :

Consideraremos componente a las partes principales del banco de pruebas y como sistemas a aquellos que colaboran para su funcionamiento; así, tendremos :

Componentes : + Motor de pruebas ó ensayos.  
 + Freno dinamométrico eléctrico.  
 + Carga ó elemento consumidor de energía

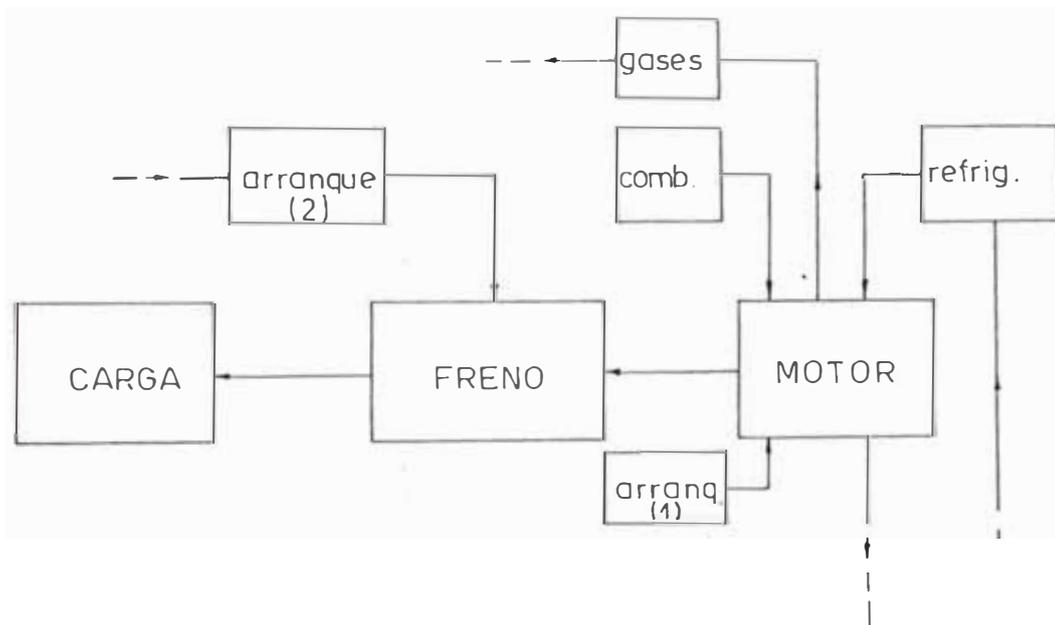
Sistemas : + Refrigeración.  
 + Arranque.  
 + Alimentación de combustible.  
 + Eliminación de gases de escape.

(ver figs. 3.3 y 3.4)

FIGURA 3.3 :  
Componentes



FIGURA 3.4 :  
Componentes y Sistemas.



+ Motor de pruebas ó ensayos (M) :

Al respecto, es conveniente recordar que el banco de pruebas es un dispositivo utilizado para ensayar diversos motores, situación que no se da en este caso, dado que desde su montaje este banco tiene instalado un único motor de combustión interna e.ch., cuyas características damos en el Apéndice 5.

Tal situación se explica por que, como mencionamos muy someramente en 3.1.1, el equipo estaba diseñado para cumplir objetivos pedagógicos y referenciales.

En este sentido, conviene aclarar que se considera como componente del equipo al motor de pruebas, en la forma conceptual no específica ni establecida, es decir,

que no podemos describir al motor por que este es un componente intercambiable, según el tipo de experiencia que se realice. Los otros componentes si son permanentes.

+ Freno dinamométrico eléctrico (F) :

El banco de pruebas se encuentra instalado con un freno dinamométrico eléctrico de campo basculante, (de un tipo similar al que se hace referencia en 2.3.7) el cual tiene las siguientes especificaciones :

Marca	:	BKB	
Capacidad	:	50/82A	30 HP a 3000 rpm.
Vel. max	:	3000 rpm.	
Tipo	:	Compound.	
Excitación:		220 VDC/2000 rpm.	
Fórmula de cálculo de potencia	:		$W.n/5000$ HP

+ Carga ó elemento consumidor de energía (C) :

Este componente consta de 15 resistencias eléctricas de 1000 watts cada una, las cuales tienen por función el disipar la energía eléctrica producida en el freno dinamométrico en forma de calor al medio ambiente; éstas funcionan a 220 VDC. (Ver Apéndice 6).

+ Sistema de refrigeración del m.c.i. (ref) :

El sistema de refrigeración por agua con que cuenta el banco de pruebas tiene las siguientes características :

Es un sistema de flujo abierto, con tanque de almacenamiento y torre de enfriamiento.

Es un sistema que se utiliza, además, para la refrigeración de otros equipos que se encuentran en la misma área como son : generador de vapor, turbina de vapor, compresor recíprocante de aire, banco de pruebas para motores de combustión interna de encendido por compresión que cuenta con freno hidráulico tipo Froude.

+ Sistema de arranque del m.c.i.(arr) :

El arranque del motor de combustión interna puede efectuarse bajo dos modalidades :

la primera, es utilizando el motor eléctrico de arranque del motor montado en el banco y que opera con un acumulador de energía (batería) de 12 VDC;

la segunda, es mediante la utilización del freno dinámico funcionando como motor al aplicarle 220 VDC en sus bornes, energía que le es suministrada por un generador VDC que se encuentra instalado junto al equipo.

Los requerimientos para el arranque con el freno dinámico se dan a 220 VDC y no se debe exceder los 30A por más de 10 segundos.

+ Sistema de alimentación de combustible (comb) :

Este sistema se encuentra conformado por un depósito de almacenamiento instalado de tal manera que pueda abastecer de combustible incluso sólo por gravedad; se cuenta también con instrumental de medición volumétrica del gasto de combustible que consta de una llave de tres vías y una bureta graduada. Es posible abastecer de combustible directamente a la bomba de cebado o al carburador.

+ Sistema de eliminación de los gases de escape :

Se encuentra conformado principalmente por el ducto de eliminación de los gases y por un supresor acústico de sonido (silenciador); cuenta además con un dispositivo flexible para montaje en el motor de ensayos.

La descarga de los gases se efectúa en sentido ascendente vertical y descarga sobre el techado del laboratorio.

b).- Instrumental y accesorios :

Considerando las pautas establecidas en 2.3 tenemos que el banco de pruebas cuenta con lo siguiente (ver figs. 3.5, 3.6 y 3.7 ) :

## + Temperatura :

- al ingreso del agua de refrigeración al m.c.i. (t1) :  
termómetro de bulbo de alcohol coloreado, tipo blindado,  
clase industrial.

Rango : -10 a 110C(+/-2C)      Marca : OPTI STABIL.

- a la salida del agua de refrigeración del m.c.i. (t2) :  
termómetro de bulbo de alcohol coloreado, tipo blindado,  
clase industrial.

Rango : -10 a 110C(+/-1C)      Marca : ROTOTHERM.

- en el carter de aceite del m.c.i. (t3) :  
termómetro bimetálico con esfera de lectura tipo reloj en  
el tablero, clase industrial.

Rango : 30 a 150C(+/-5)      Marca : ROTOTHERM.

- en el ducto de eliminación de los gases de escape(t4) :  
termómetro de bulbo de mercurio, tipo blindado, clase  
industrial.

Rango : 0 a 450C(+/-10C)      Marca : KACHEL.

## + Caudales :

- al ingreso del agua de refrigeración al m.c.i. (q1) :  
dispositivo de ducto convergente con manómetro  
diferencial de tubería en U, de agua coloreada y con  
escala graduada.

- a la salida del agua de refrigeración del m.c.i. (q2) :

medidor de aforo (Tubo de Reynolds) con la siguiente fórmula de cálculo :

$$Q = 42.5 (H) \text{ gph.}$$

Diámetro del orificio 2 3/8" Rango de 0 a 180 gph.

- al ingreso del combustible al m.c.i. (q3) :

medidor volumétrico de flujo, con llave de tres vías y bureta graduada.

Rango : 1/16, 1/8, 1/4 pintas.

+ Presión :

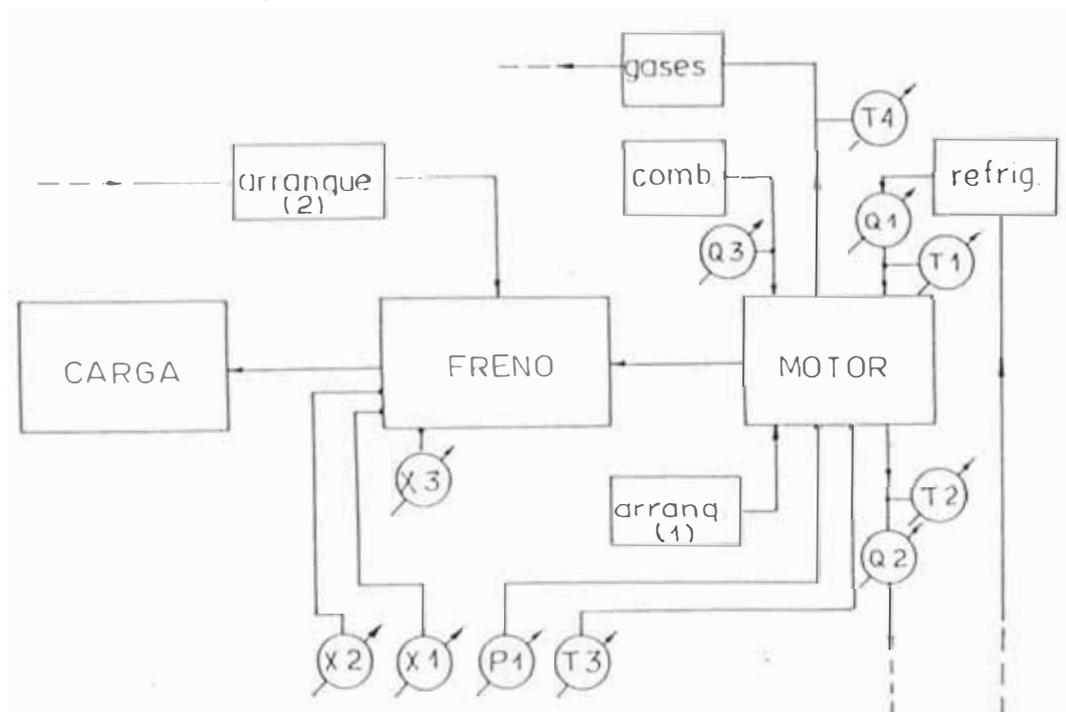
- del aceite a la salida de la bomba en el m.c.i. (p1) :

manómetro del tipo de tubo de Bourdon con esfera de lectura distancia tipo reloj en el tablero, clase industrial.

Rango : 0 a 100 psi.

Marca : ROTOTHERM.

FIGURA 3.5 :  
Componentes, sistemas e instrumentos.



+ Otros :

- en el eje del freno dinamométrico (x1) :

tacómetro del tipo de contacto directo con extensión por cable hacia el indicador de esfera tipo reloj en el tablero, clase industrial.

Rango : 0 a 4000 rpm(+/-100 rpm) Marca : ICKNIELD.

- en el eje del freno dinamométrico (x2) :

contador de revoluciones del tipo de contacto directo con extensión por cable hacia el indicador de lectura tipo digital mecánico, con botón de cero. Clase industrial.

Rango : 6 dígitos indicadores decimales Marca VEEDER-ROOT modelo KA 1338.

- en la carcasa basculante del freno dinamométrico (x3) :

balanza dinamométrica de lectura en esfera tipo reloj, accionamiento mecánico, clase industrial.

Rango : 0 a 60 lbs(+/-1 lb) Marca : SALTER SPRING BALANCE, modelo NIGOM MKII.

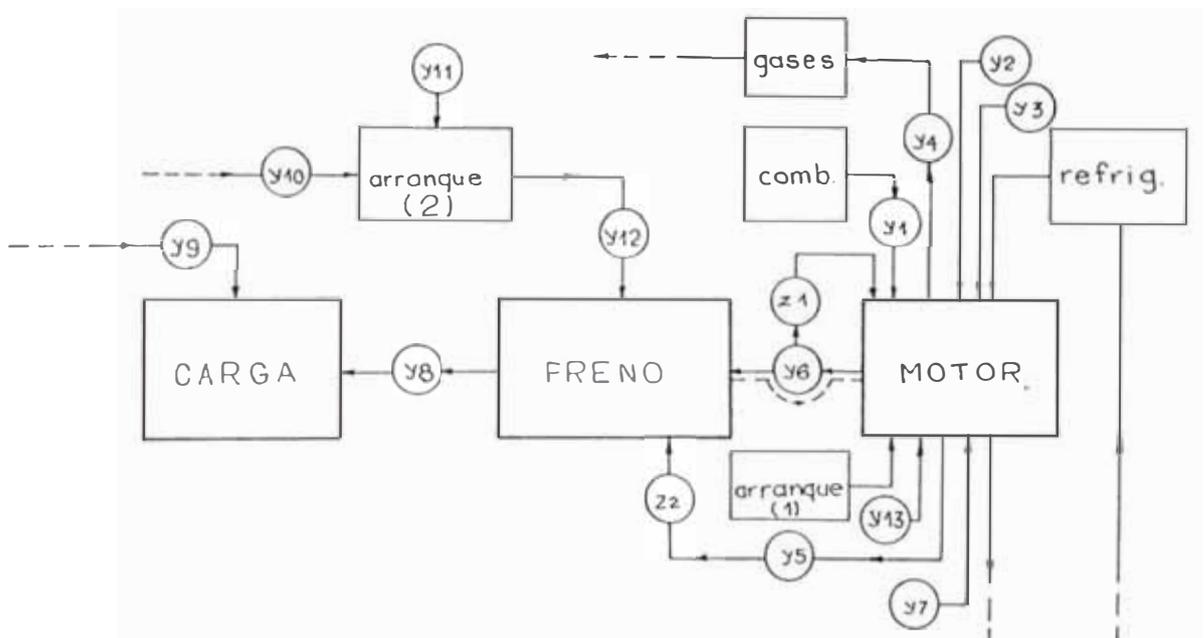
De igual manera, teniendo en cuenta las consideraciones tratadas en 2.3.8, observamos que el equipo cuenta con los siguientes accesorios :

- tanque de almacenamiento de combustible (y1) :

Instalado en la superficie superior del bastidor portante del freno dinamométrico; puede abastecer de combustible inclusive sólo por gravedad; conecta su descarga al

medidor volumétrico de flujo. Es de 8 gls USA de capacidad y posee filtro transparente de sedimentación por gravedad y válvula de compuerta para control del flujo de salida. El abastecimiento al tanque se efectúa a través de un orificio roscado, con tapa, situado en la parte superior del mismo.

FIGURA 3.6 :  
Componentes, sistemas, accesorios y otros dispositivos.



- dispositivo regulador relación aire/combustible(y2) :  
Instalado en el carburador del m.c.i.; efectúa la regulación mediante la variación del calibre del chicler de alimentación principal, con un mecanismo que se opera desde el exterior.

sistema regulación/fijación mariposa del carburador (y3) : para los **requerimientos de** las pruebas en los m.c.i.; cuenta con una escala graduada.

accesorios para el sistema de escape (y4) : conformado principalmente por las bridas de acoplamiento al múltiple de escape y los puntos de medición de parámetros de los gases de escape.

bastidor portante del motor de pruebas (y5) : este bastidor es del tipo rígido y permite su fijación a los rieles de la cimentación mediante pernos pasantes y tuercas moldeadas según el perfil del riel, permitiendo regulación en el plano horizontal y de la axialidad de los componentes. Cuenta con bases para el montaje de 4 amortiguadores de vibraciones, según las medidas del m.c.i. que se encuentra montado en él.

brida de acoplamiento motor-freno dinamométrico (y6) : el tipo de acoplamiento es directo y se efectúa mediante dos uniones con elementos flexibles y un eje con dos bridas desfasadas 90 grados, axialmente, una de la otra.

- dispositivo para medición de pérdidas mecánicas (y7) : este sistema auxiliar ejecuta su función de desconectar individualmente cada una de las bujías, mediante la puesta a tierra de la chispa proveniente del distribuidor.

sistema de variación de la carga eléctrica (y8) : mediante la desconexión gradual de la resistencia eléctrica se efectúa la variación de la energía generada en el freno dinamométrico; ofrece seis posibilidades distintas de aplicación de esta carga.

- sistema de refrigeración de la carga eléctrica (y9) : se logra mediante flujo natural de aire proveniente del mismo ambiente de laboratorio.

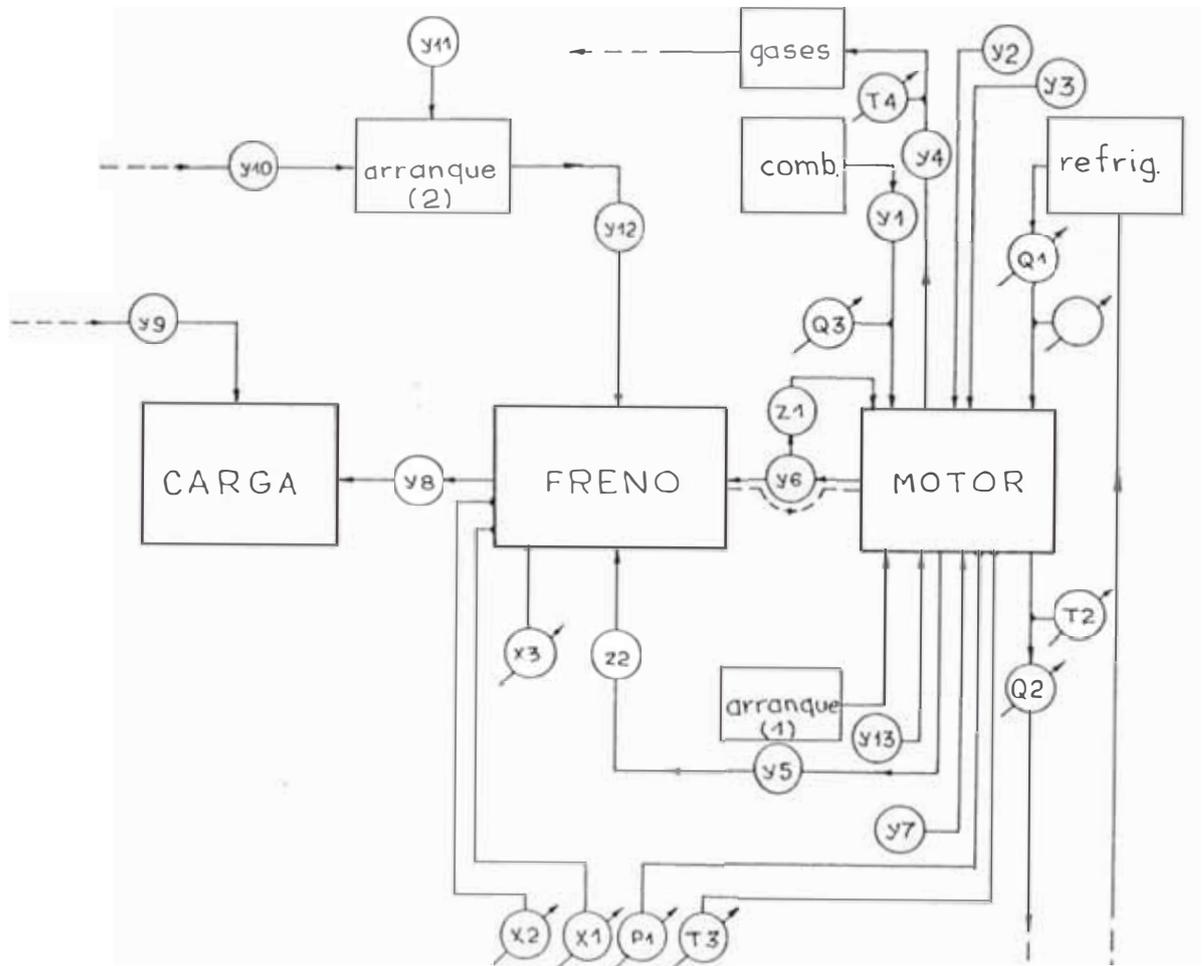
- sistema de generación VDC (y10) : consta de un motor de accionamiento 220VAC, trifásico, 47A, 1740 rpm, 20 HP, 60 Hz que dá impulso a un generador 220VDC, 45.5A, 1800 rpm, shunt de regulación a 150 ohm, 220 VDC/3000 rpm provee 30 HP. Marca BKB.

sistema de arranque (y11) : para funcionamiento del dinamómetro como motor de 10 HP a 220VDC. Marca KEMBAR FRAME H03.

control y regulación de la corriente de arranque (y12) : consta de un reóstato para el control del freno dinamométrico cuando funciona como motor. Capacidad de 0.2 a 1.5 Amp. Marca BERCO SF 1100.

- accesorios para indicador de diagrama (y13) : consta de sensor para indicador de diagrama del tipo de diafragma equilibrado.

FIGURA 3.7 :  
Componentes, sistemas, instrumentos,  
accesorios y otros dispositivos.



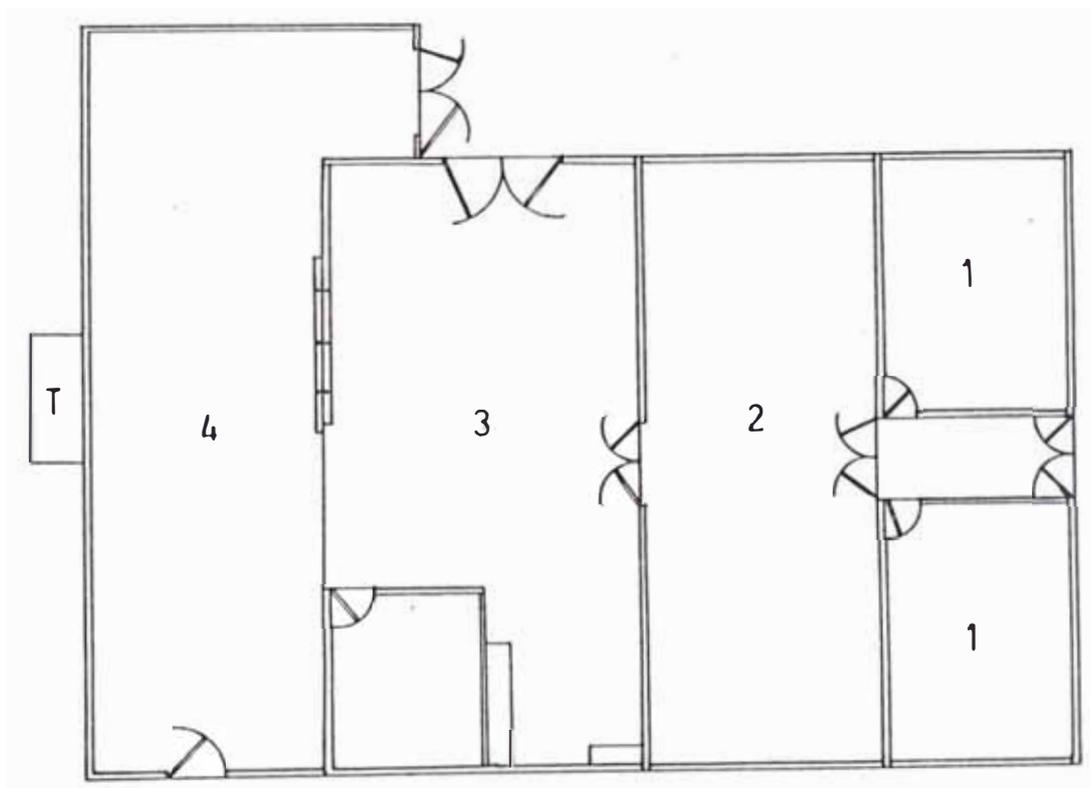
c).- Otros :

Como se hace mención en 3.1.2, el equipo en estudio se encuentra en el área que corresponde al Laboratorio de Máquinas Térmicas, como parte integrante del conjunto de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica en general; la disposición y ubicación relativa de este

laboratorio con respecto a los ambientes que conforman la UNI y con respecto a los otros laboratorios se mostraba en la fig. 3.1.

Describiendo el área donde se ubica el equipo, mencionaremos que el citado laboratorio se encuentra, a su vez, dividido en cuatro zonas (ver fig. 3.2) :

FIGURA 3.2 :  
Esquema del interior del Laboratorio de Máquinas Térmicas.



al ingreso, área de oficinas (zona 1).

continuyendo, un área de laboratorios de hidráulica y principios de mecánica (zona 2). Podemos encontrar, entre otros, equipos que estudian algunas propiedades de los líquidos y permiten estudiar métodos de medición de

caudales, efectos de capilaridad, etc.; asimismo, otros equipos nos permiten analizar la linealidad y excentricidad de ejes y barras así como el estudio del movimiento armónico (resortes) en varias modalidades.

- seguidamente, ingresando a la zona 3, tenemos un área de mayor tamaño albergando a una máquinas que se encuentran con fines de exposición y para proporcionar material de práctica en la técnica de montaje/desmontaje de las mismas. Entre ellas encontramos : un motor de aviación multicilíndrico, un motor diesel estacionario, un motor monocilíndrico diseñado por el Ing. Grieve, una caja de cambios semisincronizada de 5 velocidades para camión Chevrolet, una caja de cambios sincronizada de 4 velocidades para auto Toyota; asimismo, en esta zona se encuentra el área de casilleros y vestuarios, también el almacén de instrumental y herramientas que son utilizadas en las diversas pruebas de laboratorio.

finalmente, la zona cuatro es el área donde se encuentran los siguientes equipos : banco de pruebas para motores e.ch. con freno dinamométrico eléctrico, banco de pruebas para motores e.c. con freno hidráulico Froude, generador de vapor automático piro-tubular horizontal, turbina de vapor, compresor de aire. Estos equipos cuentan con algunos sistemas complementarios necesarios para su funcionamiento, como son : sistema de generación VDC para la alimentación del freno dinamométrico eléctrico cuando funciona como motor de arranque en las

pruebas de los motores e.ch., pequeña planta de tratamiento de agua para la alimentación del caldero generador de vapor, y otros. Para el sistema de refrigeración de estos equipos se cuenta con sistema de refrigeración de agua de flujo abierto, el cual se encuentra instalado en la parte posterior y externa del laboratorio (T en la fig. 3.2); este sistema cuenta con una torre de enfriamiento y un tanque de almacenamiento y compensación al cual se encuentran relacionados todos los equipos que se encuentran en esta zona.

En cuanto a sistemas de seguridad con que cuenta el laboratorio, en relación al sistema eléctrico, se tiene instalado el dispositivo tradicional de seguridad focalizado; es decir, se cuenta con un tablero de distribución que controla los diversos sistemas operativos en el área de laboratorio (iluminación y fuerza, monofásica y trifásica), los cuales se encuentran protegidos con interruptores termomagnéticos. Para la prevención contra incendios se cuenta con extinguidores portátiles.

El equipo de prueba de motores e.ch. cuenta con un sistema de protección contra sobrevelocidades de rotación que superen las tolerables ó nominales del freno dinamométrico ( 3000 rpm). Este sistema es un controlador de velocidad que actúa por vacío en la base del carburador. La marca es BENJAMIN WHITTAKER.

En cuanto a la cimentación del equipo, observamos que esta es del tipo monolítica de concreto, solidaria con el piso del laboratorio; cuenta con dos espaciamentos ubicados a lo largo de la base de la estructura, con dos guías metálicas para su desplazamiento en una dirección.

En cuanto al sistema de mando y operación del banco de pruebas y al método utilizado para la lectura de los instrumentos, esta se tiene que efectuar de manera directa sobre el banco y en forma manual.

### 3.2.- Evaluación de los componentes y sistemas :

#### 3.2.1.- Componentes :

Como se propone en 3.1.3 tendremos tres componentes que conforman, en conjunto, el banco de pruebas en estudio :

##### a).- Motor de ensayos :

Recordando lo establecido en 3.1.3 diremos que este componente no debería ser considerado para la evaluación (al menos en este ítem), si esta se plantea teniendo como objetivo equipo de pruebas; desde este punto de vista el motor es el elemento a ser probado, evaluado por el equipo que se encontraría conformado por el freno

dinamométrico y el elemento de carga. Sin embargo, si consideramos otro criterio, que sería tener al conjunto de los tres componentes, incluido el motor, como equipo de ensayos en el que se realizarían experiencias ó variantes de ellas, evidentemente referidas a ese único motor, tendríamos un concepto mucho más reducido sobre la composición y principalmente sobre las funciones y potencialidades de la gama de ensayo de motores.

Como se aprecia, si se opta por el concepto más amplio de banco de pruebas, no será pertinente hacer en éste item una evaluación técnica del motor; si se opta por el concepto más restringido la evaluación tendría razón de ser, evidentemente.

Aclaradas las opciones, asumiremos la primera como la referencial para nuestro estudio.

b).- Freno dinamométrico eléctrico :

en 3.1.3 se consignan las especificaciones de placa de este componente; de ellas resaltaremos las siguientes :

potencia máxima :	30 HP
velocidad máxima :	3000 rpm.

Analizándolas y teniendo en cuenta los rangos de potencia y velocidad de los motores e.ch. actuales, tenemos que, en cuanto a la potencia, estas superan las especificaciones del freno dinamométrico; lo mismo ocurre en el caso de la velocidad de rotación.

Adicionalmente a estos datos, podemos añadir que inclusive el motor que actualmente se encuentra instalado en el banco supera estas especificaciones de potencia y velocidad, razón por la cual requiere de la utilización de un limitador de velocidad (y14, figs. 3.6 y 3.7), para no sobrepasar los regímenes nominales de funcionamiento del freno dinamométrico.

En lo que se refiere a los aspectos estructurales se aprecia que es de sólida construcción y además se encuentra en condiciones operativas bastante satisfactorias.

c).- Carga ó elemento consumidor de energía :

Debido a que es un componente bastante simple (carga resistiva lineal), la evaluación se centra principalmente en el estado de su operatividad y grado de conservación que son satisfactorios como en el caso del freno dinamométrico.

Un aspecto negativo en este componente es la ubicación relativa de montaje que tiene al estar instalado dentro del ambiente del laboratorio, ya que la disipación de energía en forma de calor perjudica la estabilidad de los parámetros ambientales en el laboratorio.

### 3.2.2.- Sistemas :

#### a).- Sistema de refrigeración del m.c.i. :

Hablando en términos generales se puede afirmar que el sistema con que cuenta el equipo es eficiente si lo referimos al laboratorio en conjunto, pero en referencia exclusiva al propio banco de pruebas tenemos :

en prácticas de operación y de algunos ensayos realizados con el equipo, se ha observado que permanentemente el agua que ingresa al motor tiene, aproximadamente, entre 20 y 30C. Esta circunstancia se produce debido a que el sistema logra disipar eficientemente el calor generado en el m.c.i., logrando reducir la temperatura del agua de salida del motor (70 a 85C) hasta un nivel muy cercano a la temperatura ambiental.

el sistema de refrigeración cuenta con una torre de enfriamiento y un tanque de almacenamiento y estabilización de parámetros térmicos (condiciones de

estancamiento); estas características hacen que el volumen de agua circulante, o más precisamente, que el volumen de agua implicado en el sistema sea bastante considerable. Consecuentemente, dado el gran volumen de agua circulante, es posible que el sistema de refrigeración proporcione mejores condiciones de disipación de calor al m.c.i., ya que las actuales no son las mejores ni las más recomendables, pero esto se daría en tiempos de operación muy prolongada y, por tanto, en tiempos inadecuados para un uso normal y racional del equipo.

En cuanto al estado de conservación de los dispositivos (bomba, válvulas, intercambiador de calor, tuberías, etc.) que conforman este sistema, se puede apreciar que se encuentran en buenas condiciones.

b).- sistema de arranque del m.c.i. :

Como se ha mencionado, el arranque del m.c.i. se puede efectuar bajo dos modalidades.

La primera, que se efectúa mediante el accionamiento del arrancador de equipamiento del motor, al ser un sistema de relativa simpleza (batería y pulsador de control) y de relativo poco uso, se encuentra en buen estado de conservación y de operatividad.

La segunda modalidad es más compleja y requiere del concurso del sistema de generación DC para que pueda operar. En cuanto al freno dinamométrico que en este caso opera como motor de arranque, ya ha sido considerado en la evaluación; el otro elemento es el reóstato de arranque que es accionado manualmente y es el elemento al que se le somete a mayores requerimientos, ya que al ser del tipo de pista de deslizamiento en seco, la presencia de chispas durante su accionamiento a causado cierto desgaste en la pista (este es uno de los factores que condiciona el tiempo de funcionamiento del freno dinamométrico al actuar como motor de arranque). El sistema de generación DC (motor VAC que acciona al generador VDC y el correspondiente sistema de excitación), se encuentran en buen estado.

c).- Sistema de alimentación de combustible al m.c.i. :

Este sistema es bastante simple; asimismo, el tipo de funciones que cumple no lo ha desgastado mayormente y su estado es óptimo.

d).- Sistema de eliminación de los gases de escape :

Si bien este sistema cumple medianamente la supresión de los ruidos de escape, en cambio no podemos tener una aproximación al dimensionamiento de la contrapresión

existente, de la cual no se puede tener referencia alguna; este factor puede encontrarse por encima de un nivel recomendable debido a la forma de descarga en sentido vertical que tiene este sistema. Cabe añadir en esta evaluación el hecho de que el tubo de escape y el supresor de ruidos son los elementos que mas rápidamente se deterioran en este caso, el equipo conserva aquellos montados originalmente; este factor perturba el normal funcionamiento del m.c.i. que lo utiliza.

### 3.3. Calibración del instrumental y evaluación de accesorios :

#### 3.3.1.- Evaluación de los instrumentos :

Considerando el esquema descriptivo de los componentes, sistemas e instrumentos planteados en la fig.3.5, y a partir del ítem 3.1.3(b), tenemos que los instrumentos sujetos a calibración son aquellos que miden estos parámetros :

- t1 temperatura del agua de ingreso al m.c.i.
- t2 temperatura del agua de salida del m.c.i.
- t3 temperatura del aceite en el cárter.
- t4 - temperatura de salida de los gases de escape.
- p1 - presión del aceite a la salida de la bomba.
- q1 caudal de ingreso de agua al m.c.i..

q2 caudal de salida del agua del m.c.i.

q3 volumen de ingreso de combustible al m.c.i.

x1 rpm del m.c.i.

- numero de vueltas del eje del freno dinamométrico.

x3 - torque de la potencia disipada por el dinamómetro.

A efectos de considerar los resultados de la calibración y los porcentajes de error encontrados durante las pruebas del instrumental, en el estudio tendremos en cuenta dos aspectos :

todo el equipo data del año 1960.

- los resultados de estas pruebas no son definitivas.

Con lo primero se quiere decir que si bien es cierto que por el tiempo que tiene el equipo podría considerarse obsoleto, esto no significa que no pueda aprovecharse una parte importante del mismo para proyectarlo como base o componente de un equipo moderno, evidentemente contando con el respaldo de una necesaria evaluación y propuesta técnica.

Lo segundo es complementario a lo que se acaba de mencionar y toma en cuenta que del conjunto global del equipo es el instrumental la parte más delicada del mismo, y que si los resultados arrojasen una todavía

eficiente respuesta y sensibilidad de los instrumentos, ello no nos asegura una continuidad en su comportamiento eficiencia. Al respecto, debemos decir que siendo los instrumentos instalados en el año 1960, debemos tener muy en cuenta el tiempo de vida útil de los mismos, que en muchos casos se habrá cumplido.

Las razones expuestas nos conducen a considerar, a priori, que todo el instrumental debe ser renovado; lógicamente, el que lo sustituya debe ser proyectado en función de objetivos y necesidades actuales y futuras.

### 3.3.2.- Accesorios :

En cuanto a los accesorios podemos hacer las siguientes observaciones :

El tanque de combustible, al estar instalado sobre el bastidor portante del dinamómetro, representa un peligro durante la operación del equipo, ya que un pequeño descuido durante el llenado de combustible puede ocasionar un goteo sobre el dinamómetro eléctrico, el cual durante su funcionamiento normal produce chispas en su colector de anillos rozantes.

El sistema de regulación de la relación aire/combustible carece de un dispositivo que dé

referencia sobre las diferentes variaciones que se realicen en la aguja del chicler.

El sistema de regulación/fijación de la mariposa del carburador tiene una operación dificultosa, ya que requiere de la ejecución simultánea de dos movimientos : de ajuste y de traslación.

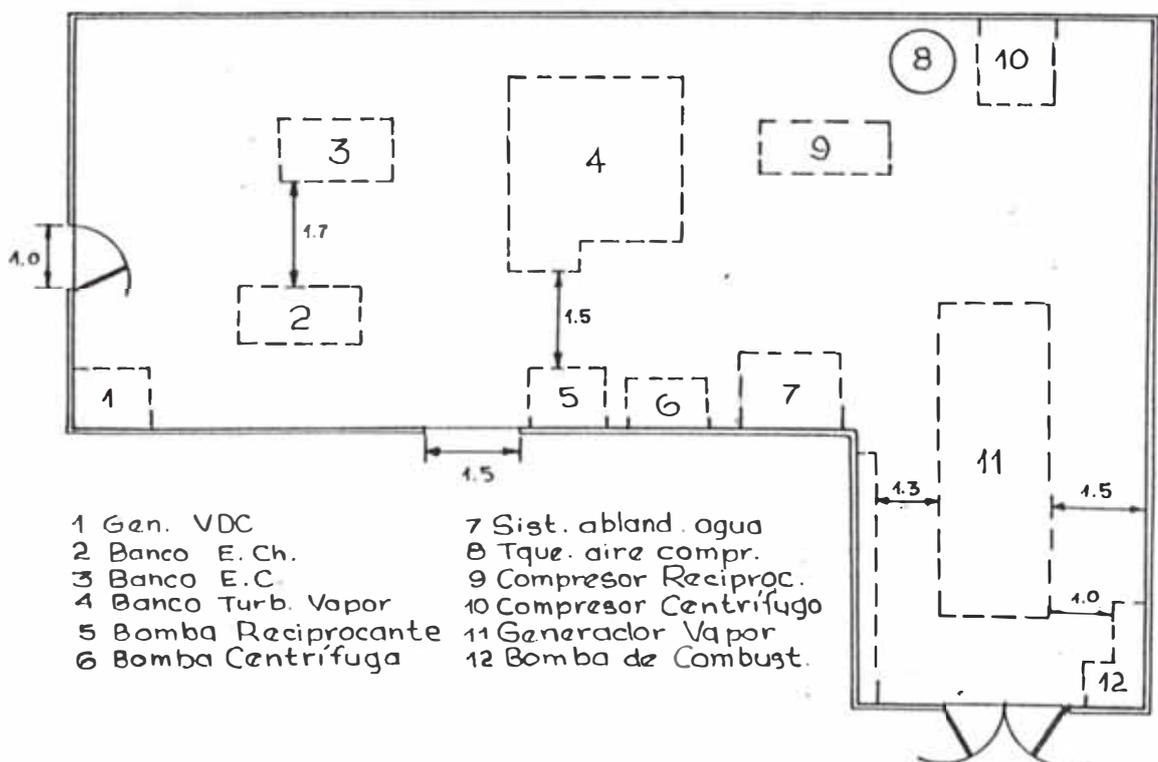
El sistema de evacuación de los gases de escape no permite hacer variaciones en su estructura para poder ir modificando la contrapresión del sistema y así poder ampliar la gama de experimentación en este rubro.

#### 3.4.- Evaluación de otros factores :

Al iniciar este capítulo mencionábamos que los ambientes que albergan el banco de pruebas constituyen un conjunto de laboratorios cuya ubicación relativa se esquematiza en la fig.3.1. Como se aprecia, en la distribución relativa se encuentran separadas convenientemente las zonas que corresponden a las aulas de clases con las de laboratorios; también se puede apreciar una vía independiente de acceso para vehículos, hasta la zona posterior de los laboratorios, facilitando las labores de traslado de equipos y otros.

Para analizar la distribución de los equipos dentro del laboratorio observemos la fig.3.8, donde se esquematiza la ubicación relativa de las cimentaciones de los equipos que se encuentran en el ambiente. Centrando nuestra atención en el banco de prueba de motores de encendido por chispa (número 2 de la fig.3.8) notamos : la vía de acceso más amplia es de 1.5 mts.(la más ancha, de 2 mts. de acceso hacia el caldero y se encuentra obstruida por él) y se orienta hacia la zona donde se ubican otras máquinas (zona 3, fig.3.2); la puerta más cercana que permite acceso al exterior es la de 1 mt. Las distancias entre equipos cercanos al banco No 2 permiten operarlo sin mayores dificultades u obstrucciones.

FIGURA 3.8 :  
Ubicación relativa de los equipos dentro del ambiente del laboratorio.



En cuanto a la circulación del aire ambiental, el laboratorio cuenta con ventanas rebatibles en las zonas superiores de las paredes de la estructura las que permiten cierta circulación de aire; sin embargo, se ha observado que en épocas calurosas y teniendo en funcionamiento el equipo, la temperatura ambiente se incrementa notoriamente, esto sin contar con la eventualidad de que simultáneamente se esté operando otro equipo que se encuentre en la zona.

El sistema eléctrico del laboratorio cuenta con protección termomagnética; se cuenta con extinguidores portátiles contra incendios.

En cuanto a la cimentación, al ser del tipo monolítica, condiciona a que se consideren amortiguadores de vibraciones montados entre el bastidor y el m.c.i. que se opere.

Finalmente, debido a las características de equipo no automatizado, la operación y control del equipo requiere de una atención más permanente y cuidadosa, así como una diversidad de operaciones simultáneas, complicando innecesariamente su utilización.

### 3.5.- Resultados Generales :

En los componentes se aprecia, en general, un buen estado de conservación y de operatividad; anotamos que las características nominales de éstos condicionan las posibilidades de ensayar una gama más amplia de motores.

Considerando los sistemas, observamos que al igual que los componentes se encuentran en buenas condiciones; todos los sistemas, exceptuando al de refrigeración, funcionan independientemente para el banco de pruebas en estudio; el sistema de refrigeración evacúa con eficiencia el calor generado en el proceso de combustión en el motor. lo cual siendo un factor termodinámicamente positivo, no es precisamente el más adecuado para refrigerar un m.c.i. debido a la baja temperatura del agua que ingresa al motor y al escaso margen de maniobra para la regulación del flujo de agua de refrigeración.

En cuanto al instrumental, las pruebas realizadas nos indican que existen algunos que se encuentran dentro de las tolerancias admisibles, pero debido principalmente al tiempo de operación que tienen se sugiere la conveniencia de renovarlos completamente; asimismo, conviene tomar en cuenta que, los de temperatura y presión principalmente, al ser del tipo de servicio industrial, adolecen de inconvenientes en cuanto a sensibilidad cuando se trata

de equipos de investigación. Con los accesorios, en general no existen mayores inconvenientes, salvo algunas observaciones.

En lo que respecta a lo que hemos denominado "otros factores" apreciamos lo adecuado de la ubicación del laboratorio con respecto a los otros ambientes. Se aprecia cierto grado de dificultad para movilizar los equipos dentro del ambiente, especialmente si se pretende una vía de acceso directa hacia fuera de él. La circulación del aire no es suficiente como para que constituya un sistema de ventilación apropiado para el laboratorio, principalmente en estaciones calurosas. La protección del sistema eléctrico es del tipo convencional, no del todo focalizada. El tipo de cimentación condiciona la clase de bastidor y por consiguiente el método de montaje de los motores en el bastidor portante, requiriéndose de amortiguadores de vibraciones. La operación y maniobra del equipo resulta complicada y laboriosa, debido a su carencia del concepto de automatización.

CAPITULO 4 :  
REDISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1.- Consideraciones Generales :

4.1.1.- Sobre el uso del banco de pruebas en la actualidad :

a) Actividad Académica :

El principal uso al que se destina el banco de ensayos está en referencia al dictado del curso <sup>ya no se dicta</sup> Máquinas Térmicas I (EM-123), que se dicta normalmente en la UNI. Este curso considera una cantidad de horas de prácticas de laboratorio, las cuales incluyen :

- reconocimiento físico de las partes componentes de un motor (despiece y armado); estas prácticas se realizan en unidades que no prestan servicio y que se encuentran para tal efecto.

ejecución de algunos ensayos en el banco de pruebas, los que comprenden:

i) medición de pérdidas mecánicas en el motor FORD 105E.

- ii) determinación de algunas curvas características parciales de velocidad.
- iii) balance energético.
- iv) determinación del consumo horario de combustible
- v) algunas características de velocidad.

Asimismo, para otros cursos del Area de Máquinas Térmicas, el banco de ensayo de motores sirve como modelo referencial y para cierto tipo de ensayos como en el caso de los cursos de Post-Grado.

#### b) Otras Actividades :

El banco de ensayos a la fecha viene prestando servicios en tareas de investigación y experimentación referidas a gasolinas especiales (Convenio PETROPERU) y al estudio de las mezclas alcohol-gasolina. Estas actividades están centradas principalmente a la ejecución de las denominadas pruebas tipo (ref: 2.1.3).

#### 4.1.2.- Limitaciones en el uso del banco de pruebas :

Una de las limitaciones más saltantes es la restricción en la gama de motores factibles de ensayar en el banco, que se deriva de las características nominales de los componentes del mismo.

En cuanto a los sistemas, particularmente el de refrigeración no permite una adecuada maniobrabilidad del caudal de fluido refrigerante, lo cual repercute en un inapropiado control sobre los parámetros relacionados con este sistema, así como impide la ejecución de ensayos con aproximación a los modelos reales automotrices.

El instrumental del que dispone el banco de pruebas impide que se realicen en él ensayos con bajos porcentajes de error, debido a su clase (industrial) y al tiempo de servicio que posee. Los accesorios, al encontrarse en función del servicio actual que presta el banco, tiene las limitaciones ya mencionadas, relativa a las características nominales de los componentes.

La inexistencia de aislamiento acústico del conjunto del equipo impide realizar ensayos de tiempo prolongado, principalmente, y obliga al uso de equipo adicional de protección contra ruidos por parte del personal que labora en el área, dificultando su acción. El inapropiado sistema de ventilación hace que los parámetros ambientales se vean bruscamente alterados cuando, por efectos de la elevación de la temperatura dentro del ambiente se recurre, por ejemplo, a la apertura de la puerta lateral, que comunica el ambiente con el exterior. El tipo y el diseño de la cimentación, también en concordancia con el uso actual, limita la

variedad de ensayos que se pueda efectuar.

#### 4.1.3.- Objetivos del rediseño del banco de pruebas :

Los objetivos del rediseño podríamos plantearlos en dos niveles : pedagógicos y de investigación.

##### a) Pedagógicos :

Dado que el dictado del curso de Máquinas Térmicas I por necesario espíritu de actualización permanente requiere de un equipo de ensayo de motores moderno y práctico, acorde con los avances de la época, la modernización parcial o total del mismo se hace imprescindible. Esta actualización del equipo debe contemplar, en primer lugar, la superación de las limitaciones en cuanto a la variedad de ensayos, así como en la que se refiere a la calidad de resultados; en segundo lugar conviene tomar en cuenta que estén presentes los factores externos que colaboren la ejecución correcta de los ensayos. La consideración de estos requisitos patentizará, con mayor aproximación, la integralidad que requiere la labor de ensayo de motores.

##### b) De Investigación :

La actividad académica tiene perspectiva si considera la conjugación dinámica de las labores pedagógicas y las de investigación permanente; en éste sentido, la modernización del equipo resulta imprescindible y para la cual se considere lo ya planteado para los fines pedagógicos. Asimismo, conviene llamar la atención sobre la importancia de considerar la tendencia hacia la necesaria automatización del equipo, no solo por lograr la excelencia en los resultados sino también por abrir nuevas perspectivas a la generación de desarrollo tecnológico en otros campos.

Es pertinente añadir, a estas alturas de desarrollo del estudio, que es necesario definir a que tipo o en que términos entendemos lo que se ha llamado la "actualización" del banco de pruebas. Conviene recordar que el objetivo principal que se pretende alcanzar con esta Tesis es proponer la factibilidad de la modernización del banco de pruebas utilizando los componentes, instrumental y accesorios que, convenientemente evaluados, puedan seguir prestando servicios y además, rediseñando, modificando, instalando, los componentes, instrumentos y accesorios que fueran necesarios de incorporar al "nuevo" conjunto de equipo de pruebas; así, al mínimo costo y a la brevedad, sería posible que la UNI cuente con un equipo moderno y eficiente.

De esta manera, la actualización del banco, en adelante se entenderá como lo que se llamó en algún momento "modernización parcial".

Entendidos y aclarados los objetivos, pasamos a proponer las modificaciones y/o inclusiones necesarias de incorporar al equipo.

#### 4.1.4.- Criterios preliminares para el rediseño :

A efectos de continuar con la secuencia lógica del estudio es conveniente señalar la adopción de ciertos criterios que regirán el desarrollo del rediseño.

El fundamento de estos criterios se basa, por un lado, en los resultados de la evaluación que se ha hecho al equipo (referencia: 3.2) y, por otro lado, del objetivo central de esta Tesis, el cual en concreto busca el aprovechamiento máximo del material disponible y que cumpla con los requisitos que la actualización requiera, adicionando lo mínimo necesario.

En consecuencia, uno de los criterios que se seguirá será el de tomar al elemento en cuestión o en estudio como válido para ser considerado en el rediseño, siempre y cuando la evaluación sea favorable; seguidamente se hará la relación de factores de modificación a tomar en

cuenta ó incluir (sistema, equipo auxiliar, etc.) y finalmente se hará el proceso de diseño y cálculos a que hubiere lugar si es que se trata de una incorporación.

Otro criterio adoptado es el de que, en algunos casos, al no necesitarse incorporación o inclusión alguna, se hará una enumeración de recomendaciones o precauciones que se deben tener en cuenta en la utilización del nuevo equipo y con respecto al elemento en cuestión.

Finalmente, cuando la evaluación determine la pertinencia del reemplazo del elemento en estudio, se hará la enumeración de los objetivos que se quiere lograr con la sustitución y se ejecutará el proceso de diseño correspondiente al elemento que reemplazará al no considerado para seguir formando parte del equipo.

#### 4.2.- Componentes y sistemas adicionales :

##### 4.2.1.- Componentes :

Utilizando la clasificación propuesta en 3.1.3 recordamos que tendremos como componentes del banco : motor de pruebas o ensayos, freno dinamométrico eléctrico y la carga o elemento consumidor de energía.

Para facilitar el desarrollo del estudio y por ser el componente cuyas características condicionan a los otros y al conjunto del equipo, centraremos primero nuestra atención en el freno dinamométrico eléctrico.

a) Freno dinamométrico eléctrico :

Recordando lo desarrollado en 3.2.1(b), concentraremos nuestra atención en el dato de las características nominales del freno los que, como se mencionaba, en la potencia y velocidad eran excedidos por los rangos de potencia y velocidad de los motores e.ch actuales; salvo esta circunstancia, el freno dinamométrico puede ser considerado para mantenerse como componente del equipo. En consecuencia, el análisis que desarrollemos se hará con la finalidad de aclarar si este condicionamiento es superable.

En primer lugar consideraremos lo relativo a la potencia y posteriormente lo relativo a la velocidad de giro.

Para el análisis de la potencia tendremos en cuenta los siguientes aspectos :

El funcionamiento del freno dinamométrico a la característica nominal de potencia está garantizado para una cantidad indefinida de horas (por condiciones de diseño de las Máquinas Eléctricas).

El funcionamiento del freno dinamométrico a la característica nominal de potencia es una circunstancia que no se produce frecuentemente en la ejecución de los diversos ensayos (salvo en el caso de que se trate de un motor de potencia similar a la del freno dinamométrico y en el que se esté desarrollando ensayos en el régimen de potencia máxima; este caso, como se deduce, no es común).

La mayoría de los ensayos, por lo general, se realizan a regímenes con porcentajes de carga menores al régimen de potencia máxima; este régimen, al darse, se realiza en períodos cortos de funcionamiento.

- Es posible el funcionamiento del freno dinamométrico a porcentajes de carga mayores al nominal por períodos determinados de tiempo, los que en su mayoría superan las dos o tres horas de funcionamiento (también por consideración de diseño y construcción). En muchos casos estos porcentajes de carga pueden llegar al 50%.

Como se puede apreciar, a partir de la conjunción de estos cuatro aspectos podemos inferir lo siguiente :

- Que el freno dinamométrico ha venido y viene siendo sub-utilizado, es decir, ha tenido un funcionamiento con porcentajes de carga menores al nominal.

- Que la mayoría de ensayos no requiere su uso a condiciones nominales o máximas.

Que es posible utilizarlo con cierto porcentaje de sobrecarga durante períodos cortos de funcionamiento.

De estas apreciaciones, principalmente la última será la que nos permita considerar a este freno dinamométrico como un componente del equipo en rediseño, observando ciertas precauciones.

Textos que tratan el tema de los frenos dinamométricos [22{pps:59,60,61}, 42], consideran como regla general para el diseño y construcción de ésta máquina, un factor de seguridad ( $f_s$ ) de 1.8 a 2.0; asimismo, toman un factor de servicio ( $f_{ser}$ ) con respecto a la característica nominal de 0.4 a 0.6; así, como se deduce de estos datos, al tener un alto  $f_s$  y un relativo bajo  $f_{ser}$ , esta máquina resulta robusta y puede trabajar sobrecargada; en este caso el límite lo establece la capacidad de disipación de temperatura que pueda tener la máquina funcionando en estas condiciones.

El límite de sobrecarga establecido para estos casos fluctúa entre 1.4 a 1.6 de la Potencia nominal ( $P_{nom}$ )

para un periodo de 2 a 3 horas; cautamente, podemos considerar los límites inferiores para tener adecuados márgenes de operación y no sacrificar el fs.

En conclusión, conjugando estos factores, podemos adoptar un factor de sobrecarga (fsc) de 1.5 para un periodo de 0.5 horas, con lo cual la potencia que el freno dinamométrico podría absorber es de :

$$F_{nom} = 1.5 F_{nom}$$

$$F_{nom} = 45 \text{ HP}$$

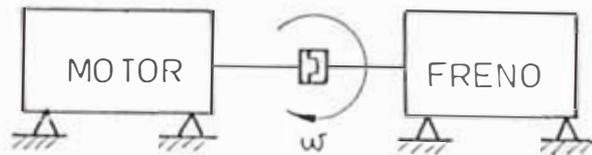
para un periodo máximo de funcionamiento de 0.5 horas.

Con respecto a la velocidad de giro del eje rotor del freno dinamométrico observamos que la velocidad nominal es de 3600 rpm.

Ahora bien, los motores modernos e.ch. alcanzan las 6000 a 7000 rpm como velocidades máximas de rotación de cigüeñal; por otra parte, si tomamos en cuenta el dato de la potencia que el freno dinamométrico es capaz de absorber (en condiciones de sobrecarga tendríamos que el equipo puede ser utilizado para ensayar motores de hasta 45 HP.

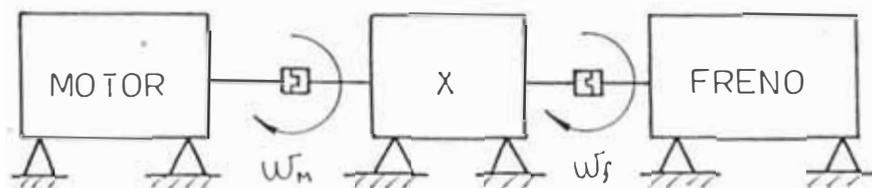
Como observamos, ampliado el rango de la potencia, queda aún el problema de la velocidad de giro del eje, conservando la estructura actual. Ver la figura 4.1.

FIGURA 4.1 :  
Esquema motor-generador.



La estructura que se observa en la figura 4.1 considera que  $\omega = \omega_m = \omega_g$  pero, tenemos que en los motores actuales  $\omega_m(\text{nom})$  mayor que  $\omega_g(\text{nom})$ . Planteado así el problema la respuesta es obvia: se necesita un dispositivo intermedio que teniendo como entrada  $\omega_m$  proporcione como salida  $\omega_g$  menor de 3600 rpm. La conformación quedaría tal como se muestra en la figura 4.2.

FIGURA 4.2 :  
Esquema motor-reductor-generador.



El dispositivo X es el denominado reductor de velocidad cuya relación de transmisión máxima sería :

$$n = 7500/3600$$

$$n = 2.083$$

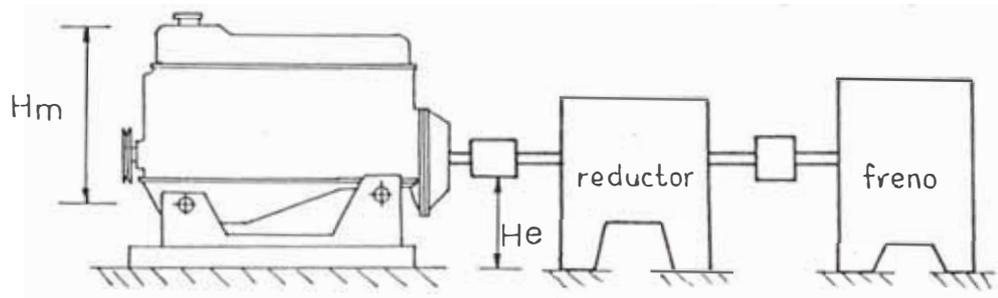
Este dispositivo debe cumplir con ciertos requisitos :

Puede ser de relación de transmisión fija ó variable pero en ninguno de los dos casos debe absorber una potencia superior al 10% de la potencia nominal del motor a ensayar.

Para los ensayos se debe contar con nomograma corrector de potencia absorbida por el reductor durante su funcionamiento, el cual debe considerar la influencia de la velocidad de rotación, temperatura y si fuera el caso, tome en cuenta las variaciones de estos parámetros cuando se modifique la relación de transmisión.

Para el montaje, considerar la unión ó acoplamiento reductor-generador en una sola posición fija; a su vez, la unión motor-reductor debe considerar, para la cimentación que corresponde al motor, las diferentes posibilidades de diferencia de alturas de los motores, de manera que con el bastidor y los accesorios adecuados, se pueda nivelar convenientemente al motor de ensayos con el bloque de freno dinamométrico. Un esquema de esta recomendación se muestra en la figura 4.3 donde se observa que se trata de compensar la variación que se puede producir en Hm debido a los diferentes tipos y modelos de motores.

FIGURA 4.3 :  
Ejemplo de montaje m.c.i.--reductor--freno.



b) Motor de pruebas ó ensayos :

Teniendo en cuenta el criterio establecido en 3.2.1(a), recordamos la opción asumida en cuanto a considerar al motor como un componente que será sujeto de evaluación en el banco de pruebas y por lo tanto optamos por el concepto mas amplio sobre las finalidades del equipo de ensayos.

Este concepto establece que el motor para ensayos será considerado como componente del equipo en tanto se encuentre instalado en él; esto significa que se considera genéricamente al motor de ensayos como componente del banco y en consecuencia este debe guardar concordancia con el conjunto del equipo de tal manera que las pruebas o ensayos que se realizan en él puedan efectuarse sin que se sobrepasen los límites establecidos por las características nominales del banco, particularmente en lo que se refiere la potencia y a la velocidad de rotación.

En el ítem anterior se ha desarrollado lo relativo a la ampliación de los rangos de potencia y velocidad de rotación, referidos al freno dinamométrico por que, como se observa, es el componente que condiciona coyunturalmente estas características, además de ser de relativo alto costo.

Teniendo en cuenta este aspecto, el motor de ensayos tendrá que circunscribirse a las características establecidas para el freno dinamométrico, particularmente en lo que concierne a la potencia, ya que la velocidad de rotación al tener un reductor de velocidad acoplado al eje del freno considera los rangos más amplios de velocidad de los motores modernos.

Por otra parte, otro de los elementos que influyen en el rediseño del equipo es lo relativo a las medidas geométricas exteriores del motor de ensayos; este aspecto ha sido considerado de alguna manera cuando se daban las recomendaciones para el montaje del conjunto reductor-freno dinamométrico. Estas recomendaciones incidían en la posible variación de la altura  $H_m$  de los motores de ensayo, teniendo en cuenta que la otra altura  $H_e$  permanecerá inalterable (ver figura 4.3).

En conclusión, los motores que se quieran ensayar en este banco se circunscribirán a las especificaciones :

$$P_{\max} = 45 \text{ HP}$$

$$N_{\max} = 7500 \text{ rpm}$$

c) Elemento consumidor de energía :

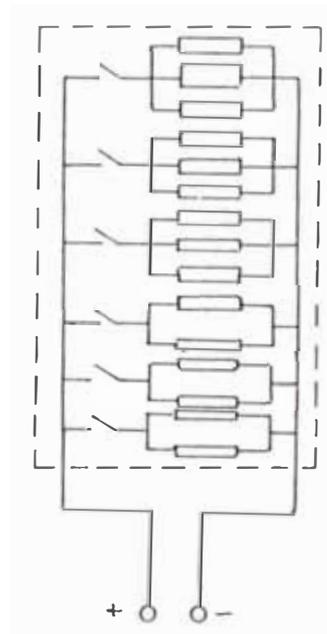
De acuerdo a lo descrito en 3.1.3 y evaluado en 3.2.1 tenemos los siguientes aspectos a considerar para el rediseño de este componente :

Los elementos consumidores de energía son resistencias eléctricas simples (15x1000 w) que, en conjunto absorben la potencia nominal que se encuentra establecida actualmente para el banco de pruebas (30 HP, aproximadamente)

- El banco de resistencias se encuentra instalado dentro del ambiente de laboratorio.

Observando el esquema de instalaciones eléctricas del equipo (Apéndice 6) notamos que la variación de carga eléctrica se efectúa a través de seis conmutadores simples (No 9 en el diagrama) Las resistencias se encuentran conectadas en paralelo en tres grupos de tres unidades cada uno y tres grupos de dos unidades cada uno; asimismo, la barra colectora (No 15 en el diagrama) une los bornes negativos de estos elementos. Ver esquema de la figura 4.4.

FIGURA 4.4 :  
Esquema de conexiones del banco de resistencias.

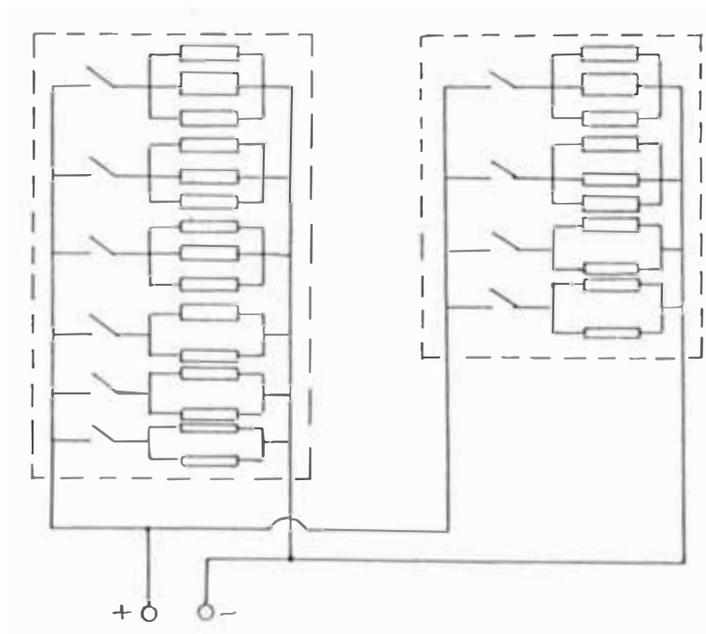


Para efectos del rediseño lo que necesitamos es ampliar la capacidad de absorción de carga del conjunto y, considerando los aspectos mencionados, se plantea :

- La ampliación de la capacidad de absorción de carga, lo cual se logra añadiendo, en paralelo, otro conjunto de resistencias al que ya contamos. Recordando el ítem 4.2.1 (a) tenemos que la potencia del freno dinamométrico se ha ampliado en 50%; en concordancia con ello se puede adicionar un banco de 10 resistencias eléctricas de 1000 watts cada una, las que estarían agrupadas en dos conjuntos de tres resistencias y dos conjuntos de dos resistencias, **necesitándose además cuatro interruptores para** la maniobra de este banco adicional. El esquema de conexiones se muestra en la figura 4.5, representándose las conexiones existentes en la figura 4.4.

El otro planteamiento importante es en cuanto a la ubicación relativa del banco de resistencias que actualmente se encuentra en el interior del ambiente de laboratorio.

FIGURA 4.5 :  
Esquema del banco con ampliación de carga.



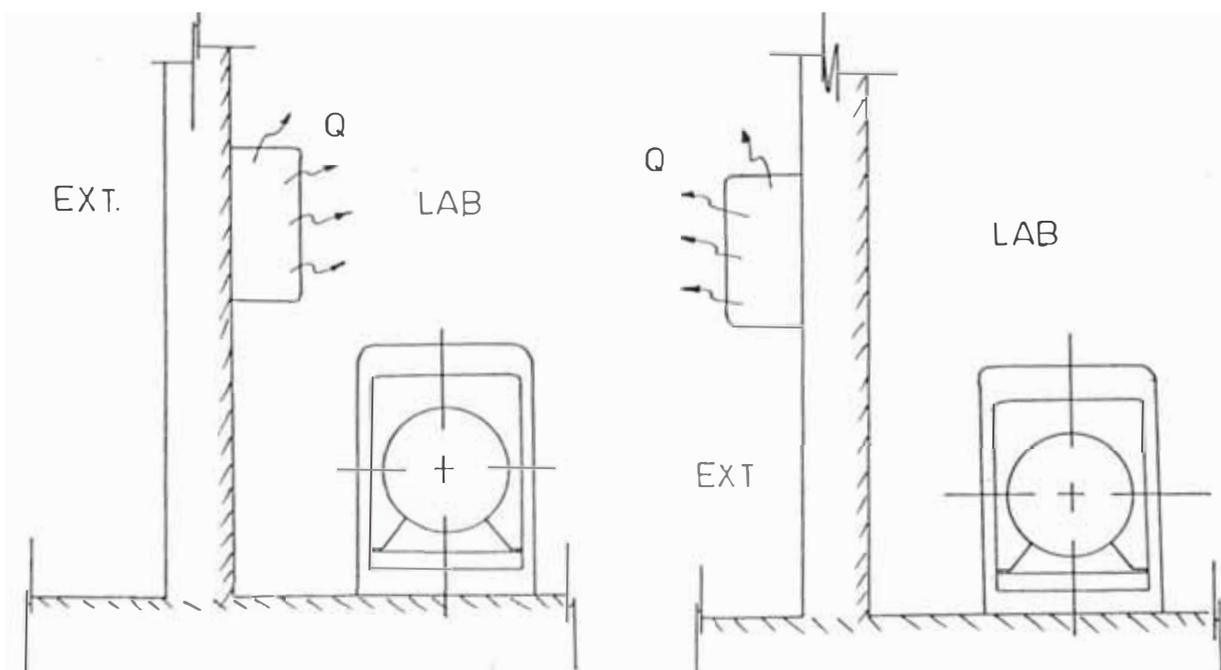
En 3.1.3 se especificaba la ubicación relativa del banco de resistencias con respecto al equipo de ensayos y, de acuerdo a la evaluación de 3.2.1, como la transferencia de calor que se opera a través de estas resistencias perjudica el estancamiento de los parámetros térmicos ambientales del laboratorio, se sugiere la conveniencia de trasladar el banco de resistencias a un lugar que no se relacione ambientalmente con el laboratorio; este lugar puede ser el exterior del recinto.

Un esquema de estas propuestas se muestra en las

figuras 4.6 y 4.7 donde también se hace una comparación de la instalación actual y de la propuesta para el rediseño.

FIGURA 4.6 :  
Instal. actual sist. comb.

FIGURA 4.7 :  
Instal. propuesta sist. comb.



#### 4.2.2.- Sistemas :

##### a) Sistema de refrigeración:

[6,7,8,19,21,22,40]

De la evaluación desarrollada en 3.2.2 podemos resaltar :

El sistema es térmicamente eficiente pero no es el mas adecuado para el banco de pruebas de motores.

- El sistema implica un gran volumen de agua circulante lo cual le resta maniobrabilidad en su operación.

Dadas estas condiciones podemos inferir que el sistema de refrigeración actual debe ser reemplazado por otro cuyas especificaciones estén acorde al tipo de servicio que presta el banco de pruebas.

(i) Requisitos para el diseño del sistema de refrigeración :

El esquema básico debe semejarse, lo más posible, a los del tipo vehicular ( circuito cerrado y presurizado).

Debe posibilitarse la modificación (variación) del volumen de agua circulante en el sistema; asimismo, dada esta variante, debe contar con puntos de estancamiento o estabilización de los parámetros térmicos o manométricos.

Para evitar el efecto de posibles elevaciones bruscas de la temperatura el sistema debe contar con equipo adicional de disipación de calor en plazos cortos de tiempo.

Para el caso de motores refrigerados con aire se debe contar, adicionalmente, con un sistema soplador colector expulsor de aire a efectos de controlar eficientemente los parámetros térmicos exteriores del m.c.i. en pruebas.

Finalmente, se debe contemplar la instalación adecuada del instrumental de caudal, temperatura y presión, así como que el criterio de diseño debe permitir la versatilidad apropiada que permita establecer variantes, modificaciones, acoples, que posteriormente permita ampliar la gama de ensayos a ejecutar en el banco y en el sistema de refrigeración, actuando este como un banco independiente de ensayos en este caso para intercambiadores de calor (radiadores) del tipo vehicular.

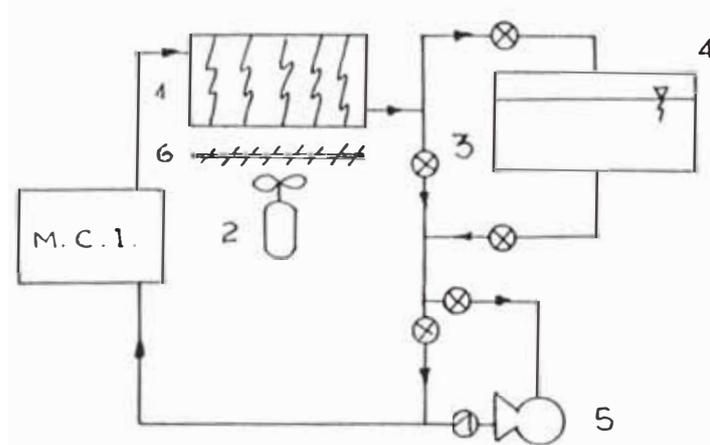
(ii) Esquemas básicos del sistema de refrigeración :

Para posibilitar el cumplimiento adecuado de los requisitos planteados en el diseño del sistema de refrigeración para el banco de pruebas, proponemos dos esquemas básicos con los que, alternativamente, podría operar el equipo.

El primer esquema (ver figura 4.8), considera el ensayo del motor utilizando el sistema de refrigeración standard del equipo de ensayo de motores. Este sistema cuenta con : panel de refrigeración (1) que funciona mediante circulación forzada de aire proporcionado por el ventilador (2), banco de válvulas de paso (3) para el control adecuado del flujo de refrigeración, tanque adicional de agua a temperatura ambiente (4) como sistema

de seguridad contra elevaciones bruscas de temperatura del fluido refrigerante, bomba de agua (5) de presión variable para compensar la caída de presión del flujo de agua a través de las válvulas y del tanque auxiliar (cuando se dé el caso) y para simular la presión de trabajo que se establece para cada prototipo vehicular, panel de rejillas rebatibles (6) para el control del flujo de aire forzado a través del radiador.

FIGURA 4.8 :  
Sistema de refrigeración equipo standard.



El segundo esquema (ver figura 4.9), considera el ensayo del motor M utilizando el sistema de refrigeración correspondiente al prototipo vehicular en ensayo; tal sistema consta de : panel de refrigeración del prototipo vehicular (1) que funciona mediante circulación forzada de aire proporcionado por el ventilador (2), banco de válvulas (3) para el control adecuado del flujo de refrigeración, tanque adicional de agua a temperatura ambiente (4) como sistema de seguridad contra elevaciones bruscas de la temperatura del fluido refrigerante, bomba de agua (5) de presión variable para compensar la caída

de presión del flujo de agua a través de las válvulas de control de caudal y del tanque auxiliar así como para simular la presión de trabajo que se dá en los prototipos vehiculares.

Adicionalmente a estos esquemas puede considerarse el que se implementaría para el caso de los motores refrigerados por aire; tal esquema se muestra en la figura 4.10 y consta de lo siguiente : panel regulador-orientador del flujo de aire (1) ventilador-soplador (2); colector-expulsor del flujo de aire refrigerante (3).

Existiendo dos tipos de sistemas de refrigeración, en el punto anterior consignamos el caso de los motores refrigerados por aire; las consideraciones que se hagan a partir de este punto tomarán en cuenta sólo a los motores refrigerados por agua, ya que por razones de versatilidad y para los objetivos que se pretende alcanzar con el equipo, no es posible su implementación para los dos tipos de sistemas.

FIGURA 4.9 :  
Sistema ref. prot. vehicular.

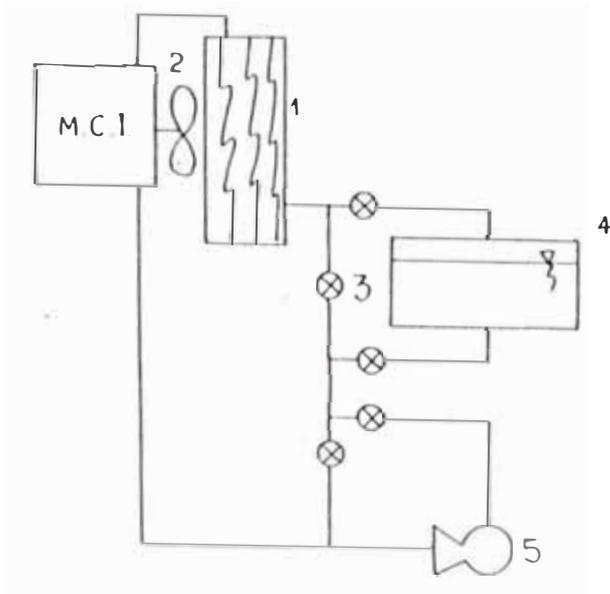
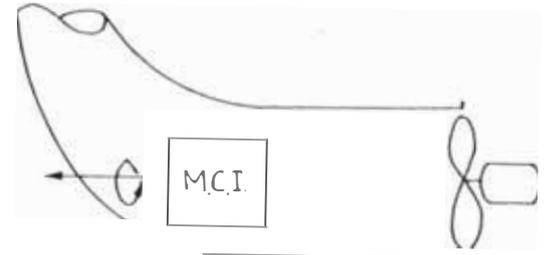


FIGURA 4.10 :  
Sistema ref. por aire.



(iii) Especificaciones :

El sistema de refrigeración debe asegurar un régimen térmico estable del motor en cuestión, es decir no debe permitir el recalentamiento así como debe impedir un enfriamiento por debajo de lo recomendable ya que en ambos casos se perjudican las condiciones adecuadas de funcionamiento.

Para cumplir con estos requisitos el rango tolerable de las temperaturas es :

sistemas cerrados (presurizados) : 100C

sistemas abiertos : 90 a 95C

(iv) Panel de refrigeración (radiador) :

En general, en cuanto a los motores prototipos, estos se ensayarán en el banco de pruebas con su respectivo panel de refrigeración de equipamiento estandar, solo en algunos casos será necesario que estos motores utilizen el sistema de refrigeración del equipo de ensayos.

Para el panel de refrigeración del equipo preferiremos los del tipo tubular a los del tipo laminar y a los de panel, ya que los mencionados resisten mejor a la rotura, son más aerodinámicos y poseen una mayor superficie de refrigeración.

Para el cálculo de la superficie de refrigeración consideraremos la fórmula consignada en la referencia bibliográfica No 4, pag: 530.

$$S = (16 \times 10^{-5} N_e) \quad m^2 \quad (N_e \text{ en w})$$

como para nuestro caso  $N_e$  es 45 HP, tendremos :

$$S = 5.37 \quad m^2$$

Esta es la superficie de transferencia que cumplirá con los requisitos exigidos.

(v) Ventilador :

En forma similar a lo considerado para los paneles de refrigeración, los modelos prototipos que se ensayen con su equipamiento estandar podrán hacerlo con su propio ventilador, aunque en este caso se considera que el sistema de refrigeración del equipo estará en capacidad de aceptar el panel de refrigeración estandar del motor prototipo, utilizandose para ello el ventilador del equipo de ensayos.

Para el sistema del equipo consideraremos un ventilador del tipo axial, similar a los usados en los prototipos vehiculares y accionado por un motor eléctrico de 0.25 HP.

Al momento del montaje es conveniente tener en cuenta que es posible acceder a dos modalidades : la primera es del tipo simple y la otra es considerando un ducto que dé direccionalidad y concentre el flujo de aire.

El diámetro del ventilador debe estar alrededor de los 0.50 metros y el ángulo de ataque de las aspas entre los 40 y 45 grados; se prefieren las aspas dispuestas en "X".

(vi) Bomba de agua :

Se propone el montaje de este dispositivo con la finalidad de re-establecer el nivel de presiones normales

en el circuito del sistema de refrigeración a la entrada del motor, preferentemente.

La presión normal en los motores es de aproximadamente 10 metros de agua (14.2 psi); por lo tanto, esta bomba debe ser capaz de proveer esta presión.

(vii) Panel de rejillas rebatibles :

Este dispositivo está destinado a regular y controlar el flujo de aire que es forzado a través de los paneles del radiador.

No requiere de un diseño especial, salvo el de considerar un buen sistema de control de apertura y cierre de las rejillas así como el de lograr un buen acabado final a efectos de que no se produzcan ruidos molestos. Este dispositivo se hace necesario ya que es el método más sencillo para controlar el flujo de aire y por consiguiente la rapidéz de enfriamiento que pueda proveer el radiador.

b) Sistema de arranque :

[22]

El sistema de arranque de los m.c.i. destinados para ensayos puede ser operado bajo dos modalidades, como se indica en 3.1.3 : mediante el accionamiento del motor

eléctrico de arranque con que viene equipados los modelos prototipo y la otra, utilizando el freno dinamométrico como motor, es decir aplicando tensión (220VDC) en sus bornes, para lo cual se requiere de un sistema de generación VDC adicional.

Para esta parte de rediseño del equipo consideraremos cada una de las dos modalidades independientemente.

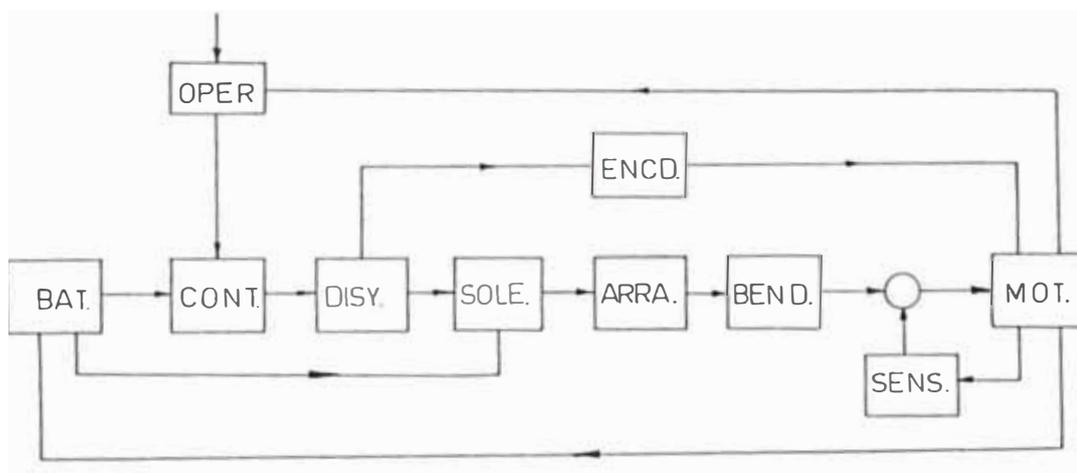
(i) Arranque mediante motor eléctrico de equipamiento del prototipo en ensayo :

Como se menciona en 3.2.2, el sistema de funcionamiento del arranque bajo esta modalidad es sumamente sencillo. Consta de una batería, cables de conexión y un pulsador manual. Debido, también, a la simplicidad de este sistema, bajo esta modalidad no se considera, por ejemplo, posibilidades de ejecución de ensayos con referencia a las características de arranque de los motores en prueba.

Así, para poder propiciar la realización de este tipo de ensayos se necesita implementar cierto equipamiento indispensable; tal equipamiento consta principalmente de instrumental adecuado.

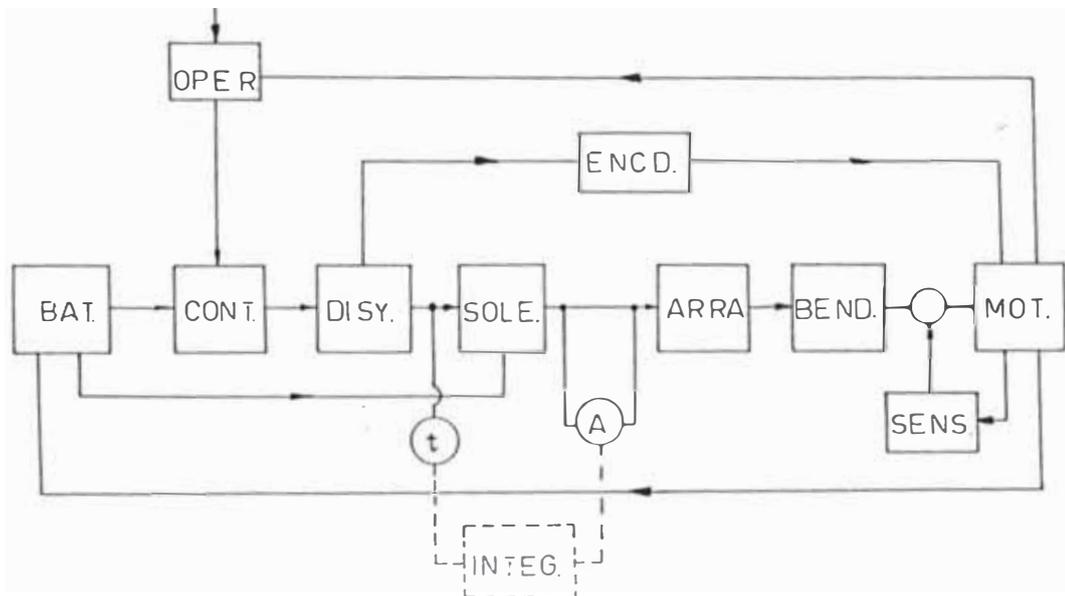
El esquema de la figura 4.11 nos muestra el sistema de arranque actual (i). La figura 4.12 nos muestra el esquema que proponemos considerando las potencialidades experimentales ya mencionadas.

FIGURA 4.11 :  
Esquema del sistema de arranque actual.



Las características y especificaciones del instrumental serán abordadas en el ítem correspondiente (4.3). Una ventaja adicional que se obtiene al implementar este equipamiento es de que sólo a través de esta modalidad se pueden realizar sin riesgos mayores esta gama de ensayos ya que como veremos la modalidad de arranque (ii) tiene algunas limitaciones.

FIGURA 4.12 :  
Esquema del sistema de arranque modificado.



ii) Arranque mediante freno dinamométrico funcionando como motor eléctrico de arranque :

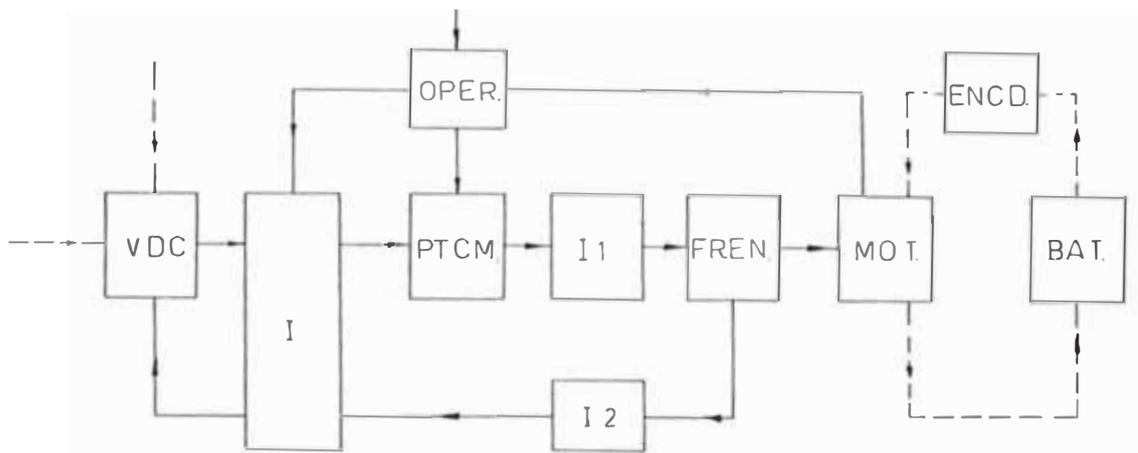
Como se menciona en 3.1.3 esta modalidad de arranque es mas compleja que la anterior, principalmente por que implica la participación de varios elementos (sistema de generación VDC, reóstato de arranque, etc.); sin embargo, esta modalidad nos permite realizar otra gama de experiencias relativas al arranque, como son :

-determinación de las rpm de arranque del motor de ensayos.

-determinación de la potencia mínima necesaria para el arranque.

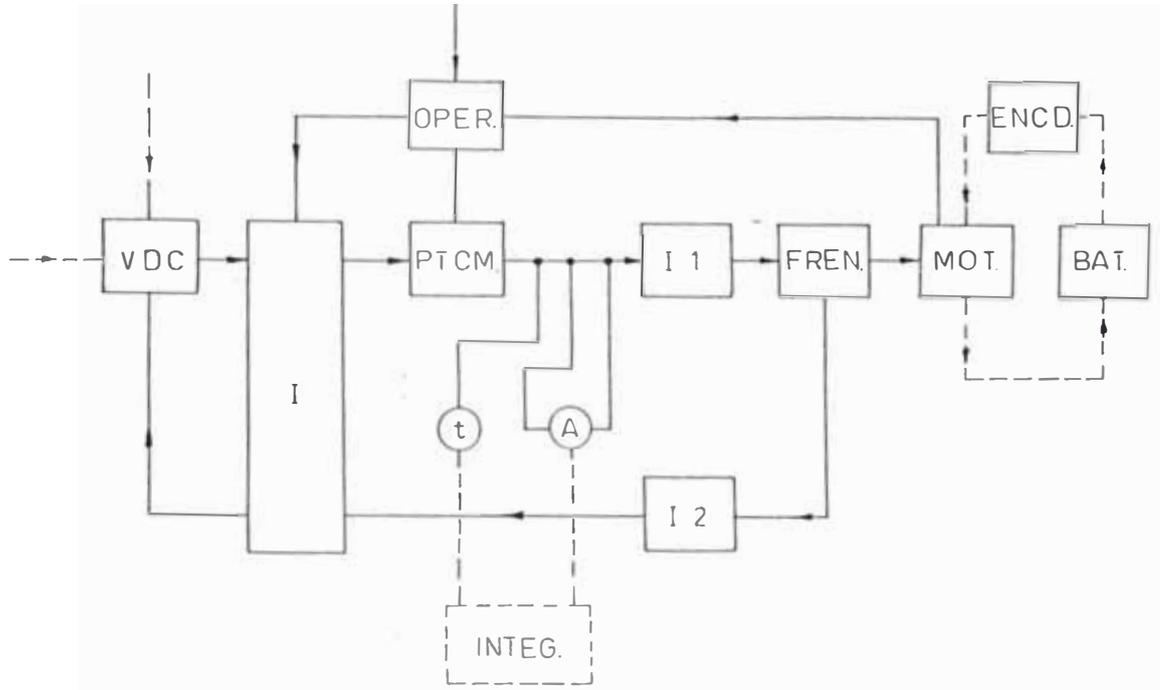
Para poder ejecutar este tipo de ensayos, el equipo actual necesita, básicamente, de manera similar al caso anterior, la inclusión de instrumental adecuado.

FIGURA 4.13 :  
Sist.actual de arranque usando el freno como motor.



En la figura 4.13 mostramos el esquema de operación actual; la figura 4.14 muestra el esquema propuesto. Las características y especificaciones del instrumental se tratarán en 4.3.

FIGURA 4.14 :  
Sist.propuesto de arranque usando el freno como motor.



c) Sistema de alimentación de combustible :

[20,21,22]

Como se menciona en 3.2.2 (c) este sistema es bastante simple y en esencia no requiere cambios sustanciales pero si es preciso incorporar algunos criterios en su concepción.

En las figuras 4.15 y 4.16 se muestra el esquema de montaje actual del sistema de alimentación de combustible y su ubicación relativa con respecto al conjunto del equipo.

Como se puede apreciar, el tanque de almacenamiento de

combustible (T) se encuentra instalado sobre el bastidor portante del freno dinamométrico. Esta circunstancia ocasiona un peligro potencial ya que si ocurriera algún manipuleo **inadecuado** abastecer de combustible al tanque ó si se produjera alguna pequeña fuga del combustible, este gotearía directamente sobre el freno dinamométrico pudiendo producirse una pequeña explosión, <sup>e<sup>m</sup></sup> ya que el combustible que se utiliza es altamente inflamable.

FIGURA 4.15 :  
Sist.actual comb.(frente)

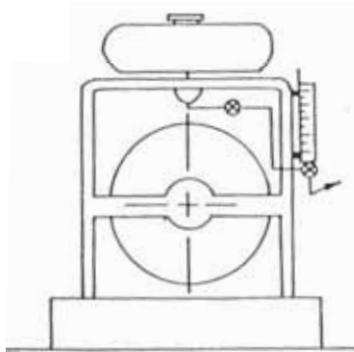
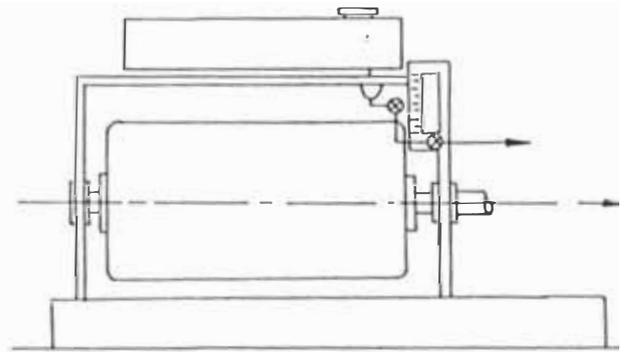


FIGURA 4.16 :  
Sist.actual comb.(perfil)



La propuesta que considera la eliminación de este peligro se esquematiza en las figuras 4.17 y 4.18, en las que observamos el montaje del tanque adosado a la pared y la inclusión de un soporte adicional para el montaje de la bureta de medición del caudal de combustible (B) y la llave de paso de tres vías (F).

FIGURA 4.17 :  
Sist.propto.comb.(frente)

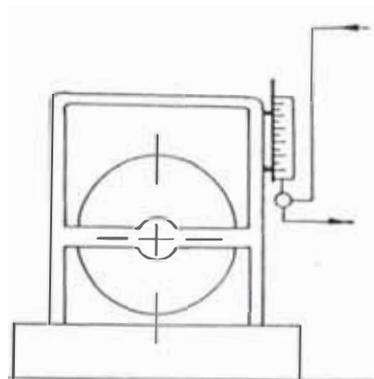
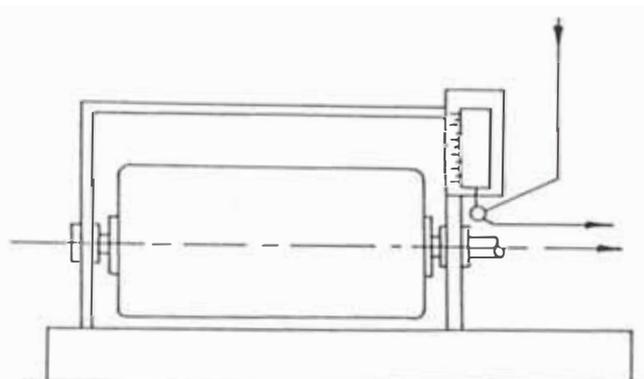


FIGURA 4.18 :  
Sist.propto.comb.(perfil)



d) Sistema de alimentación de aire :

[19,20,21,22]

Este es un sistema con el que actualmente no se cuenta. Su disponibilidad nos permitirá tener un control sobre el suministro de aire que requiere el motor en ensayo.

Los objetivos primordiales que debemos conseguir con este sistema son :

Medición de la masa (kg/hr) de aire que ingresa al carburador.

- Determinación de la caída de presión en el filtro de aire y en todo el sistema en general.

Determinación de la velocidad de ingreso de aire al carburador.

FIGURA 4.19  
Sist.aliment.aire (frente)

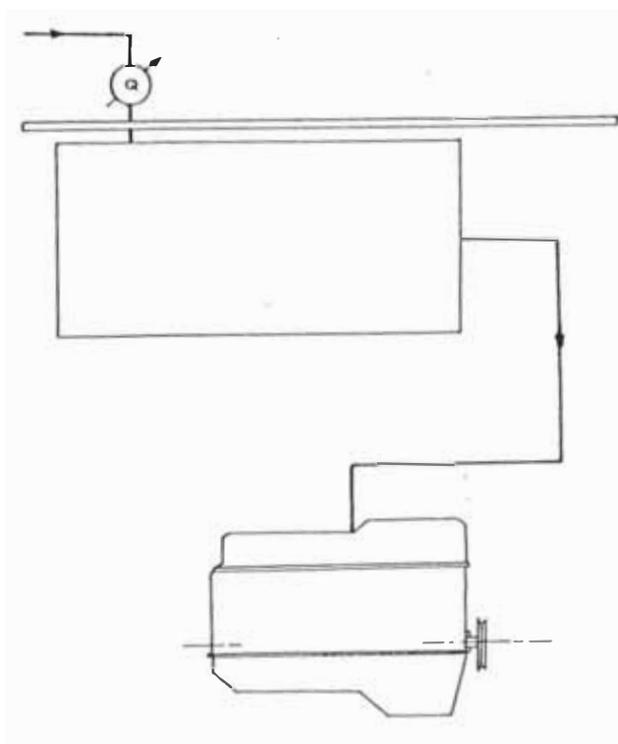
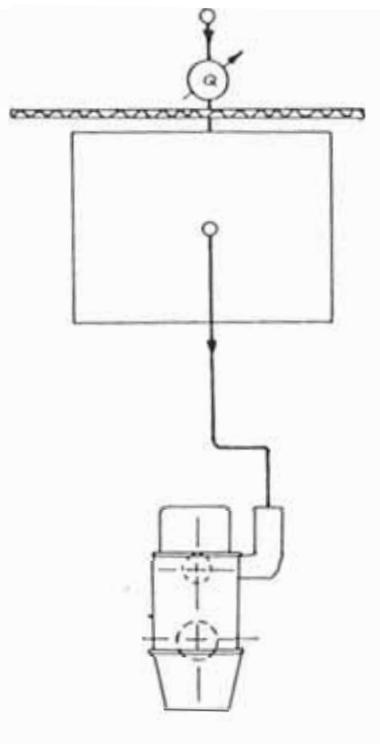


FIGURA 4.20 :  
Sist.aliment.aire (perfil).



El sistema propuesto es bastante sencillo y se esquematiza en las figuras 4.19 y 4.20; asimismo, para la determinación de los parámetros propuestos, es necesario contar con cierto instrumental, punto que será abordado en 4.3.(i)

Especificaciones :

El tanque de estancamiento debe asegurar proporcionar condiciones adecuadas de estanqueidad. Esta condición se logra satisfactoriamente cuando el volumen del tanque tiene aproximadamente 200 veces el volumen de la cilindrada del motor. Como los motores factibles de ser

ensayados en el banco tendrán como máximo 1500 cc, entonces el volumen del tanque sería :

$$V_t = 200 V_m$$

$$V_t = 300,000 \text{ cc}$$

$$V_t = 79.2 \text{ gls US}$$

e) Sistema de eliminación de los gases de escape :

[19,20,21,22,39,40]

Este sistema tiene como finalidad básica el traslado y conducción de los gases producto de la combustión hacia el exterior del ambiente de laboratorio.

Podemos tener los siguientes **critérios para** su concepción y diseño:

adecuado aislamiento térmico y acústico.

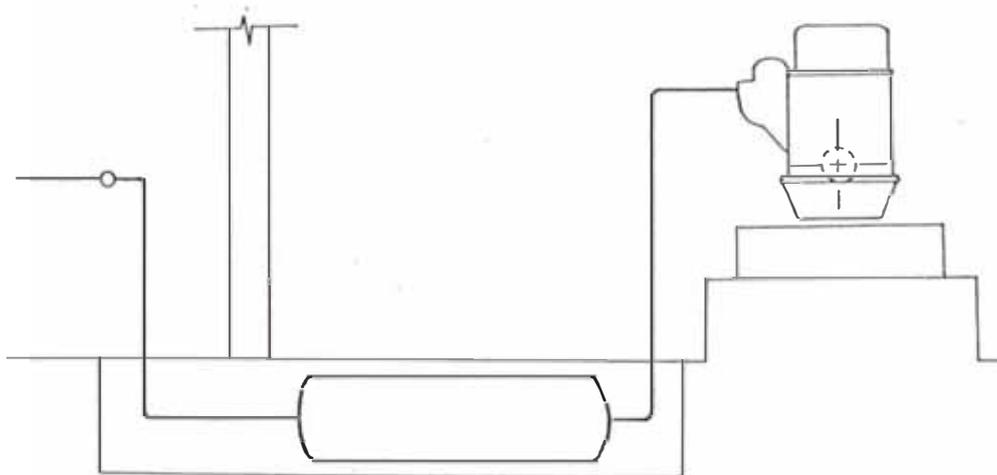
resistencia hidráulica mínima **para reducir** la contrapresión.

no debe ofrecer riesgos de contaminación **a otros** ambientes.

el diseño debe permitir el intercambio de los silenciadores para la prueba de los correspondientes a los modelos prototipo vehiculares.

La figura 4.21 esquematiza el tipo de instalación recomendada.

FIGURA 4.21 :  
Sistema propuesto eliminación gases de escape.



#### 4.3.- Instrumental y Accesorios :

[19,20,21,22,39,40]

En este punto definiremos criterios que regirán la selección del instrumental requerido para los fines y objetivos especificados. En el caso de los accesorios, estos ven condicionados su selección al tipo de componentes e instrumental que se haya considerado en el rediseño; sin embargo, parte de los criterios que mencionaremos son aplicables a ellos.

##### 4.3.1.- Criterios de selección :

(i) El primer aspecto es la finalidad con que se selecciona el instrumental. Cuando en 4.1.3 nos referimos a los objetivos del rediseño diferenciábamos los niveles pedagógicos de los de investigación que se quieren alcanzar; en este sentido, la propuesta sería la de contar con dos juegos alternativos de instrumental :

uno para cada nivel de trabajo.

Para los fines pedagógicos consideraríamos instrumental de clase 5 (industrial) y para los de investigación los de clase 0 o 1 (de laboratorio).

Hacemos esta distinción por la razón de que al no contar la UNI con varios equipos de ensayo de motores, el aprendizaje del manipuleo y operación de estos equipos se realiza con frecuencia en un mismo banco; se hace esta propuesta debido a una prudente consideración de no poner en peligro a partes delicadas del equipo (como es el instrumental) por circunstancias fortuitas que se presentan con la inexperiencia.

(ii) El segundo criterio a considerar es la intercambiabilidad de estos juegos de instrumentos compatibles. Esto se dá no sólo condicionado por lo anterior sino también por que si consideramos la estandarización en los puntos de acoplamiento del instrumental en el equipo, se minimiza la variedad de accesorios en stock, así como se facilita las labores de reemplazo en caso de avería ó deterioro.

(iii) El tercero, y fundamental, es la concepción básica de automatización del equipo en su conjunto; esto, en lo referido al instrumental considerará :

la focalización del conjunto de instrumentos indicadores en un tablero de control ( en el conjunto se considerará mando y control a distancia).

- consideración de instrumental moderno y en la posible con representación comercial en el Perú.

#### 4.3.2.- Método para la selección del instrumental :

En 3.3.1 justificamos la necesidad de un reemplazo total del conjunto de instrumentos.

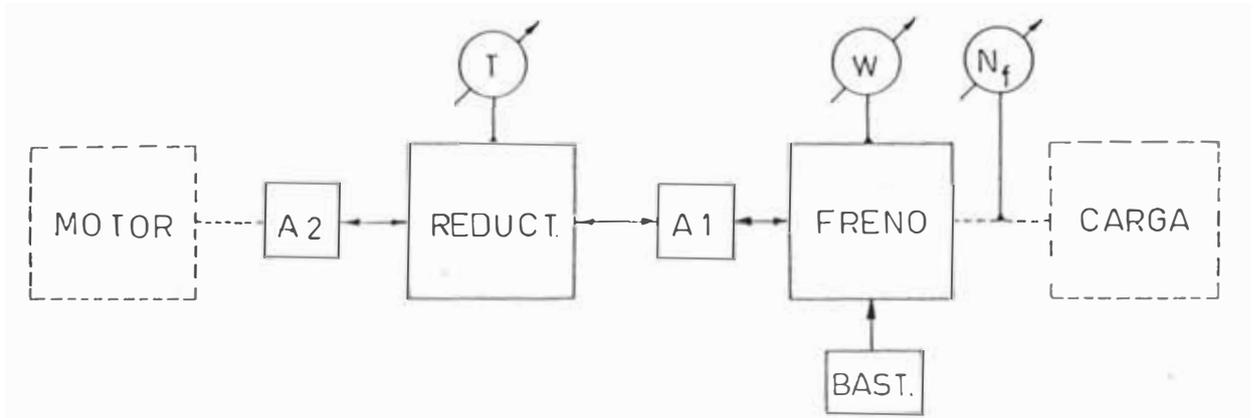
El método de selección del instrumental se efectuará en base a los criterios de rediseño del equipo, para lo cual se presentará en esquemas los elementos considerados en el rediseño para componentes y sistemas, indicando los instrumentos y accesorios necesarios seleccionados para ese fin.

#### 4.3.3.- Componentes :

##### a) Freno dinamométrico eléctrico :

Teniendo como referencia la figura 4.2 se plantea el esquema representado en la figura 4.22, donde se incorpora el instrumental y accesorios que se necesitan.

FIGURA 4.22 :  
Esquema del instrumental en el freno dinamométrico.



[ M: motor\ A2: eje yugo,crucetas,plato adaptador\ T: sensor temp.aceite\ A1: brida de acople\ W: balanza medidora de torque\ Nf: sensor tacométrico\ Bast: bastidor portante ]

b) Motor de ensayos :

Para este caso debemos considerar el concepto que nos rige en su definición (ver 3.2.1-a-); siendo así, en general tendremos dos grandes tipos de motores de ensayos: prototipos y experimentales.

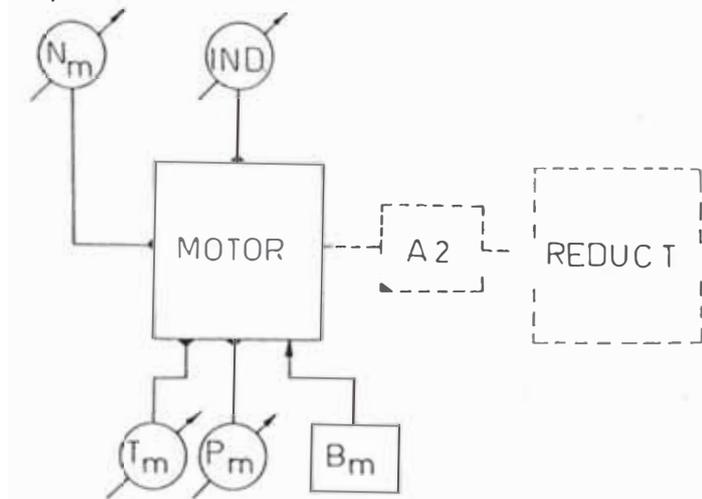
Los modelos prototipos requerirán, mayormente, ensayos referidos a comprobación de parámetros, características y comportamiento bajo ciertas condiciones; los modelos experimentales, por su condición, requerirán una mayor diversidad en la clase de ensayos a realizar.

El criterio principal para la selección del instrumental será el de tener el mínimo necesario montado en el motor de ensayos de tal manera que la mayor

cantidad de instrumentos (ó sensores) esté montado en el equipo de ensayos y en el tablero de mando y control. Esto último por el criterio de automatización y mando a distancia y también por que para poder ensayar la mayor cantidad de motores se **requiere** la mayor facilidad y simpleza **para efectuar** el montaje/desmontaje de instrumentos y sensores.

Así, en la figura 4.23 se muestran los instrumentos y accesorios que irán montados en el motor de ensayos.

FIGURA 4.23 :  
Esquema del instrumental en el motor.



[ Nm: sensor tacométrico\ Tm: sensor temperatura\ Pm: sensor presión\ Bm: bastidor portante\ Ind: sensor del indicador de diagrama\ A2: eje yugo, crucetas, plato adaptador ]

(i) Diseño del bastidor :

**Para elegir el tipo de bastidor portante del motor** será necesario tener en cuenta los siguientes requerimientos:

variación de los espaciamentos entre los puntos de apoyo, transversales y longitudinales.

posibilidad de variación de la altura de los apoyos para los soportes de motor para los diferentes tipos.

desplazamiento longitudinal para acople con el conjunto del equipo de ensayos.

Aparte de éstos consideraremos que es un bastidor portante del tipo rígido y por tanto ella nos obliga a establecer criterios de amortiguamiento para la cimentación del conjunto o bloque motor.

Con estos requerimientos se plantea en las figuras 4.24(a) y 4.24(b) el esquema de bastidor portante del motor.

FIGURA 4.24(a)  
Bastidor portante (frente)

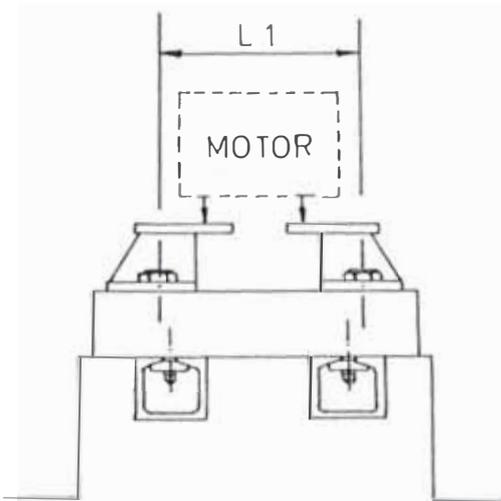
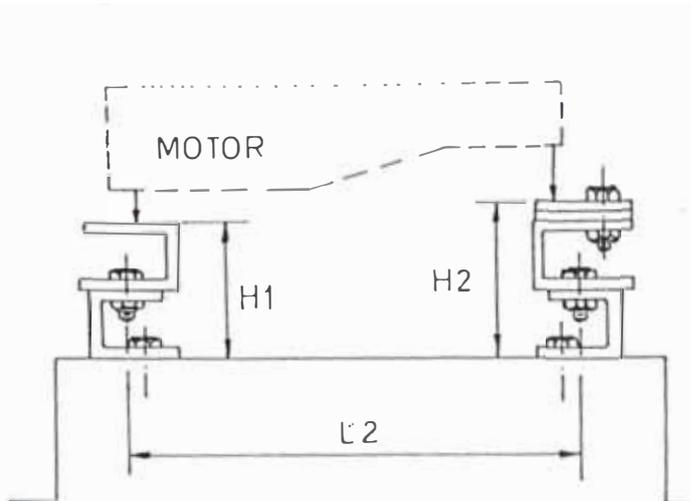


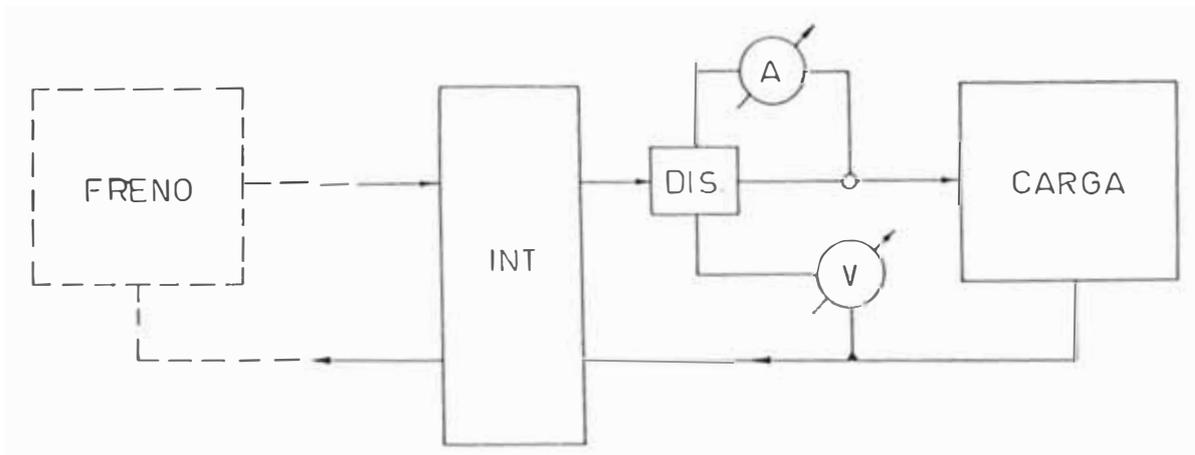
FIGURA 4.24(b)  
Bastidor portante (perfil)



c) Elemento de carga :

Tomando como referencia la figura 4.5, en la que se esquematiza el rediseño del sistema de carga por resistencias eléctricas, planteamos la figura 4.25 en la cual se incorpora el instrumental y accesorios considerados para este caso.

FIGURA 4.25 :  
Esquema del instrumental en el elemento de carga.



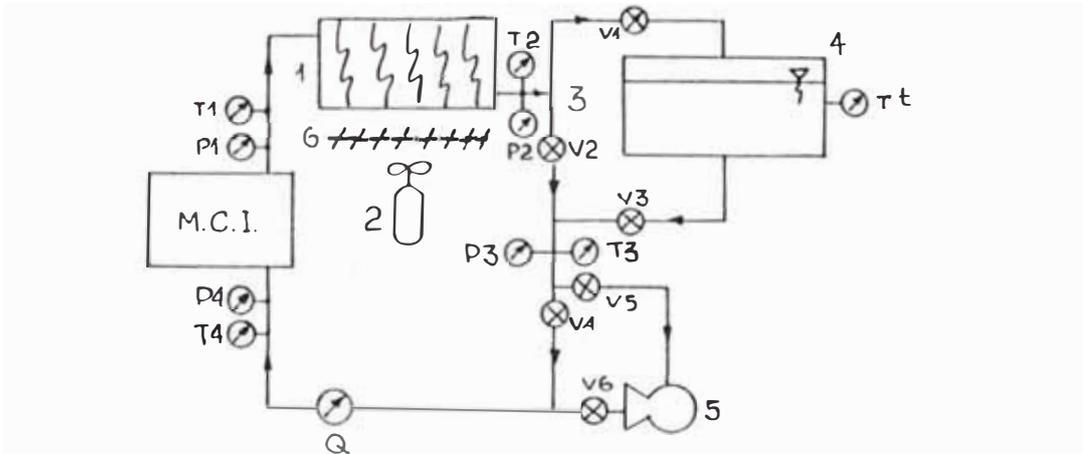
[ Int: interruptor múltiple\ Dis: disyuntor conmutador\  
A: amperímetro\ V: voltímetro ]

4.3.4.- Sistemas :

a) Sistema de Refrigeración :

Recordando lo establecido en 4.2.2(a) tomaremos como referencia la figura 4.8 por ser la más compleja. En la figura 4.26 se plantea la ubicación de los instrumentos de este sistema.

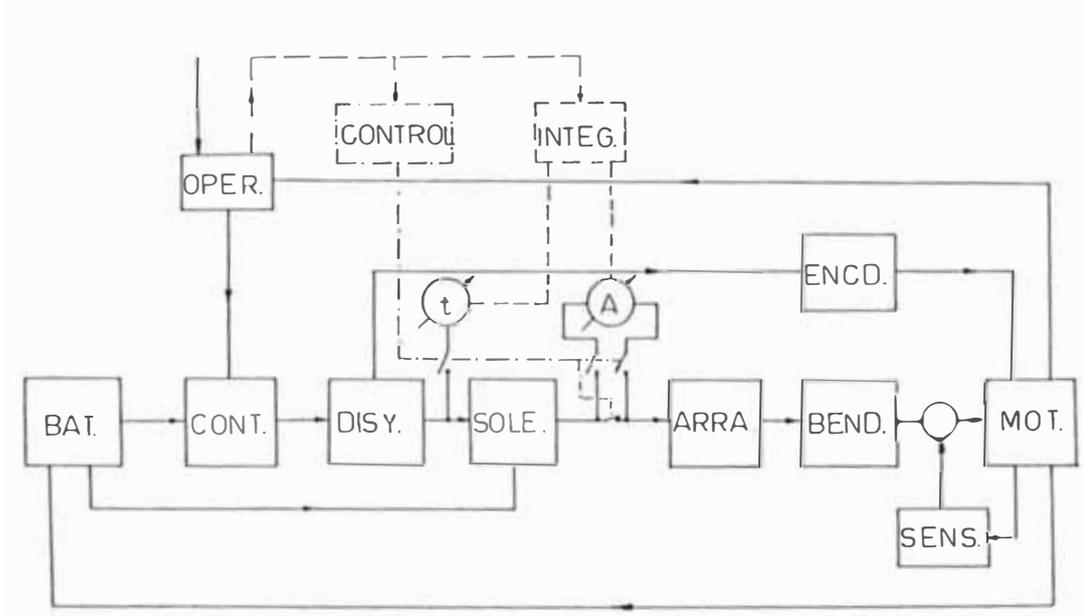
FIGURA 4.26 :  
Esquema del instrumental en el sistema de refrigeración.



[ Rad: radiador\ Ven: ventilador\ Reg: regulador flujo aire\ Tq: tanque adicional de agua\ Tt: sistema de seguridad\ Ba: bomba de agua\ Q: flujómetro\ T1..T5: sensores de temperatura\ P1..P5: sensores de presión\ V1..V6: válvulas controladoras de flujo ]

b) Sistema de arranque :

FIGURA 4.27 :  
Esquema del instrumental en el sist. arranque (i).

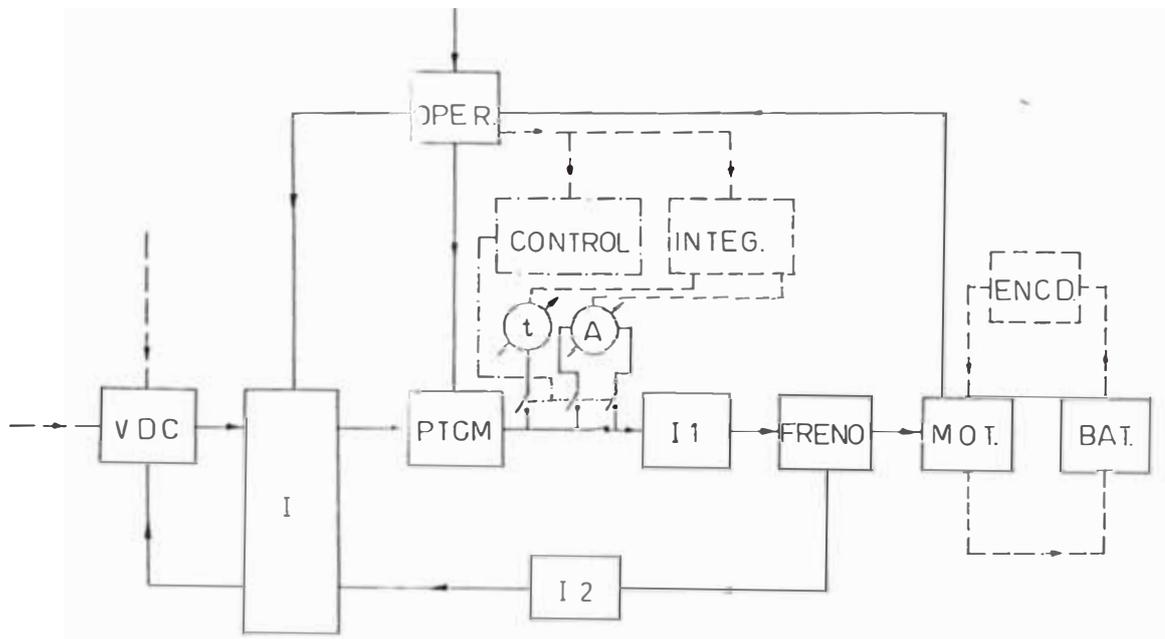


[ Bat: acumulador de energía\ Con: contactor\ Dis: disyuntor\ Sole: solenoide contactor\ Arra: arrancador prototipo del m.c.i.\ Bend: béndix\ Mot: m.c.i.\ Sens: sensor del béndix\ Encd: sistema del encendido\ Oper: operador del sistema\ T: cronómetro activable con pulso eléctrico\ A: amperímetro DC ]

En 4.2.2(b) al referirnos al sistema (i) de arranque teníamos que en la figura 4.12 estaban esquematizados los instrumentos y su posicionamiento que se proponen complementarios a este sistema en el rediseño. En la figura 4.27 se detalla al respecto.

De igual manera, al referirnos al sistema de arranque (ii), tenemos el planteamiento propuesto en la figura 4.28.

FIGURA 4.28 :  
Esquema del instrumental en el sist.arranque (ii).

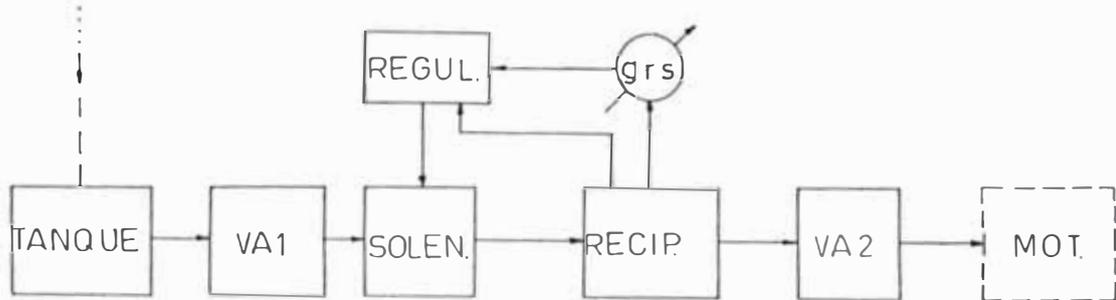


[ Vdc: sistema de generación DC\ I: interruptor principal\ PtcM: potenciómetro regulador de corriente\ T: cronómetro activable con pulso eléctrico\ A: amperímetro DC\ Mot: m.c.i.\ Bat: acumulador de energía\ Integ: dispositivo integrador T-A\ Oper: operador\ I1,I2: interruptores secundarios ]

c) Sistema de alimentación de combustible :

Considerando lo establecido en 4.2.2(c), en este sistema no se requiere nuevo instrumental ya que se ha evaluado que con el que se cuenta es apropiado; **sin** embargo es conveniente considerar la adquisición de un medidor gravimétrico de combustible así como de un sensor de la temperatura del mismo. La fig.4.29 muestra lo planteado.

FIGURA 4.29 :  
Esquema del instrumental en el sist.aliment. combustible.

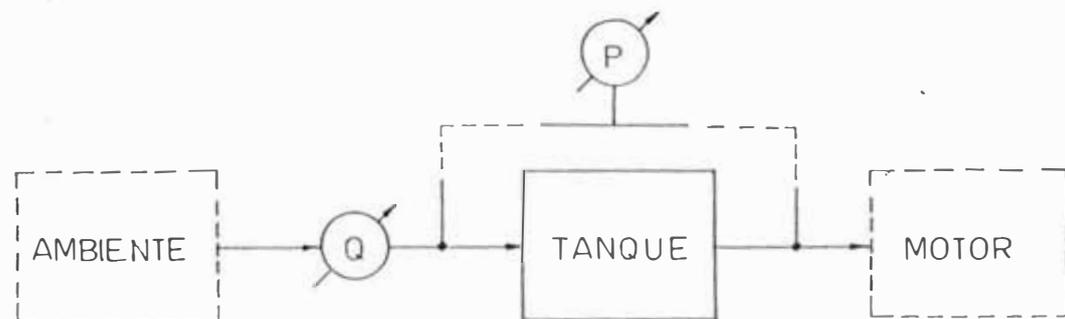


[ Va1, Va2: válvulas de control\ Solen: solenoide\ Regul: sistema de control\ Grs: balanza\ Recip: envase contenedor ]

d) Sistema de alimentación de aire :

Según lo propuesto en 4.2.2(d) se esquematiza dichos planteamientos en la fig.4.30

FIGURA 4.30 :  
Esquema del instrumental en el sist.aliment. aire.

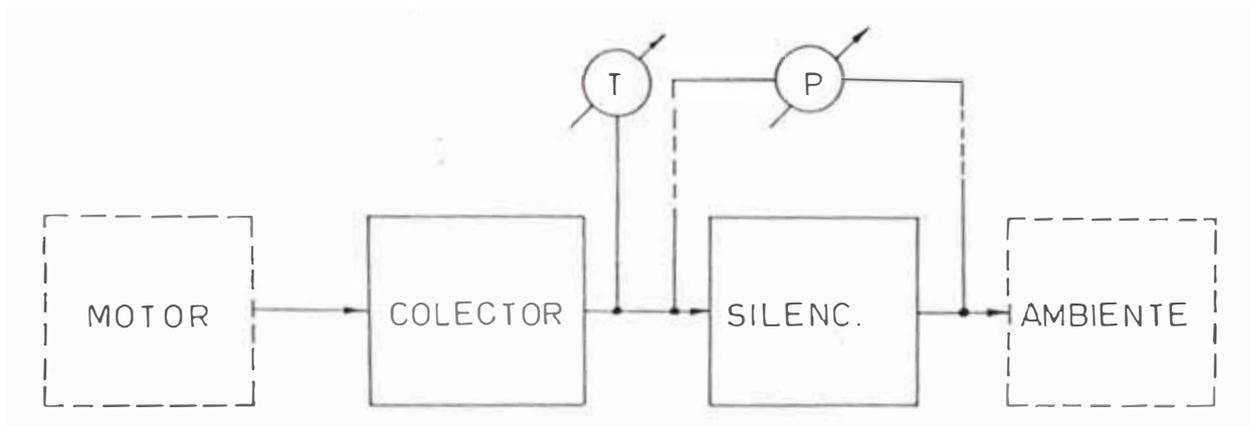


[ Q: flujómetro de aire\ P: sensores manométricos y de presión total ]

e) Sistema de eliminación de los gases de escape :

La propuesta desarrollada en 4.2.2(e) se esquematiza en la figura 4.31

FIGURA 4.31 :  
Esquema del instrumental sist.de eliminación gases.



[ Col: colector de gases de escape\ T: temperatura de los gases de escape\ F: sensor de presión manométrica ]

4.4.- Otros aspectos considerados :

[19,20,21,22,35,39,40,42]

Para el desarrollo de este ítem nos referiremos a lo evaluado en 3.4 y 3.5.

La evaluación realizada en cuanto a la ubicación relativa de los laboratorios en el conjunto de la Universidad nos indica que se encuentran adecuadamente emplazados.

Concentrando nuestra atención en lo referente a la ubicación del banco de pruebas en estudio con relación al

Laboratorio de Máquinas Térmicas haremos una enumeración resumida de los factores que se tomaron en cuenta en la evaluación:

- el banco se encuentra en un área que comparte con otros equipos.

carece de aislamiento acústico.

carece de un sistema ó dispositivo que regule ó controle la temperatura ambiental.

- la operación del equipo es manual; los instrumentos no conforman una estructura automatizada.

La constatación nos induce a la modificación de estos factores, optimizando al conjunto.

En primer lugar no es conveniente que el banco de pruebas comparta su espacio con otros equipos ya que, entre otras razones, principalmente las labores de investigación necesitan de cierto aislamiento relativo del conjunto de actividades que se realicen en el área de laboratorio; este elemento plantea la reubicación del banco. Este planteamiento podemos relacionarlo a la necesidad de que el equipo cuente con aislamiento acústico, ya que este factor garantiza una optimización de las actividades desarrolladas en él al ofrecer mejores condiciones de trabajo. En este mismo sentido, se hace necesaria la implementación de un sistema que regule la

temperatura ambiente ya que además de lo referente a las condiciones de trabajo, este último elemento influye en la calidad de resultados.

En cuanto a la cimentación, en virtud de lo considerado en 4.3.3(b), la actual no cumple con los requisitos que se le exigiría al equipo rediseñado; de igual forma, en lo referente a la automatización esta ya ha sido considerada desde el principio como premisa fundamental en el rediseño.

Hecho el recuento de carencias y objetivos, detallamos los cambios o modificaciones sugeridas :

Tomando como referencia la figura 3.8 presentamos la figura 4.32 en la cual se remarca la zona donde sería factible la reubicación del equipo; asimismo las figuras 4.33 y 4.34 esquematizan el emplazamiento que tendrían el conjunto de componentes, sistemas y otros que conforman el banco de pruebas.

FIGURA 4.32 :  
Esquema de reubicación propuesta del equipo.



FIGURA 4.33 :  
Esquema posición componentes, sistemas y otros (1).

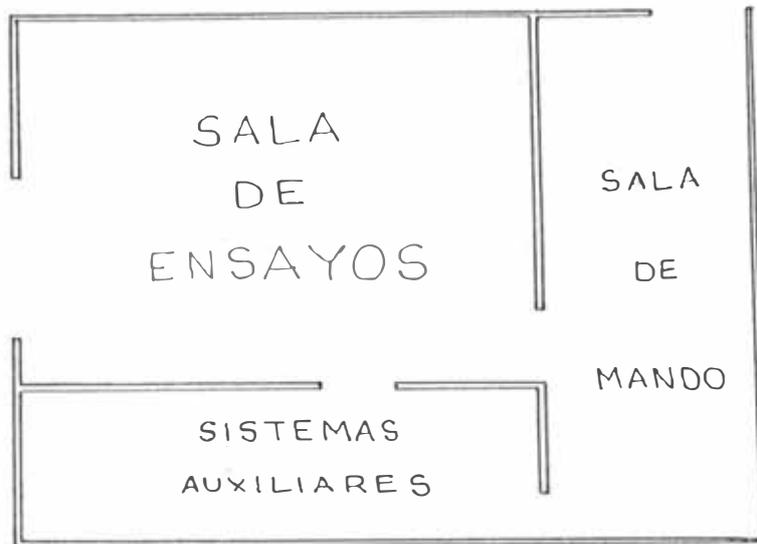
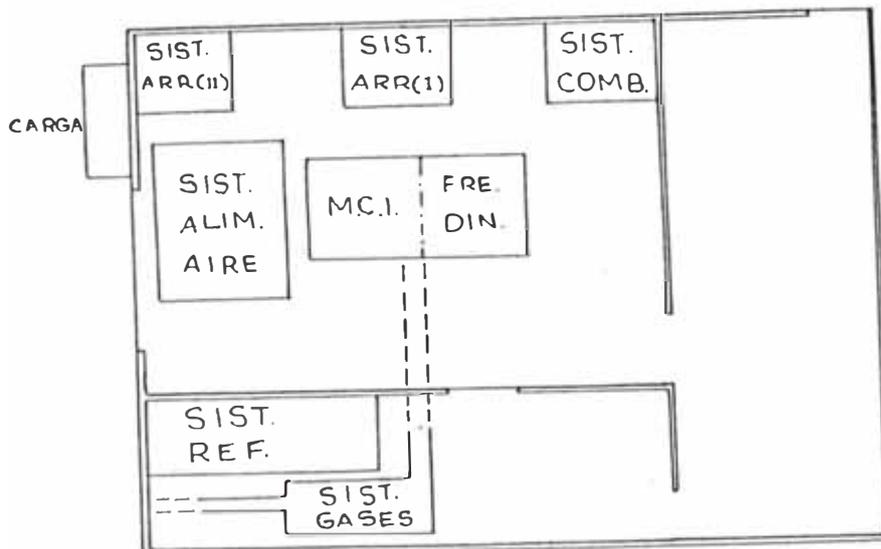
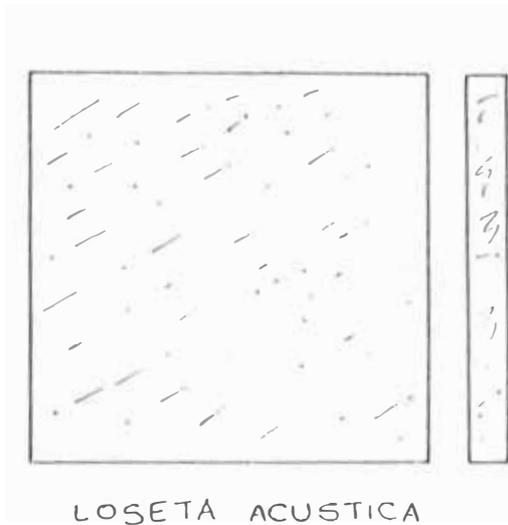


FIGURA 4.34 :  
Esquema posición componentes, sistemas y otros (2).



Las figuras 4.35 y 4.36 esquematizan el tipo de aislamiento acústico a implementar.

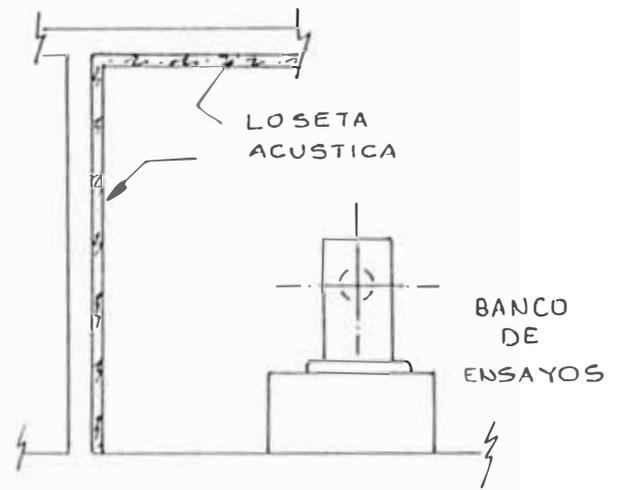
FIGURA 4.35 :  
Esquema tipo aislamiento(1)



LOSETA ACUSTICA

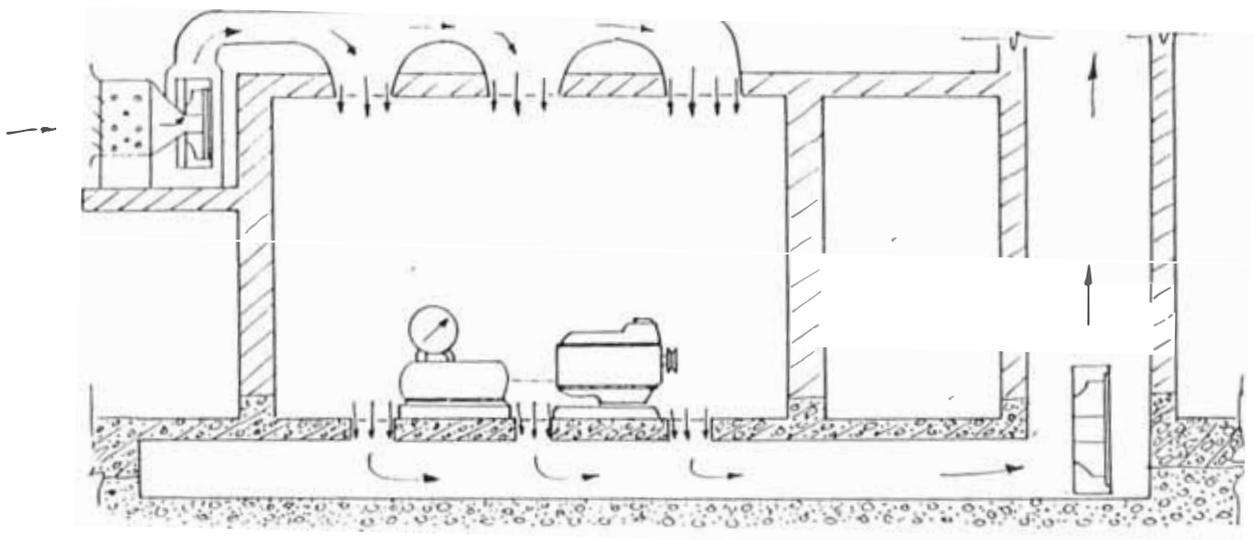
5" x 5" x 1/2"

FIGURA 4.36 :  
Esquema tipo aislamiento(2)



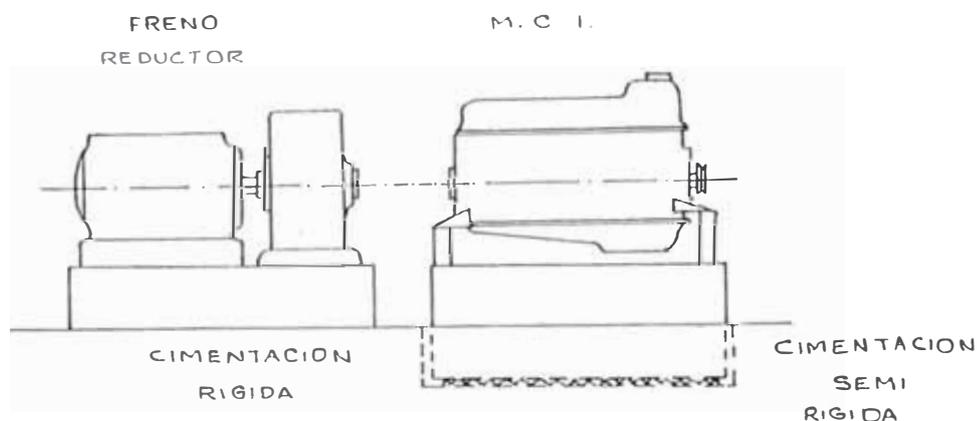
La figura 4.37 detalla en esquema el sistema de ventilación y de regulación de la temperatura ambiente del equipo.

FIGURA 4.37 :  
Esquema sist.vent.y regulac.parámetros ambientales.



La figura 4.38 detalla el tipo de cimentación adoptada.

FIGURA 4.38 :  
Esquema tipo cimentación banco de pruebas.



Asimismo, es de vital importancia que en el laboratorio se pueda contar con una serie de elementos que hagan posible, tanto la adecuación e implementación de los diversos experimentos, via su ensamble en el mismo laboratorio, así como el que se pueda proporcionar las condiciones adecuadas para el manipuleo y montaje tanto de los m.c.i. como de los accesorios y demás que se requieren para efectuar determinados experimentos. Para lograr esto es necesario contar con un adecuado surtido de herramientas, tanto manuales como automáticas, cierto tipo de máquinas herramientas (para pequeños maquinados de ajuste), dispositivos para almacenaje y el movimiento de los m.c.i y equipos en general, así como elementos que proporcionen tanto seguridad como un buen ambiente de trabajo (extinguidores, orejeras anti-ruido, lentes de protección, etc.)

[44,45,46,47,48,49,50,51,52]

4.5.- Cuadro resumen de los elementos considerados para el rediseño del banco de pruebas :

DETALLE	ASPECTO CONSIDERADO EN EL REDISEÑO
(1) COMPONENTES	
a) Freno dinámico	-Capacidad de carga (potencia) -Velocidad de giro (reductor de velocidad)
b) Motor de ensayos.	-Rango de potencia de acuerdo al freno
c) Elemento de carga	-Capacidad de absorción de carga -Ubicación relat. del banco de resistencias
(2) SISTEMAS	
a) Refrig.	-Sistema semejante al tipo vehicular -Sistemas auxiliares -Versatilidad para variantes
b) Arranque	-(i y ii) instrumental adecuado
c) Combust.	-Reubicación de componentes
d) Aire	-Determina masa de ingreso al m.c.i. -Determina caída de presión -Determina velocidad de ingreso
e) Gases de escape	-Aislamiento térmico y acústico -Contrapresión mínima -Sin riesgo de contaminación
(3) INSTRUMENTAL Y ACCESORIOS	
a) Freno dinámico	-Temperatura aceite caja reductora -Torque -Velocidad de giro -Acoplamiento motor-caja reductora -Acoplamiento caja reductora-freno
b) Motor	-Temperatura aceite carter -Presión aceite -Velocidad de giro -Indicador de diagrama -Bastidor portante
c) Carga	-Ampliación de capacidad -Corriente de circulación (A) -Voltaje de línea (V)

- d) Refrig.      -Temp. antes y después de cada proceso  
 -Fresión antes y después de cada proceso  
 -Caudal del proceso  
 -Recuperación de caída de presión  
 -Regulación y control de flujo de fluido.
- e) Combust      -medidor gravimétrico de combust.  
 -sensor de temp. de combustible.
- f) Arranque      -Corriente de circulación  
 -Registrador de tiempo de duración
- g) Aire            -Fresión parcial y total del flujo de aire  
 -Caudal del flujo de aire
- h) Gases          -Temperatura  
 -Fresión manométrica  
 -Análisis de composición
- ( 4 ) OTROS
- a) Ubicación      -Independencia de otros equipos  
 -Aislamiento acústico  
 -Regulación y control temperatura ambiental  
 -Cimentación no monolítica y amortiguada.
- b) Equipo de apoyo      -herramientas manuales y automáticas  
 -máquinas herramientas (pequeñas)  
 -dispositivos para almacenaje y maniobra  
 -dispositivos de seguridad (extinguidores)  
 -disposit.de protección (ruido, fragmentos)

## CAPITULO 5 MONTAJE DEL NUEVO BANCO DE PRUEBAS

### 5.1.- Consideraciones Generales :

Basándonos fundamentalmente en las consideraciones establecidas en el Capítulo 4 detallaremos, según la clasificación adoptada, los aspectos a tomar en cuenta en el montaje del equipo.

En primer lugar, se hará un breve resumen de los objetivos específicos que se quiere lograr por cada nivel de clasificación que se esté tratando; en algunos casos, si se trata de mantener el objeto considerado se dará la relación de recomendaciones pertinentes, en los otros casos se darán las indicaciones para las adaptaciones o criterios para la fabricación de los componentes o piezas necesarias.

Complementando la información se adjuntan los dibujos, planos y esquemas que clarifiquen la propuesta en estudio.

### 5.2.- Componentes :

[19,22,35,39,40]

### 5.2.1.- Freno dinamométrico eléctrico :

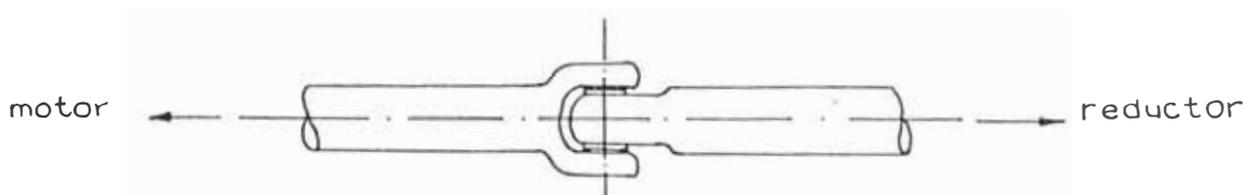
De acuerdo a lo desarrollado y definido en 4.2.1(a) podemos resumir lo recomendado en el rediseño:

se utilizará el actual freno dinamométrico, considerando un incremento de su capacidad de absorción de carga a 45 HP, por un tiempo límite de 0.5 hrs.

será necesario el acoplamiento eje-eje al freno, de un reductor de velocidad, con  $N_{max}=2.083$

Así, tendremos ahora que el conjunto freno dinamométrico mecanismo reductor es un solo bloque solidario el cual tendrá un dispositivo mediante el cual tenga contacto con el motor y pueda operar con él; al respecto debemos distinguir que de ambos bloques es el motor la fuente principal de vibraciones, haciendo esta circunstancia que consideremos dos tipos de cimentaciones: una del tipo monolítico, y otra equipada con elemento amortiguador de vibraciones. Para el dispositivo de acoplamiento consideraremos uno del tipo eje cardánico con cruceta, de tal forma que las vibraciones del motor no se transmitan al bloque de frenado. (Ver figura 5.1).

FIGURA 5.1 :  
Unión tipo eje cardánico con cruceta.



Con estas consideraciones tendremos que un factor decisivo para el óptimo ensamble de la unión freno-reductor será el grado de alineamiento que tengan en su anclaje sobre la cimentación. Al respecto, el freno dinamométrico se instalará con su bastidor portante actual, reduciéndose el problema al alineamiento que tengamos que dar al reductor al momento de acoplarlo al eje del freno; este alineamiento debe ser considerado en forma axial y de nivel. (Ver figura 5.2).

FIGURA 5.2(a)  
Alineamiento axial.

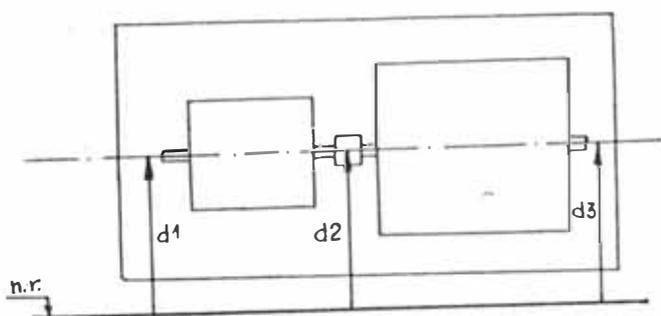
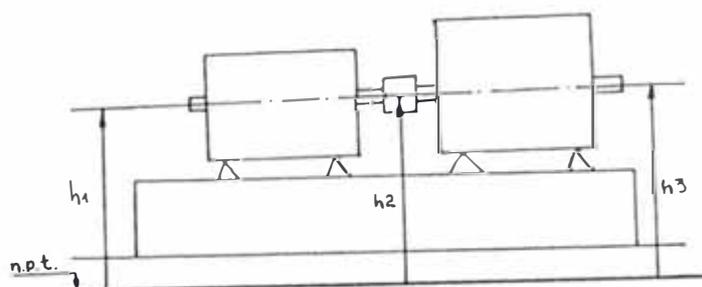


FIGURA 5.2(b)  
Alineamiento de nivel.



De considerarse rigurosamente estas recomendaciones en cuanto al alineamiento, no será necesario que el elemento de acoplamiento freno-reductor considere demasiada holgura axial, constituyendo de esta manera acoplamiento solidario y semi-rígido. Es conveniente considerar un elemento flexible como componente de esta unión, más aún cuando no se tuviera posibilidades de asegurar un perfecto alineamiento entre los bloques. (Ver figura 5.3).

FIGURA 5.3 (a)  
Acoplamiento (planta)

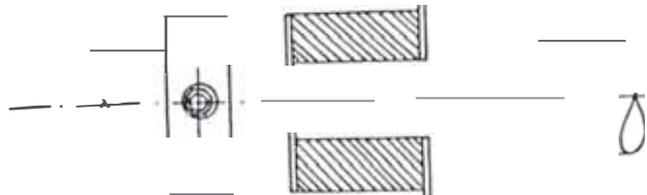
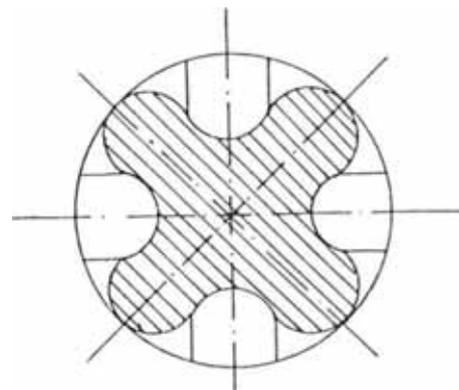
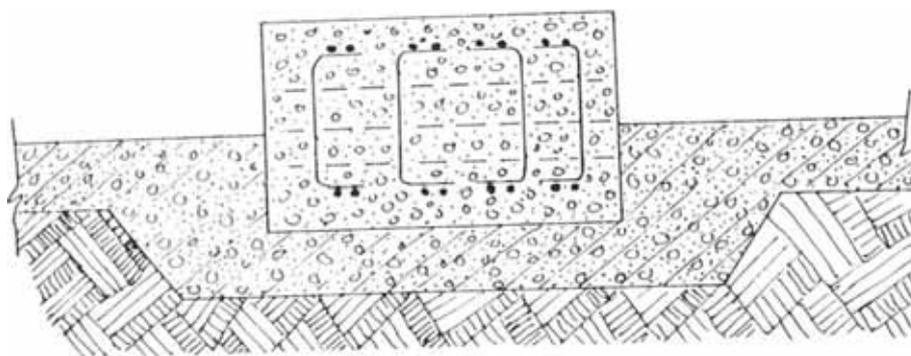


FIGURA 5.3 (b)  
Acoplamiento (sección)



En cuanto a la cimentación, como ya mencionamos, esta será del tipo monolítica; un detalle constructivo se muestra en la figura 5.4.

FIGURA 5.4 :  
Cimentación monolítica para el freno y reductor.



#### 5.2.2.-- Motor de Ensayos :

[19,22,35,39,40]

Con respecto a este componente, resaltamos que los elementos principales a tomar en cuenta para el montaje serán:

- sus dimensiones geométricas y las variaciones que se dan entre los diversos modelos.

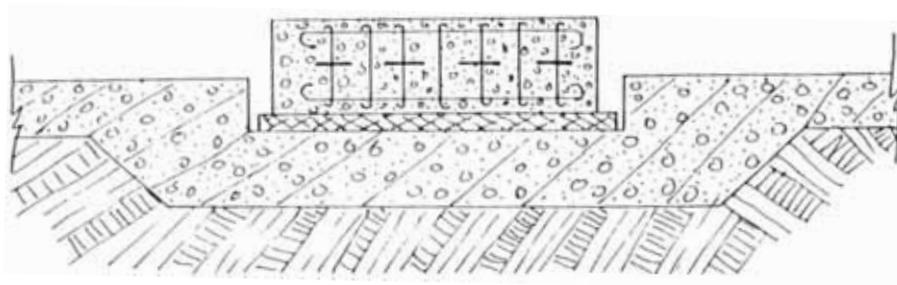
las vibraciones mecánicas que se generan durante su funcionamiento.

- su acoplamiento al bloque de frenado.

El problema referente a la variación de dimensiones geométricas entre modelos, se refleja principalmente en la ubicación de los puntos de apoyo o anclaje que cada motor y cada modelo posee; la forma de abordar la solución ha sido esquemáticamente planteada en la figura 4.24 (Ref: 4.3.3-b).

En cuanto a las vibraciones, en el ítem anterior hacíamos referencia a que esto se soluciona mediante el tipo de cimentación que se adopte. En concordancia con el tipo y dimensiones del bastidor propuesto, se propone el siguiente esquema de cimentación para el motor: ver figura 5.5.

FIGURA 5.5 :  
Cimentación con amortiguamiento.



Lo referente al dispositivo de acoplamiento será visto en el ítem 5.4.1.

### 5.2.3.- Elemento de Carga :

[22]

En cuanto a este componente recordemos que se han considerado dos aspectos para el rediseño:

la ampliación de la capacidad de absorción de carga.

la reubicación fuera del ambiente de laboratorio.

La ampliación de capacidad de absorción de carga se logra conectando en paralelo un nuevo banco de resistencias adicional. (Ver figura 4.5), el cual puede funcionar separadamente del actual; para la construcción del recipiente que contenga a los disipadores de calor conviene considerar una cobertura del tipo malla ó rejilla para facilitar la transferencia de calor al ambiente. (Ver figura 5.6).

Al reubicar este componente en las afueras del ambiente de laboratorio (tal como lo ilustran las figuras 4.6 y 4.7), no hay que dejar de considerar el factor climático, principalmente las precipitaciones pluviales que se dan a lo largo del año; para contrarrestar este factor se puede ubicar convenientemente un pequeño techo sobre ambos bancos de resistencias. (Ver figura 5.7).

FIGURA 5.6 :  
Malla de Protección/disipación.

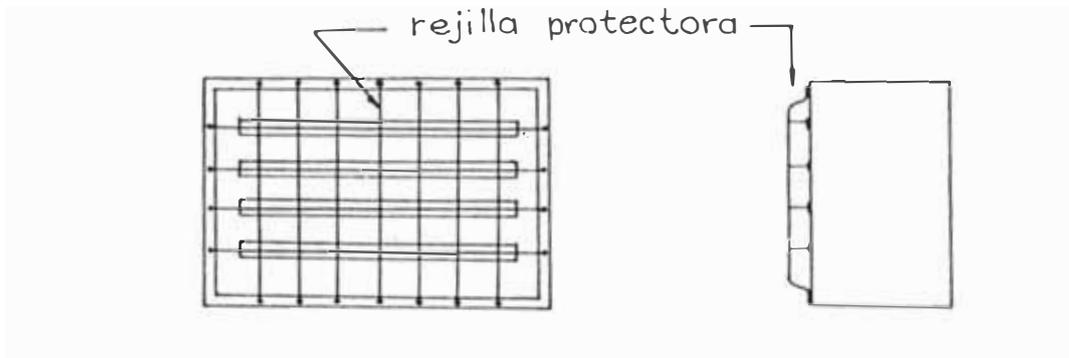
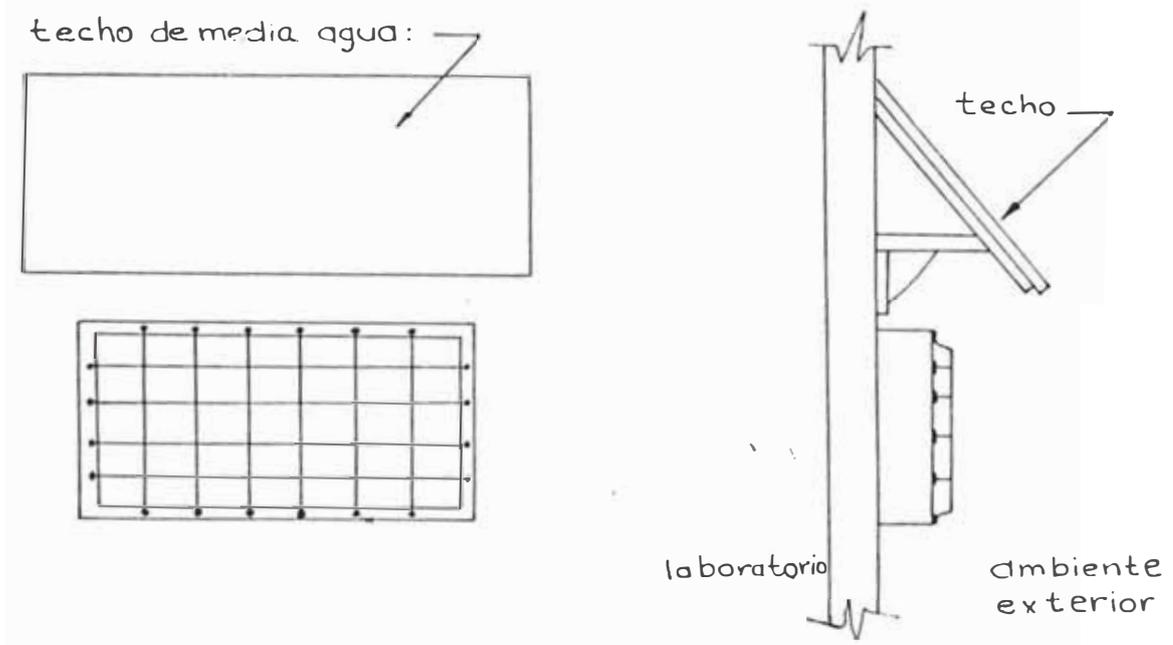


FIGURA 5.7 :  
Ubicación de los bancos de resistencias.



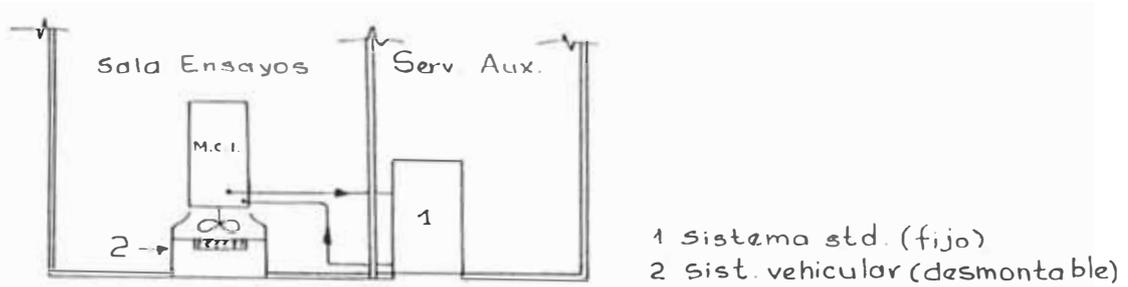
### 5.3.3.- Sistemas :

[19,20,22]

#### 5.3.1.- Sistema de Refrigeración :

Para el montaje de este sistema nos referiremos a las figuras 4.8 y 4.9, planteando en la figura 5.8 la manera en que compatibilizarían las dos antes mencionadas.

FIGURA 5.8 :  
Unión prototipo standard/vehicular.

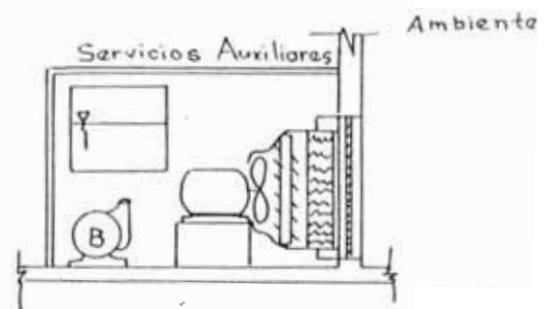


Este sistema debe ser montado en un ambiente separado del banco de pruebas en sí; es decir, ya que este es un dispositivo que libera calor, es necesario que se lo instale de tal manera que no pueda influir sobre los parámetros ambientales del laboratorio. La figura 5.9 esquematiza este planteamiento. Este ambiente separado necesita contar con ductos que lo conecten con el exterior, de tal manera que el calor que es disipado por el radiador se libera hacia el medio ambiente exterior (ver figura 5.10).

FIGURA 5.9 :  
Ambientes del sistema.



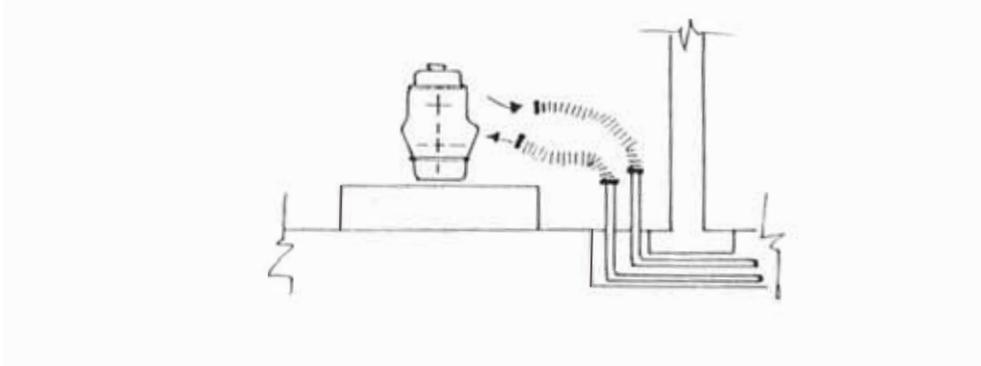
FIGURA 5.10 :  
Ductos del sistema.



Como se observa en la figura, el conjunto del sistema se encuentra instalado en el ambiente destinado a él; la

conexión al motor de ensayos se realiza mediante dos terminales de tuberías que estarían cercanas al equipo, conectándolas al motor de ensayos mediante dos mangueras provistas de abrazaderas (ver figura 5.11).

FIGURA 5.11 :  
Conexión del motor al sistema de refrigeración.



Asimismo, para el caso en que se quiera ensayar el motor con su respectivo radiador prototipo, el bastidor del panel de refrigeración del sistema debe considerar las posibles variaciones en cuanto a dimensiones del prototipo, así como las conexiones por manguera y abrazadera para facilitar el montaje-desmontaje (ver figuras 5.12 y 5.13).

FIGURA 5.12 :  
Bastidor del panel.

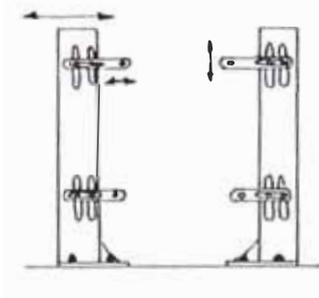
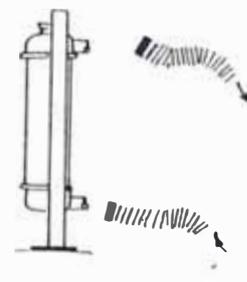


FIGURA 5.13 :  
Conexiones al sistema.



El panel de rejillas rebatibles debe considerar, en continuidad con su estructura, la implementación de un

mandil (manga colectora) que oriente el flujo del aire del ventilador hacia el radiador (ver figura 5.14); también es posible lograr que esta manga colectora se pueda adaptar a las variaciones de tamaño de los radiadores mediante un dispositivo bastante sencillo y que se esquematiza en la figura 5.15.

FIGURA 5.14 :  
Panel de rejillas rebatibles

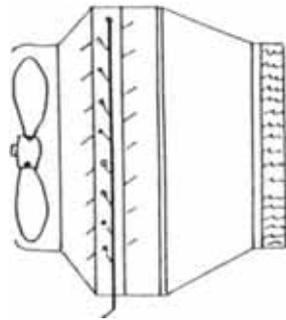
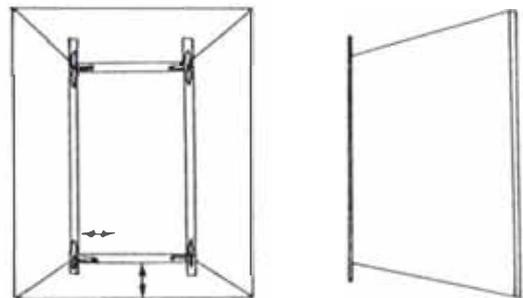


FIGURA 5.15 :  
Manga colectora variable.



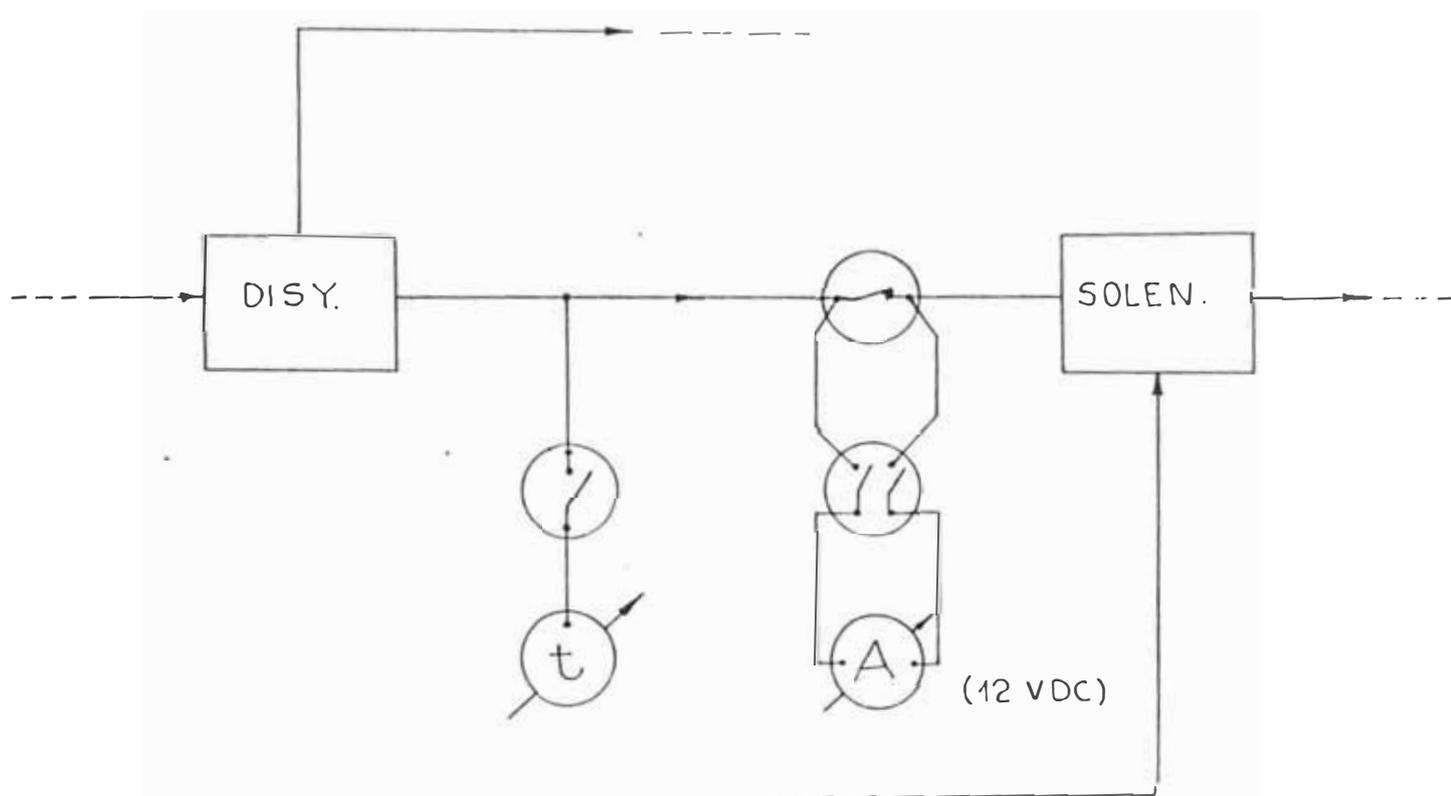
### 5.3.2.- Sistema de Arranque :

[42]

En este sistema y para las dos variantes que tiene, el rediseño se concentra principalmente en el equipamiento de cierto instrumental, con sus respectivos dispositivos de maniobra, tal como lo esquematizan las figuras 4.12, 4.14, 4.27 y 4.28.

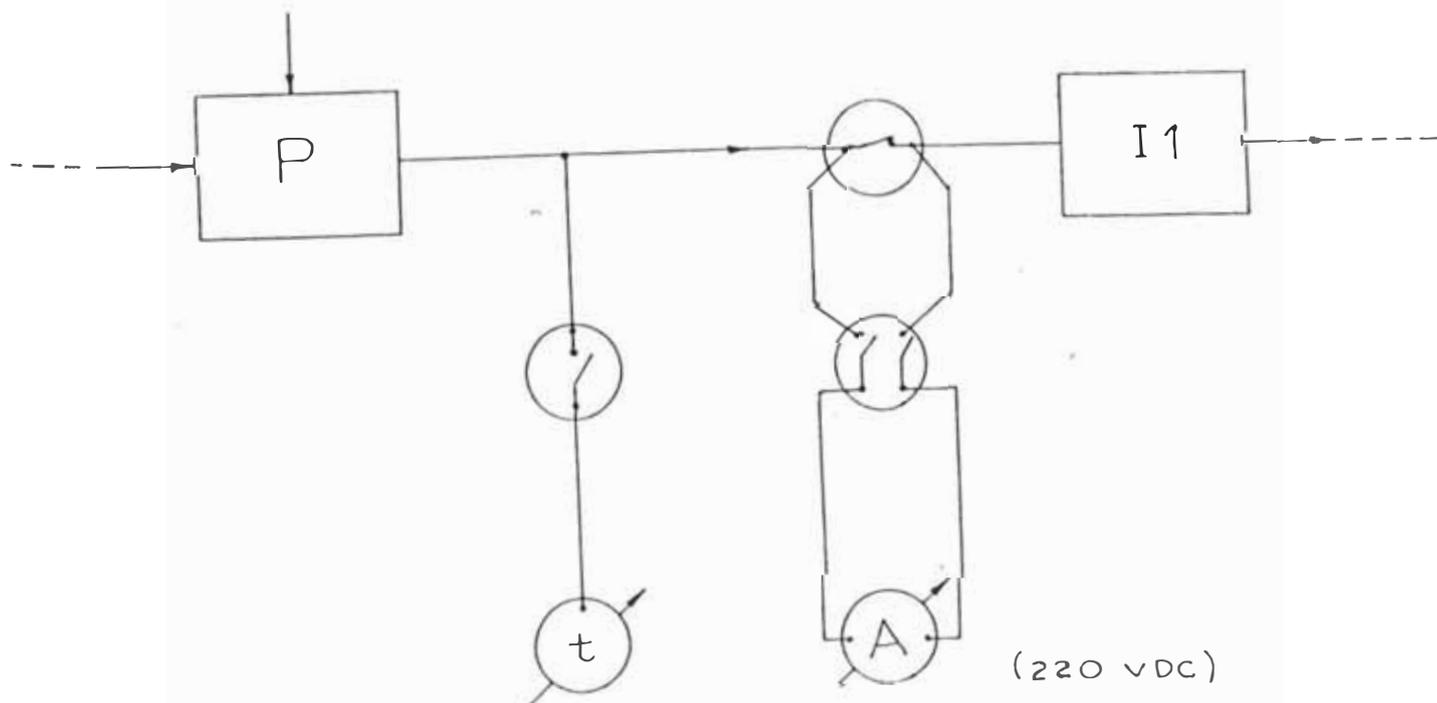
Para la variante (i) de las figuras 4.12 y 4.27, conviene considerar los siguientes esquemas para el montaje de los instrumentos seleccionados: ver figura 5.16.

FIGURA 5.16 :  
Esquema montaje cronómetro/amperímetro 12VDC.



De igual manera, para la variante (ii), de las figuras 4.14 y 4.28 se tiene el esquema de la figura 5.17.

FIGURA 5.17 :  
Esquema montaje cronómetro/amperímetro 220VDC.



De acuerdo a estos esquemas, aparentemente se podrían utilizar los mismos instrumentos (cronómetro y amperímetro) para ambas variantes, pero recordemos que en el caso (i) el sistema opera a 12 VDC, mientras que en el caso (ii) es a 220 VDC. Cabe añadir que, para ambos casos, los instrumentos y sus dispositivos de maniobra y control deben ir montados en el tablero.

### 5.3.3.- Sistema de alimentación de combustible :

[19,22]

Para el caso de este sistema, tal como se señala en 4.2.2(c), el rediseño implica principalmente la reubicación del tanque de combustible considerando los esquemas planteados en 5.3.1 (figura 5.9); el posicionamiento mas adecuado se indica en las figuras 5.18 (a) y 5.18 (b).

FIGURA 5.18(a)  
Posicionam. del sistema

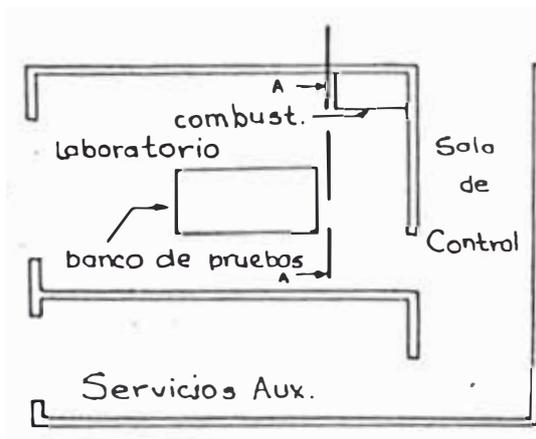
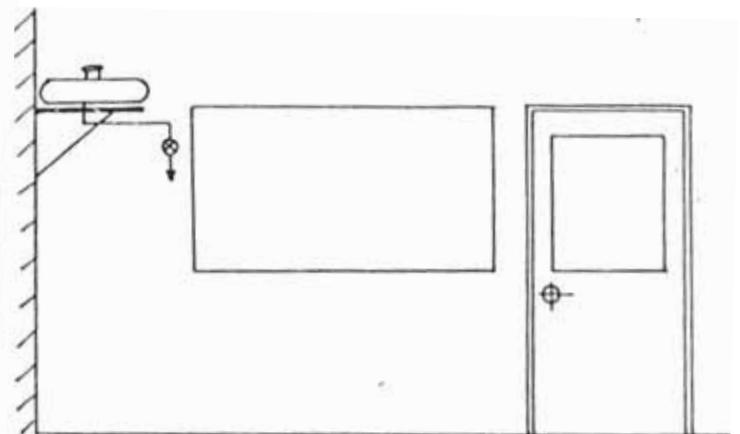


FIGURA 5.18(b)  
Ubicación del tanque de comb.



A-A

### 5.3.4.- Sistema de alimentación de aire :

[19,22,39,40]

Como se ha señalado, este sistema hay que implementarlo.

FIGURA 5.19 :  
Posicionam. del sistema.

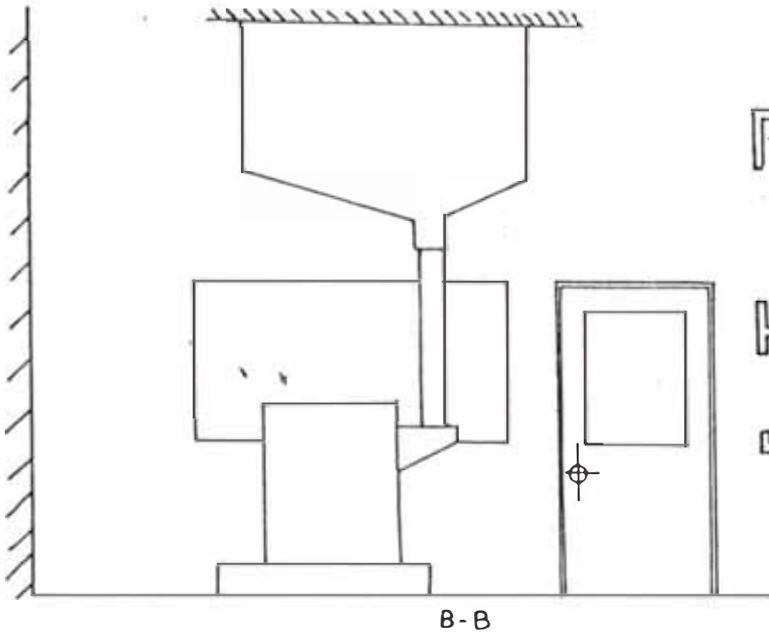
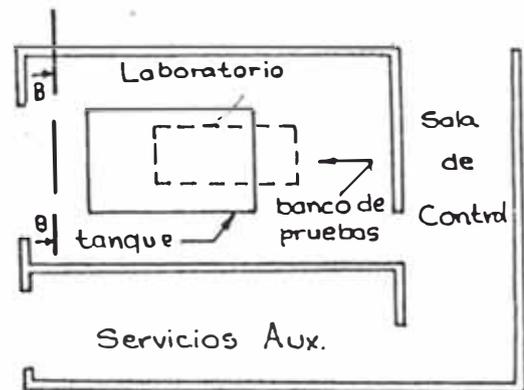


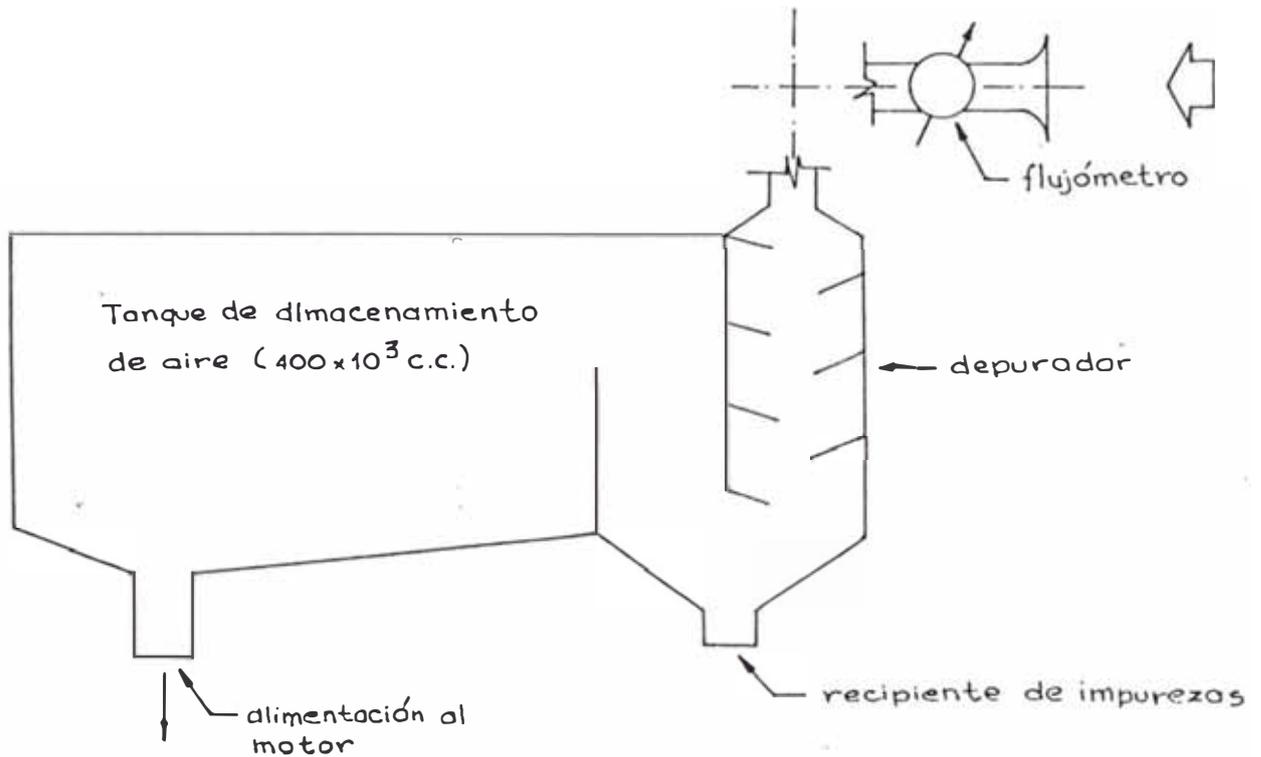
FIGURA 5.20 :  
Ubicación del tanque de aire.



Tomando como referencia las figuras 4.19 y 4.20 tenemos las figuras 5.19 y 5.20 en las que se plantea la ubicación relativa entre el tanque y el sistema en el ambiente de laboratorio.

En la figura 5.21 se muestran algunos detalles estructurales del tanque de almacenamiento y de su anclaje en la estructura de techado del laboratorio.

FIGURA 5.21 :  
Detalle estructura interior y anclaje del tanque de aire



5.3.5.- Sistema de eliminación de los gases de escape :  
[19,22,39,40]

FIGURA 5.22(a) :  
Posicionam. del sistema

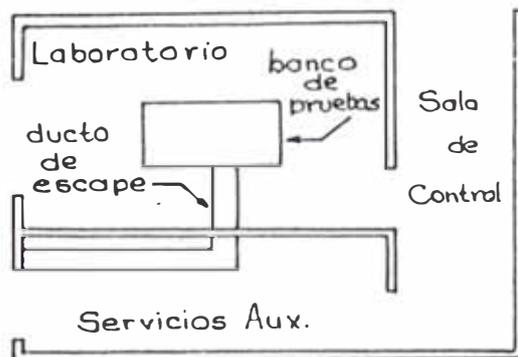


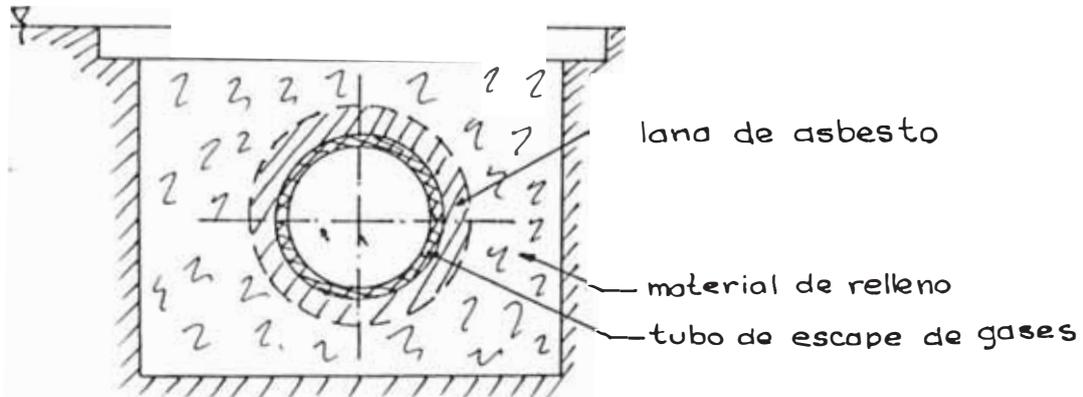
FIGURA 5.22(b) :  
Corte C-C' de la fig.5.22(a)



Para el caso de este sistema, las figuras 5.22(a) y 5.22(b) aclara detalles sobre el emplazamiento propuesta en la figura 4.21.

La figura 5.23 muestra un corte en sección (A-A de la figura 5.22(a) del ducto propuesto.

FIGURA 5.23 :  
Vista de la sección A-A' de la fig.5.22(a).



5.4.- Instrumental y Accesorios :

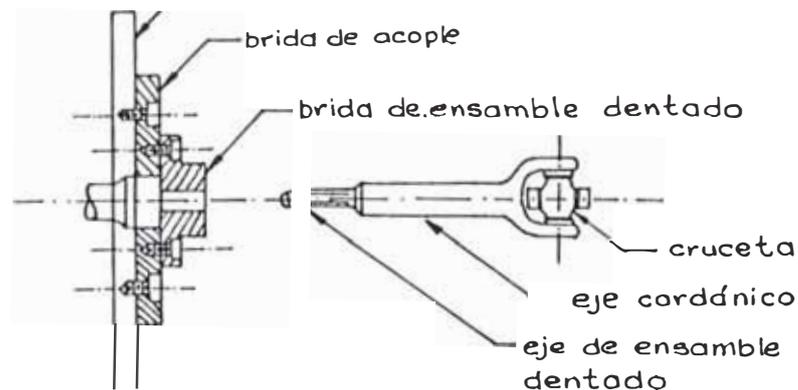
[19,22,39,40]

5.4.1.- Componentes :

a).- Freno dinamométrico eléctrico :

Tomando como referencia la figura 4.22 tenemos :

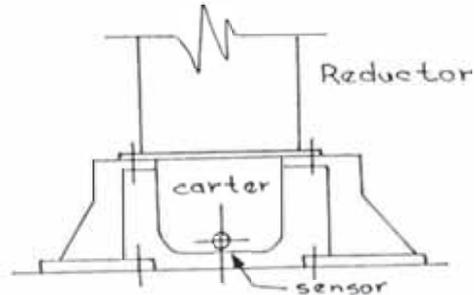
FIGURA 5.24 :  
Acoplamiento del eje yugo a la volante.  
— volante del m.c.i.



La figura 5.24 presenta un esquema de la forma y método de acoplamiento del eje y yugo transmisor de potencia.

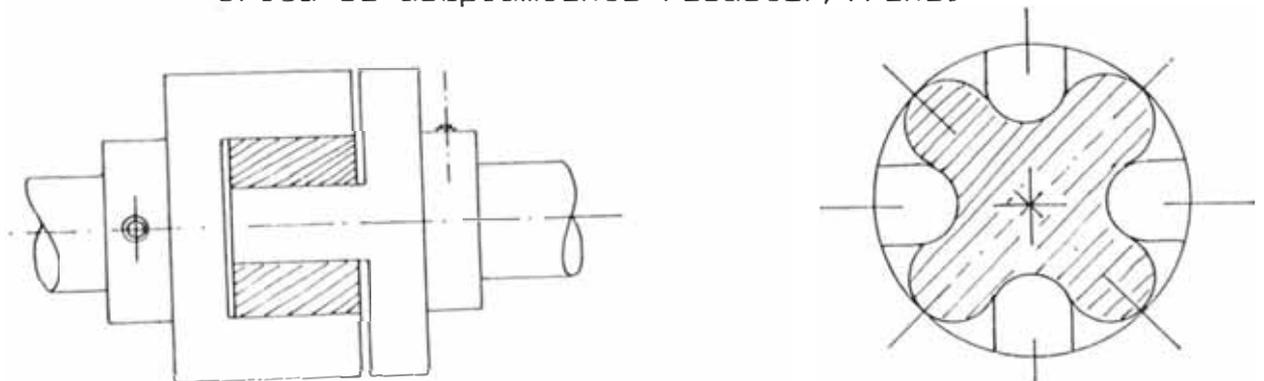
La figura 5.25 esquematiza el montaje del sensor de temperatura del aceite lubricante del mecanismo reductor de velocidad.

FIGURA 5.25 :  
Montaje del sensor de temperatura al reductor.



La figura 5.26 esquematiza la brida de acoplamiento de los bloques reductor-freno dinamométrico.

FIGURA 5.26 :  
Brida de acoplamiento reductor/freno.

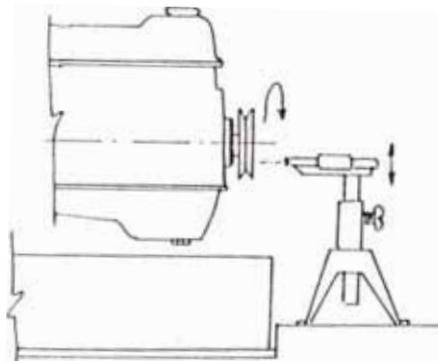


Para el caso del indicador de torque (W), el sistema es esencialmente el mismo, salvo en lo referente a que el dinamómetro (balanza) pueda enviar su señal de indicación hacia el tablero de mando y control del equipo; lo mismo ocurre en el caso del tacómetro (Ng). El bastidor portante es el actual.

b).- Motor de ensayos :

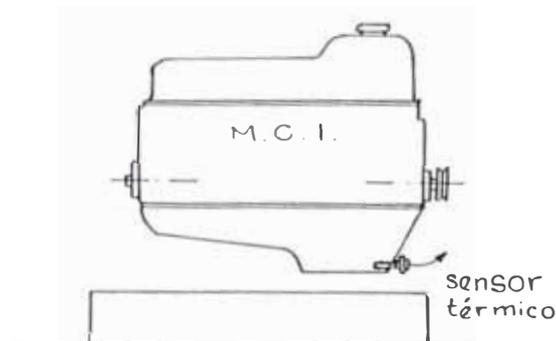
Tomando la referencia de la figura 4.23 tenemos en la figura 5.27 el esquema de montaje del sensor tacométrico (sensor de las rpm).

FIGURA 5.27 :  
Montaje del sensor tacométrico.



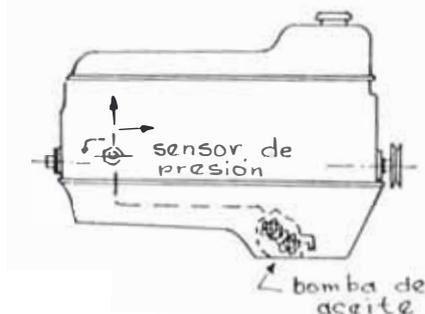
En la figura 5.28 el esquema de montaje del sensor de temperatura del aceite del carter del m.c.i.

FIGURA 5.28 :  
Montaje del sensor de temperatura.



En la figura 5.29 el esquema de montaje del sensor de la presión de aceite.

FIGURA 5.29 :  
Montaje del sensor de presión de aceite.



Para el caso del sensor de indicador de diagrama, hay que tener en cuenta lo recomendado en 2.3.7 el que remarcaba que el orificio de alojamiento del sensor no debe hacer variar el volumen del cilindro en estudio en no más de un 10 a 15%.

En cuanto al bastidor, este ya ha sido detallado en la figura 4.24; como accesorios será necesario contar con modificaciones a las formas (a) y también con platinas que actúen como suples (b), para variar la altura  $h_1$ .

El caso del eje-yugo con crucetas, ya ha sido visto en el ítem anterior.

#### c).- Elemento de carga :

Para este componente, como se puede observar en la figura 4.25, el rediseño incluye la instalación de un amperímetro y un voltímetro así como de sus dispositivos de maniobra. Ambos deben ser montados en el tablero principal.

#### 5.4.2.- Sistemas :

##### a).- Sistema de Refrigeración :

Como se puede apreciar de la figura 4.26, los instrumentos considerados para este sistema son termómetros y manómetros, principalmente.

Para el caso de la medición de las temperaturas se consideran instrumentos termoelectrónicos y para el caso de las presiones manómetros eléctricos. Las figuras 5.30 y 5.31 muestran las formas correctas de instalarlos en sus ubicaciones correspondientes, que se han indicado en el diagrama de la figura 4.26.

FIGURA 5.30 :  
Mont. sensor termoelectrónico.

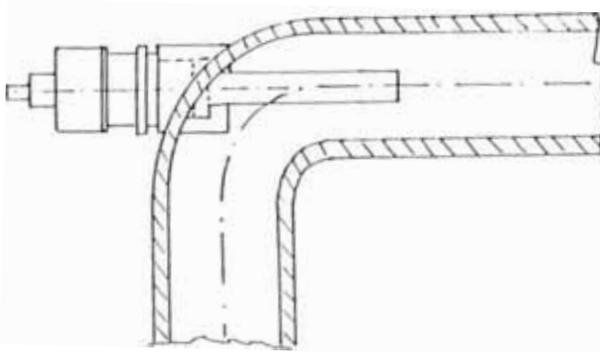
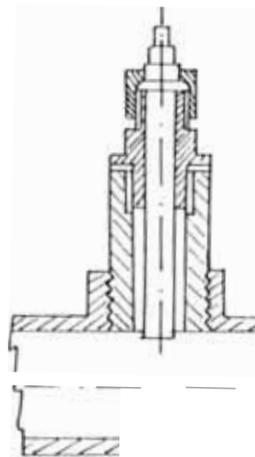


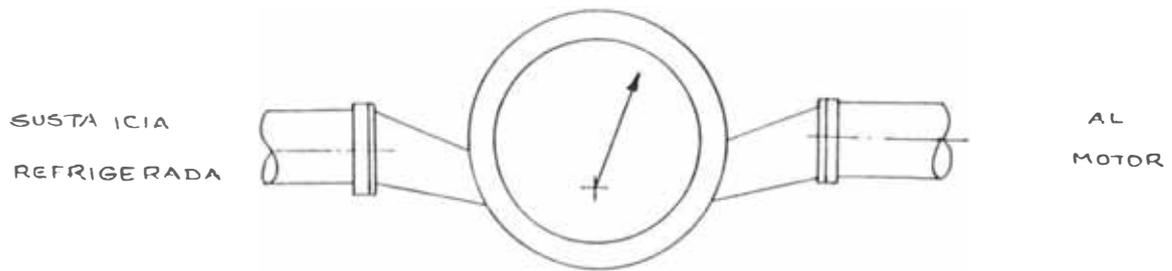
FIGURA 5.31 :  
Mont. sensor manométrico/eléct.



Para las válvulas se han considerado las del tipo de accionamiento a distancia (desde el tablero); se considera lo mismo para el accionamiento del ventilador, rejillas de regulación de flujo y bomba de compensación.

Como instrumento medidor del gasto de líquido refrigerante se utilizará un contador tacométrico, del cual se muestra un esquema en la figura 5.32.

FIGURA 5.32 :  
Montaje del contador tacométrico de flujo.



b).- Sistema de arranque :

Para las dos variantes que posee este sistema debe preverse que los instrumentos y sus dispositivos de maniobra, así como los correspondientes al mando y puesta en marcha del sistema, se encuentren montados en el tablero principal.

Los esquemas de conexiones ya han sido mostrados en en las figuras 4.27 y 4.28.

c).- Sistema de alimentación de combustible :

Considerando las figuras 5.17 y 5.18 se puede apreciar que es posible el control y operación de este sistema desde la cabina de mando; al respecto, la consideración a tomar en cuenta es la necesidad que tendrá el ensayista de contar con un ayudante de laboratorio.

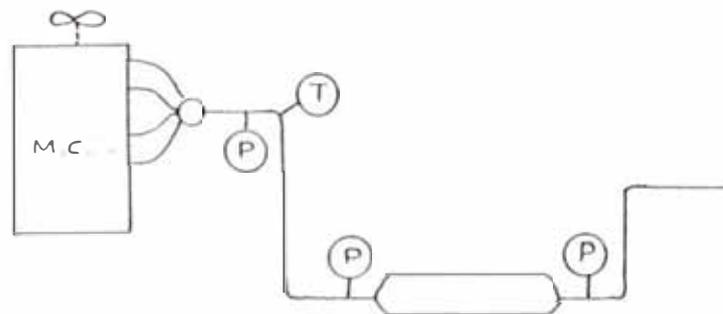
d).- Sistema de alimentación de aire :

En este sistema y en forma similar al caso anterior, la lectura del contómetro de aire es posible efectuarla desde la cabina de control, así como el registro de la caída de presión en el sistema (ver figuras 5.20 y 5.21).

e).- Sistema de eliminación de los gases de escape :

La figura 5.33 aclara algunos detalles sobre los emplazamientos que tendrán los sensores de temperatura y de caída de presión.

FIGURA 5.33 :  
Emplazamiento de los sensores de presión y temperatura.



5.5.- Otros aspectos :

[19,22,35,37,39,40]

Como ya se ha reseñado en 4.4 los aspectos considerados en el rediseño, los siguientes gráficos tendrán el carácter de esclarecimiento de algunos detalles que se hayan podido omitir.

La figura 5.34 muestra en vista de planta las estructuras que conforman el ambiente del laboratorio de

ensayo de motores; la figura 5.35 muestra el corte en sección.

FIGURA 5.34 :  
Vista de planta de las estructuras del laboratorio.

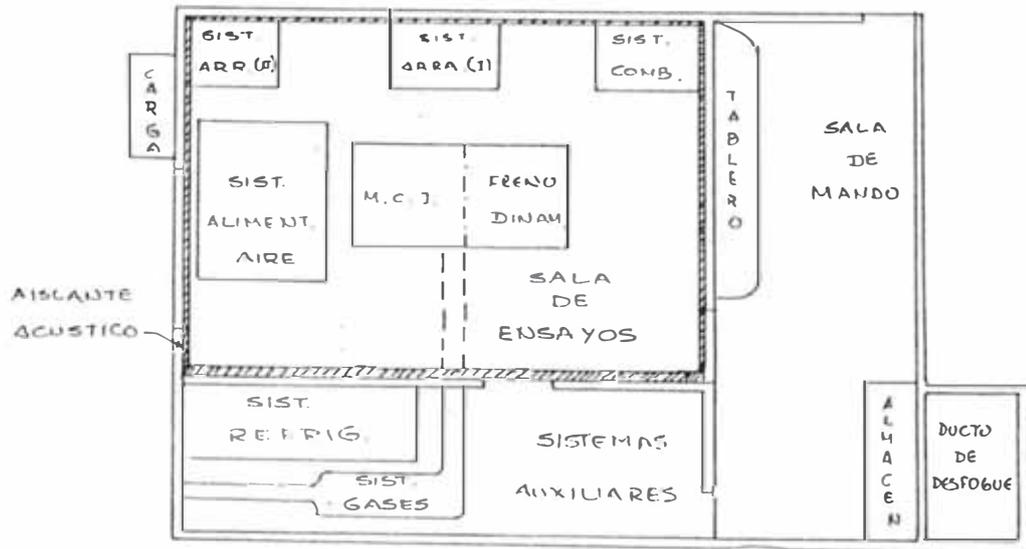
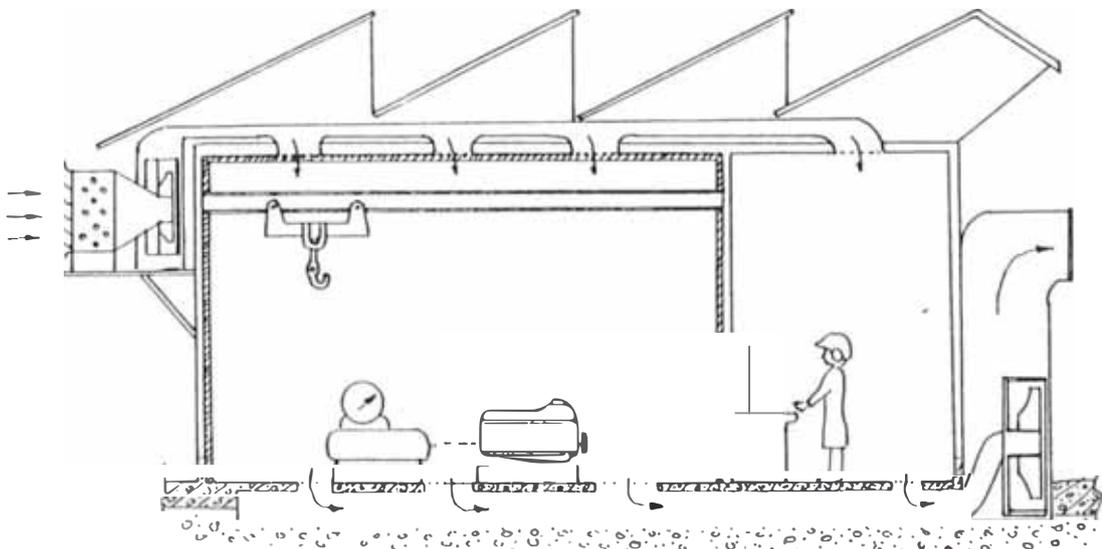


FIGURA 5.35 :  
Corte en sección de las estructuras del laboratorio.



En este punto, es importante considerar que el emplazamiento que se disponga debe estar en función de ofrecer una cómoda operación y manipuleo, tanto de los m.c.i. a ensayar, así como para el personal que tenga a

su cargo los experimentos.

Otro aspecto importante es el relacionado al sistema de regulación térmica que se está proponiendo, dado que la variación no controlable de los parámetros ambientales es un elemento perjudicial para el adecuado desarrollo de los experimentos.

Asimismo, no debemos pasar por alto el que en el laboratorio se pueda contar con las herramientas tanto manuales como automáticas que nos permitan realizar todas las acciones necesarias para el montaje/desmontaje de los instrumentos, accesorios, dispositivos, etc. que son necesarios de acoplar al banco de pruebas para determinadas experiencias. De igual forma, un pequeño grupo de máquinas herramientas, de bajo costo pero de suma utilidad al momento de hacer los ensambles en el banco de pruebas, es un factor muy importante.

Otro componente es el relacionado al manipuleo y almacenaje tanto de los m.c.i. para pruebas así como de los diversos equipos, componentes, accesorios, herramientas y otros, relacionados a la labor de experimentación en motores. El contar con un adecuado equipo de apoyo en estos aspectos es un factor que optimizará las labores propias de la experimentación.

Finalmente, es importante considerar el contar con los elementos y dispositivos, tanto de seguridad para las personas y equipos (extinguidores, alarmas), así como los correspondientes a los dispositivos de protección para las personas que impiden que elementos tales como el ruido o las fragmentaciones de partículas dañen a los que laboran en el laboratorio (orejeras contra ruidos, lentes anti-impactos, guantes de protección, mandiles de cobertura, etc.)

## CAPITULO 6 COSTOS Y PRESUPUESTO

### 6.1.- Consideraciones preliminares :

El objetivo de este capítulo es la determinación del presupuesto final que considera los costos de las modificaciones, inclusiones, adaptaciones y demás, que son propuestas en esta Tesis.

La propuesta desarrollada incluye aspectos de infraestructura civil, equipamiento de instrumental y accesorios modernos, modificaciones, adaptación y construcción de diversos sistemas. A efectos de dar homogeneidad al conjunto del estudio se ha mantenido el ordenamiento sugerido al inicio del mismo. Los cuadros resumen, consolidados y demás incluidos en el presente conservan la estructura mencionada.

Para el cálculo de los costos se trabaja en base a los códigos propuestos en 6.3, con la finalidad de contar con más espacio para el detalle de los costos. En el subcapítulo 6.5 consignamos la lista de proveedores nacionales y extranjeros, tanto de los componentes e instrumental, así como los de materiales para la

construcción y/o fabricación de los componentes necesarios.

Asimismo, cuando se detalla el monto del costo del elemento tomado en cuestión, en la parte referida a (Notas), se considera un código que corresponde al proveedor que figura con el mismo código en 6.5

#### 6.2.- Criterios adoptados para el cálculo de los costos :

A efectos de tener un argumento sólido para sustentar costos del presupuesto, se ha recurrido a dos criterios básicos que rigen la determinación de los costos :

Un primer criterio es adoptar una unidad monetaria de referencia estable que nos permitirá tener un mayor grado de vigencia relativa de la estructura de costos que se presenta.

Por esta razón, adoptamos el dólar N.A. ( US\$ ) como unidad de referencia para el cálculo de costos; así, bastará con el dato de cambios vigentes a la fecha de la edición de la presente y a la fecha que se quiera actualizar para que se pueda contar con el presupuesto en moneda nacional.

- Un segundo criterio, relacionado al anterior, es sobre la procedencia de los elementos propuestos en el estudio

y que serán montados en el equipo. Principalmente, en lo referente al instrumental y algunos componentes de ciertos sistemas, éstos deberán ser traídos de importación ya que no son fabricados localmente. Al respecto, se ha considerado los precios de estos elementos según catálogos de fabricantes y en su país de origen; en éste caso se consideran los precios de los productos FOB, ya que los costos CYF + Impuestos han sido variables con el tiempo y es preferible hacer el cálculo en el momento en que se quiera hacer la compra.

6.3.- Cuadro consolidado de los elementos considerados en el re-diseño :

En este cuadro consignamos todos los elementos que se han considerado para efectos de el re-diseño:

REF/CLASIFIC	DETALLE	CODIGO
1) Componentes :		
Fre.dinamom.	reductor de velocidad	CF/REDVE
	unión elemento flexible	CF/UNFLE
	unión cardánica	CF/UNCAR
	cimentación monolítica	CF/CIMMO
Mot.Ensayos	bastidor portante	CM/BAPOR
	cimentación antivibraciones	CM/CIANT
Elemen.Carga	banco de resistencias	CE/BARES
	tejado protección climatica	CE/TEPRO

## 2) Sistemas :

Combustible	estructura de anclaje bomba cebado continuo dispositivo de maniobra	SC/ESANC SC/BOMCE SC/DIMAN
Alim.Aire	tanque de almacenamiento mangueras/tuberías conexión	SA/TQALM SA/MATUB
Gases Escape	tubería flexible y descarga reductor de ruido sist.isotérmico protección	SG/TUBER SG/RERUD SG/SIPRO
Refrigeración	radiador/disipador calor ventilador/soplador elect bomba de presión variable regulador de flujo de aire tanque agua temp.ambiente	SR/RAD SR/VENT SR/BOM SR/REG SR/TQE

-----  
3) Instrumentos y accesorios :

Fre.dinamom.	sensor temp.aceite lubricante del reduct.veloc + instrum. balanza y sistema de control tacómetro(sensor+instrumento)	IA/RETEA IA/REBAL IA/RETAC
Mot.Ensayos	tacómetro(sensor+instrumento) temp.aceite (sensor+instrum) pres.aceite (sensor+instrum) indic.diagrama neumoelectrico indic.diagrama electrónico	IA/MOTAC IA/MOTEA IA/MOPRA IA/MOINE IA/MOIEL
Elemen.carga	amperímetro/voltímetro 220VDC dispositivos de maniobra	IA/CAAV220 IA/CAMAN
Sist.arranque	cronómetro/amperímetro12VDC cronómetro/amperímetro220VDC dispositivos maniobra/control	IA/SACRAM12 IA/SACRAM220 IA/SAMANCRO
Sist.combust.	medidor gravimétrico de comb. temperatura del combustible	IA/SCGRAV IA/SCTEC
Sist.aire	contómetro (maniobra,control) temp.aire de alimentación humedad relat/presión baromet	IA/SACON IA/SATEA IA/SAHRP
Sist.gases	temperatura gases de escape analizador de gases detector variac.manometrica	IA/SGTEG IA/SGANL IA/SGDVM
Sist.refrig.	manga direccionadora de aire medidor de flujo de agua temp.agua circulante (5 ptos) pres.agua circulante (5 ptos) válvulas/control de flujo	IA/SRMAN IA/SRFLU IA/SRTEM IA/SRPRE IA/SRVAL

## 4) Otros aspectos :

Estructura	local, techo, acabados regulación térmica(ventilac) protección anti-ruidos	OA/ESLTA OA/ESRET OA/ESPRU
Equipamiento	herramientas máquinas/herramientas seguridad (incendios) manipuleo y almacenaje	OA/EQHER OA/EQMAQ OA/EQSEG OA/MANAL

---

## 6.4.- Determinación y cálculo de los costos :

## 6.4.1.- Componentes :

## a) Freno dinamométrico :

**Reductor de velocidad (CF/REVE)**

Este dispositivo puede ser obtenido de dos maneras:

directo del fabricante o,  
adaptando un reductor del tipo vehicular.

Si se trata de la primera forma, estamos hablando de reductor de velocidad del tipo de ejes paralelos, modelo que actualmente es fabricado en el Perú. De esta manera, tenemos la siguiente cotización para un reductor de las características que se ajustan a nuestros requerimientos :

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
1	Reductor de ejes paralelos	350.00	, 5

## 4) Otros aspectos :

Estructura	local, techo, acabados	OA/ESLTA
	regulación térmica(ventilac)	OA/ESRET
	protección anti-ruidos	OA/ESPRU
Equipamiento	herramientas	OA/EQHER
	máquinas/herramientas	OA/EQMAQ
	seguridad (incendios)	OA/EQSEG
	manipuleo y almacenaje	OA/MANAL

---

## 6.4.- Determinación y cálculo de los costos :

## 6.4.1.- Componentes :

## a) Freno dinamométrico :

**Reductor de velocidad (CF/REVE)**

Este dispositivo puede ser obtenido de dos maneras:

directo del fabricante o,  
adaptando un reductor del tipo vehicular.

Si se trata de la primera forma, estamos hablando de un reductor de velocidad del tipo de ejes paralelos, modelo que actualmente es fabricado en el Perú. De esta manera, tenemos la siguiente cotización para un reductor de las características que se ajustan a nuestros requerimientos :

Cantidad	Descripción	Costo US\$	Notas
1	Reductor de ejes paralelos	350.00	5

Si optamos por la segunda modalidad, lo que cabe es obtener una caja reductora de velocidad del tipo vehicular. Así, tenemos lo siguiente:

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
1	Caja de transmisión (2000 cc)	620.00	6

Para efectos de considerar los costos totales, para los dos casos, debemos incluir los costos referentes a la adaptación del mecanismo reductor de velocidad al freno dinamométrico. Podemos considerar, con bastante aproximación, este costo en US\$200.00 con lo cual tenemos :

Costo total opción (1) : US\$550.00

Costo total opción (2) : US\$820.00

(para efectos del cálculo consideraremos la opción 1)

#### **Unión con elemento flexible (CF/UNFLE)**

En el mercado nacional es posible obtener este dispositivo directamente del representante en el Perú; tenemos entonces los siguientes datos :

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
1	Unión con elemento flexible	75.00	7

#### **Unión cardánica (CF/UNCAR)**

Este elemento de acople se puede obtener únicamente de fabricación o adaptación de acuerdo a las medidas finales que se obtengan después del montaje de las piezas

principales (bridas, crucetas); las piezas que lo conforman pueden ser obtenidas del mercado de autopartes, teniendo los siguientes precios:

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
4	Bridas	universal	32.00	8
2	Crucetas	universal	60.00	8
1	Eje cardán	universal	25.00	8
1	Eje Yugo	universal	32.50	8
---	maquinado + m.de o.		150.00	16

Total : US\$299.50

#### **Cimentación monolítica (CF/CIMMO)**

En este caso se trata de ejecutar la obra en base a un diseño propuesto en el Capítulo 4. Los costos se dividen en dos ítems: materiales y mano de obra; los precios consignados son los del mercado de la construcción:

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
8	varilla 3/8" fierro corrugado	40.00	15
4	alambrón de construcción	8.00	15
15	piedra chancada 1/2"	18.00	15
7	arena gruesa	8.00	15
7	cemento Portland	28.00	15
2	arena fina	4.5	15
	Mano de obra (acabado)	50.00	14

TOTAL : US\$156.50

b) Motor de ensayos :**Bastidor portante (CM/BAFOR)**

Para el caso de este dispositivo tenemos que recurrir a su fabricación, de acuerdo al diseño propuesto; el desgajado de costos es como sigue:

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
4.0	riel-guía en forma de U(std)	85.60	9
3.0	perfil U 3x3x1/2"	97.55	9
10	pernos 1/2x 3" con tuerca maquinado	15.50 20.00	12 16
---	Mano de obra (montaje/ensamble)	50.00	16

TOTAL : US\$268.65

**Cimentación anti-vibraciones (CM/CIANT)**

En este caso también debemos recurrir a la ejecución de la obra de acuerdo al diseño propuesto :

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
12	varilla 1/2" fierro corrugado	183.00	15
4	alambrón de construcción	2.10	15
20	piedra chancada 1/4"	35.00	15
10	arena gruesa	14.00	15
12	cemento Portland	120.00	15
4	arena fina	6.00	15
1.9	plancha 1.7x1.1m contra impactos	24.95	13
	armado estructura fierro	30.00	14
	Mano de obra (acabado)	70.00	14

TOTAL : US\$485.05

c) Elemento de carga :

**Banco paralelo de resistencias (CE/BARES)**

Este banco hay que fabricarlo de acuerdo a las medidas finales acabadas del laboratorio. La estructura de costos es la que sigue :

Cant	Descripción	Costo US\$	Notas
15	resistencia elect.tipo espiral con alma de cerámica 1000W220VDC	65.00	11
1	chasis portante para resistencias estructura metálica, rejilla protección y borneras de conexión	30.00	11
TOTAL :		US\$95.00	

**Tejado de protección climática (CE/TEPRO)**

Este dispositivo es, básicamente, la construcción de un techo aligerado, a media agua y con empotramiento a la pared.

Con estas características tenemos:

Cant	Descripción	Costo US\$	Notas
1	plancha ETERNIT simple	12.50	15
1	estructura madera (tijeral)	10.00	14
	Mano de obra(anclaje,montaje)	15.00	14
TOTAL :		US\$37.50	

**6.4.2.- Sistemas :**

a) De combustible:

**Estructura de anclaje (SC/ESTAN)**

Se trata de un soporte que sostenga el tanque de combustible y que se encuentra anclado a la pared. El diseño es bastante sencillo ya que se trata tan solo de

dos escuadras de perfil metálico cortadas y soldadas; a precios de mercado los costos son:

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
2mts	platina de fierro 1 1/2"x1/16"	33.50	9
1.2m	perfil L de fierro 2x2"1/16"	22.01	9
	Mano de obra (incluye maquinado)	30.00	16

TOTAL : US\$85.51

**Bomba de cebado continuo/dispositivo de maniobra (SC/BOMCE)**

Estos elementos se consiguen directamente del proveedor:

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
1	bomba cebado	J-7105-02	63.80	17/586
1	tablero contrl	J-1576-00	58.25	17/214

TOTAL :US\$121.05

b) De alimentación de aire :

**Tanque de almacenamiento (SA/TQALM)**

Según el diseño propuesto tendremos que construir el mencionado tanque. La estructura de costos es :

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
4	plancha de Fe galvanizado (1/32")	88.70	9
2	perfil L de Fierro 2x2"x1/16"	36.69	9
	Mano de obra (incluye corte, maquinado, soldadura, montaje)	100.00	16

TOTAL : US\$225.39

**Mangueras y tuberías de conexión (SA/MATUB)**

Estos elementos son complementarios al tanque de almacenamiento; los costos son :

Cant	Descripción	Costo US\$	Notas
10	manguera de aire 4"	22.50	1
8	abrazaderas flexibles 4"	8.00	1
0.5m	manguera rígida 4"(c/ensanche)	1.35	1
TOTAL :		US\$31.85	

c) De gases de escape :

**Tubería de descarga, elementos de acople, reductor de ruido y sistema isotérmico de protección**

Para el caso se han considerado los siguientes códigos:

SG/TUBER, SG/RERUD, SG/SIFRO.

Cant	Descripción	Costo US\$	Notas
6	tubo sin costura 1 1/2"x1/32"	40.35	9
2	brida de acople universal	10.25	7
1	reductor de ruido, tipo silencioso, relleno con fibra	50.00	3
1	plancha de lana de asbesto	39.50	2
1	plancha latón	15.00	2
10	abrazaderas de ajuste 2"	7.50	2
0.5	plancha Fe 1/16"	22.60	9
TOTAL :		US\$185.80	

d) De refrigeración:

En este sistema se tiene mayor complejidad por los diversos procesos que se tienen que implementar.

Los códigos considerados son los siguientes:

SR/RAD, SR/VENT, SR/BOM, SR/REG, SR/TQE

La estructura de costos es como sigue :

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo US\$</u>	<u>Notas</u>
1	radiador vehicular 5.37m2	62.50	4
1	ventilador eléctrico 1/4HP	60.00	10
1	bomba presión variable 0-20psi	135.20	31
1	panel regulación flujo aire	75.00	16
1	tanque almacenamiento aux. agua	45.00	16
10	mangueras/accesorios de conexión	50.00	1
TOTAL :		US\$427.70	

#### 6.4.3.- Instrumental y accesorios :

Específicamente para este sub-capítulo consideraremos dos grandes rubros: el primero referido a los instrumentos y accesorios que pueden ser obtenidos directamente del fabricante o del distribuidor (que figurará en la nota respectiva). El segundo se referirá a lo que se tenga que adaptar o fabricar, por lo que la determinación de su costo será discriminada.

##### a) Freno dinamométrico:

Para este caso se consideran los códigos:

IA/RETEA, IA/REBAL, IA/RETAC.

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>CostoUS\$</u>	<u>Notas</u>
1	cable de extensión 25'	J-8516-35	18.00	17/816
1	sensor de temperatura	J-8514-70	32.50	17/805
1	instrumento de tablero	J-8571-05	569.00	17/796
1	manual de servicio	J-8571-91	50.00	17/797
1	manual de operación	J-8571-93	10.00	17/797
1	fuelle de energía (inst)	J-8571-95	4.00	17/797
3	juego de grapas	J-8509-82	21.60	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816

1	juego de terminales	J-8539-22	8.00	17/816
1	cable conector	J-8530-49	78.00	17/814
1	conector miniatura	J-8509-62	1.80	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de bridas seguridad	J-8509-81	7.20	17/816
1	alicate de corte	J-9901-90	5.20	17/817
1	seguro contra-presión	J-8539-04	2.45	17/817
1	seguro contra-presión	J-8539-42	2.25	17/817
1	dinamómet de regulación		135.20	25
1	contador/tacómetro	J-8200-10	310.00	17/774
1	sensor fotoelec.c/port	J-8201-11	54.60	17/774

TOTAL : US\$1,325.80

b) Motor de ensayos :

Se consideran los códigos :

IA/MOTAC, IA/MOTEA, IA/MOFRA, IA/MOINE, IA/MOIEL.

Cant	Descripción	Modelo	CostoUS\$	Notas
1	tacómetro temporizador	J-8200-55	270.00	17/775
1	sensor fotoeléctrico	J-8200-54	54.60	17/775
1	portasensor	J-8200-56	38.50	17/775
1	sensor temp.aceite	J-8514-70	32.50	17/805
1	instrumento de tablero	J-8571-05	569.00	17/796
1	conector miniatura	J-8509-62	1.80	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de bridas seguridad	J-8509-81	7.20	17/816
1	cable de extensión 25'	J-8516-35	18.00	17/816
1	fuentes de energía (inst)	J-8571-95	4.00	17/797
	juego de grapas	J-8509-82	21.60	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de terminales	J-8539-22	8.00	17/816
1	cable conector	J-8530-49	78.00	17/814
1	manómetro indic.digital	J-7350-39	248.00	17/888
1	transductor manométrico	J-7352-04	207.00	17/889
1	equipo indicador diagrama neumoeléctrico		3000.00	25
1	equipo indicador diagrama electrónico		3500.00	25

TOTAL : US\$8,074.20

c) Elemento de carga :

Se consideran los códigos : IA/CAAV220, IA/CAMAN.

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>CostoUS\$</u>	<u>Notas</u>
1	amperímetro 220VDC5A		62.00	25
1	voltímetro 250VDC		38.50	25
1	interruptor 2 polos univ/TICINO		12.00	10
1	conmutador 6 polos		41.50	10
30	mts cable conexiones14AWGTW		44.10	10
1	juego terminales brida		12.00	10
TOTAL :			US\$210.10	

d) Sistema de arranque :

Se consideran los códigos :

IA/SACRAM12, IA/SACRAM220, IA/SAMANCRO.

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>CostoUS\$</u>	<u>Notas</u>
2	cronómetro 1/1000"		85.20	25
1	amperímetro12VDC50A		60.00	25
1	amperímetro220VDC5A		62.00	25
TOTAL :			US\$207.20	

e) Sistema de combustible :

Se consideran los códigos : IA/SCGRAV, IA/SCTEC.

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>CostoUS\$</u>	<u>Notas</u>
1	balanza registro digital	J-1051-42	1495.00	17/39
1	pipetas de contención	J-6168-00	62.00	17/528
2	und tubería teflón	J-6375-01	25.50	17/550
3	válvula de tres vías	J-6373-15	71.61	17/550
2	reductores 1/4x1/8"	J-6373-71	13.89	17/551
1	cable de extensión 25'	J-8516-35	18.00	17/816
1	sensor temp combust.	J-8117-40	19.75	17/807
1	instrumento de tablero	J-8571-05	569.00	17/796
1	fuelle de energía (inst)	J-8571-95	4.00	17/797
1	juego de grapas	J-8509-82	21.60	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816

1	juego de terminales	J-8539-22	8.00	17/816
1	cable conector	J-8530-49	78.00	17/814
1	conector miniatura	J-8509-62	1.80	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de bridas seguridad	J-8509-81	7.20	17/816

TOTAL : US\$2411.35

f) Sistema de alimentación de aire :

Se consideran los códigos :

IA/SACON, IA/SATEA, IA/SAHRP.

Cant	Descripción	Modelo	CostoUS\$	Notas
1	anemómetro lect.dist	J-5710-06	525.00	17/24
1	extensión del sensor	J-5710-09	62.85	17/24
1	termohigrómetro	J-3310-74	75.00	17/319

TOTAL : US\$ 662.85

g) Sistema de gases de escape :

Se consideran los códigos : IA/SGTEG, IA/SGANL, IA/SGDVM.

Cant	Descripción	Modelo	CostoUS\$	Notas
1	sensor para temp.gases	J-8514-97	48.00	17/805
1	instrumento de tablero	J-8571-05	569.00	17/796
1	fuelle de energía (inst)	J-8571-95	4.00	17/797
3	juego de grapas	J-8509-82	21.60	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de terminales	J-8539-22	8.00	17/816
1	cable conector	J-8530-49	78.00	17/814
1	conector miniatura	J-8509-62	1.80	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de bridas seguridad	J-8509-81	7.20	17/816
1	analizador de gases	Orsat	1800.00	25
1	detector manométrico	J-912-00	178.00	17/890
2	und tubería teflón	J-6375-01	25.50	17/550
	válvula de tres vías	J-6373-15	71.61	17/550
2	reductores 1/4x1/8"	J-6373-71	13.89	17/551

TOTAL : US\$2842.60

## h) Sistema de Refrigeración :

Se consideran los siguientes códigos :

IA/SRMAN, IA/SRFLU, IA/SRTEM, IA/SRPRE, IA,SRVAL.

<u>Cant</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modelo</u>	<u>CostoUS\$</u>	<u>Notas</u>
1	manga directora flujo	especific.	25.00	16
1	flujómetro		350.00	25
1	equipo sensor de temp. (5 puntos) :			
5	sensor para temp.gases	J-8514-97	240.00	17/805
1	instrumento de tablero	J-8571-05	569.00	17/796
1	fuerza de energía (inst)	J-8571-95	4.00	17/797
	juego de grapas	J-8509-82	21.60	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de terminales	J-8539-22	8.00	17/816
1	cable conector	J-8530-49	78.00	17/814
1	conector miniatura	J-8509-62	1.80	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de bridas segurid	J-8509-81	7.20	17/816
1	equipo sensor de presión fluidos (5 puntos) :			
5	sensor presión fluidos	J-8514-70	162.50	17/805
1	instrumento de tablero	J-8571-05	569.00	17/796
1	conector miniatura	J-8509-62	1.80	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de bridas segurid	J-8509-81	7.20	17/816
1	cable de extensión 25'	J-8516-35	18.00	17/816
1	fuerza de energía (inst)	J-8571-95	4.00	17/797
	juego de grapas	J-8509-82	21.60	17/816
1	juego de terminales	J-8539-20	8.00	17/816
1	juego de terminales	J-8539-22	8.00	17/816
1	cable conector	J-8530-49	78.00	17/814
1	manómetro indic.digital	J-7350-39	248.00	17/888
1	transductor manométrico	J-7352-04	207.00	17/889
1	equipo controlador de flujo, a distancia:			
5	válvulas de control reg.	J-1362-12	647.50	17/290
2	válvulas switch(n.cerr.)	J-1368-73	309.90	17/895
2	válvulas switch(n.abie.)	J-1368-59	444.20	17/895
2	válvulas switch(by-pass)	J-1368-89	526.60	17/895
1	rollo tubería conex.3/8"	J-6408-12	50.50	17/558
1	fuerza de energía tab.	J-8571-95	4.00	17/797

TOTAL : US\$4,269.40

## 6.4.4.- Otros aspectos :

## a) Estructura

Se consideran los códigos :

OA/ESLTA, OA/ESRET, OA/ESFRU.

Cant	Descripción	Modelo	CostoUS\$	Notas
1	construcción local	especific.	4500.00	14
1	sistema reg. térmica	especific.	1200.00	16
1	sistema anti-ruídos	especific.	850.00	16

TOTAL : US\$6,550.00

## b) Equipamiento

Se consideran los códigos :

OA/EQHER, OA/EQMAQ, OA/EQSEG, OA/MANAL.

Cant	Descripción	Modelo	CostoUS\$	Notas
1	juego llaves exag. mm	G527B175	12.95	18/11
1	juego llaves exag.in	G527B675	14.95	18/11
1	llave ajustable 6"	G66B320	10.95	18/11
1	llave ajustable10"	G66B305	15.75	18/11
1	torquimetro 750in-p	G281B750	117.00	18/11
1	jgo llav boca corona	G61B251	78.50	18/12
1	jgo llav boca corona	G61B253	105.00	18/12
1	jgo llav dado "	G61B243	63.95	18/13
1	juego desarmadores	G403B156	34.95	18/13
1	alicate presión 10"	G131B100	11.50	18/16
1	jgo brocas carbono	G410B123	180.00	18/49
1	taladro mano 3/8"HD	G836B166	94.00	18/50
1	mini-torno	G334B840	499.00	18/51
1	mini taladro vertical	G334B600	479.00	18/51
1	bomba man/combustible	216236PF35	47.00	21/148
1	carrito p/cilindros	131180A	285.00	21/154
1	grúa portátil b/costo	2303272703	466.00	21/79
1	extinguidores halón		150.00	30
4	protectores de oído	2022T250	46.00	21/158

TOTAL : US\$2711.50

## 6.5.- Lista de Proveedores :

<u>Nota</u>	<u>Razón Social</u>	<u>Dirección</u>	<u>Tel #</u>	<u>Obs</u>
<u>A) NACIONALES</u>				
1	Casa de las Mangueras	Argentina 6202 Callao	520865 523029	dist
2	AISLA S.A.	Venezuela 2360 Breña	310271 318636	fab
	Silenc. Untiveros	R.Panamá 3910 Surquillo	411728	fab
4	RAFESA	V.Espantoso271 Callao	526712	fab
5	MOTOREX	Argentina 2989 Callao	524796	fab
6	Piñones y Transmisiones	G.Naranjo 254 La Victoria	311476	dist
7	I.M. Ludmir	Iquitos 110 La Victoria	324164	dist
8	RELISA	Grau 362 La Victoria	324159	dist
9	YOHERSA	Bélgica 1650 La Victoria	725140	dist
10	MORITANI	Andahuayl.1498 La Victoria	729997	dist
11	THERMOWATT	Mejico 1340 La Victoria	710773	fab
12	DINASA	Cutervo 2030 Ch.Rios Norte	311683	fab
13	ALF Industria del Caucho	Giribaldi 589 La Victoria	323227	fab
14	J.Férez Wilson y Cia.	Surquillo		const
15	(mat de construcción)			
16	(metal mecánica)			
30	(extinguidores)			

B) EXTRANJEROS :

- 17 COLE-FARMER INSTRUMENT COMPANY  
/Catalogue Reference (87-88)
- 18 JENSEN TOOLS INC  
/Catalogue Reference for products (1990)
- 19 MISCO INC  
/Catalogue Reference (1990)
- 20 CAPITOL RADIO - Wholesalers Inc  
/Catalogue reference 1990
- 21 RAND - Materials Handling Equipment Co. Inc.  
Catalogue reference for 1990-1991

C) Otros :

- 25 Consideraciones de costo aproximado, teniendo en cuenta referencias.  
(Se toma este criterio, para muy pocos casos, dado la inexistencia de información en cuanto a proveedores o catálogos referenciales. Este caso es básicamente para equipo muy especializado.)

## 6.6.- Cuadro consolidado de los costos por elementos :

Referencia	Clasificación	Costo US\$	Notas
Componentes	freno dinamom.	1081.00	
	motor de ensayos	753.70	
	elemento carga	132.50	
Sistemas	combustible	206.56	
	aliment.aire	257.24	
	gases escape	185.80	
	refrigeración	1054.70	
Instrumental, Accesorios	freno dinamom.	1325.80	
	motor de ensayos	8074.20	
	elemento carga	210.10	
	sist.arranque	207.20	
	sist.combustible	2411.35	
	sist.aliment.aire	662.85	
	sist.gases escape	2842.60	
sist.refrigeración	4269.40		
Otras aspectos	estructura	6550.00	
	equipamiento	2711.50	

TOTAL : US\$32,936.50

## 6.7.- Resumen de costos y presupuesto final :

Como se menciona al principio del Capítulo, la procedencia de lo presupuestado determinará su costo final, dependiendo del impuesto que grave en ese momento a la partida respectiva. Para efectos de tener un aproximado del monto que es necesario de importar haremos dos cuadros resúmenes: el primero considerará el total global sin distinción, y el segundo discriminará el monto de lo importado.

## a) Costos según elementos considerados :

Elemento	Descripción	Costo US\$	Notas
Componentes	adaptaciones/ modificaciones	1967.20	incluye m o
Sistemas	adaptaciones/ modificaciones	1704.30	incluye m o
Instrumental, Accesorios	instrumentos/ accesorios/ dispositivos	20003.50	no incl imp/ no incl m.o.
Otros aspectos	construcciones/ ambientaciones equipo	9261.50	incluye m o no inc imp.
=====			
TOTAL :		US\$32,936.50	

## b) Costos según procedencia :

<u>Elemento</u>	<u>C.nacUS\$</u>	<u>C.importUS\$</u>	<u>C.tot.US\$</u>
Componentes	1967.20	-----	1967.20
Sistemas	1583.25	121.05	1704.30
Instr,Acces.	134.60	19868.90	20003.50
Otros aspec.	6550.00	2711.50	9261.50
=====			
TOTALES :	10235.05	22701.45	32936.50

## CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo, tenemos las siguientes conclusiones :

1.- Una primera conclusión, evidente por cierto, es la constatación de la gran brecha tecnológica que existe entre los países con diversos niveles de desarrollo y países caracterizados por la carencia, como el nuestro; esta diferencia se expresa de diversas maneras: desde la falta de una industria automotriz propia, hasta la ausencia de bibliografía especializada y menos aún actualizada. Esta brecha toca, necesariamente, todo el espectro relacionado a lo tecnológico abarcando también a los centros de enseñanza técnica. Es por esto que los esfuerzos de investigación o de desarrollo en el área, por modestos que sean, deben ser valorados en su mérito y sobre todo, incentivados.

El tema de la industria automotriz es amplio y complejo, escapa a los objetivos que el estudio se planteó; sin embargo, es conveniente insistir en que la importancia del desarrollo de esta tecnología está vinculada al de otras ramas, con un efecto impulsor

generando un efecto de repercusión que amplía el espectro de impacto como generador de empleo y desarrollo económico. Esto dá una razón de peso especial para dar impulso a esta tecnología y por las circunstancias de crisis por las que atraviesa nuestra patria.

2.- Ligado lo anterior, está lo referente al equipamiento con que cuentan los centros de enseñanza tecnológica en general, y nuestra Universidad en particular.

A partir del marco conceptual desarrollado en el Capítulo 2 y la posterior evaluación efectuada en el Capítulo resulta muy saltante la diferencia explicitada en (1).

El equipo para prueba de motores con que cuenta el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la UNI, motivo de nuestro estudio, fué montado en 1960. Desde entonces a la fecha no se han obtenido resultados a los esfuerzos en el sentido de implementar equipos con las actualizaciones tecnológicas del caso.

3.- Del ejercicio realizado al contrastar la teoría y la evaluación a nuestro equipo en estudio, podemos concluir en que si es posible potenciar el banco de pruebas, asignándole nuevas condiciones tanto de funcionamiento

como de utilidad, razón esta última que por sí sola justifica el esfuerzo realizado.

Esto significa, tal como detallamos en el capítulo concerniente al re-diseño, una serie de modificaciones, adaptaciones y adecuaciones de diversos accesorios é instrumentos, así como de la construcción de ciertos elementos que en conjunto con los anteriores hacen que el banco de pruebas para motores e.ch. cobre vigencia y, sobre todo, se re-valorice en su utilidad a un costo bastante reducido, lo cual ha sido una de nuestras centrales preocupaciones.

4.- Un factor limitante para conseguir poner en funcionamiento nuestro banco de pruebas para motores e.ch. es lo restringido del mercado nacional de proveedores, principalmente en lo referido a equipamiento especializado; en este aspecto la limitación fué tanto para los precios como para la información en cuanto a la variedad y características.

Sin embargo, gracias al apoyo de los profesionales que acompañaron el desarrollo del estudio, se ha podido ubicar los distribuidores que pueden suministrar los elementos que se requieran. En este aspecto debo señalar que la información proporcionada puede ser ampliada en el momento que se la necesite.

5.- Llegado a este punto, señalaremos que la viabilidad de la implementación del re-diseño del banco de pruebas para motores e.ch. encuentra su fundamentación principal en dos aspectos: el primero, relacionado a la revitalización de la actividad de la enseñanza tecnológica abarcando tanto la parte teórica como la experimental y de investigación; el segundo aspecto incide en el costo reducido de implementación del re-diseño contra la perspectiva de una implementación nueva y total. Nuestro nivel de presupuesto, del orden de los US\$35,000 resulta conveniente comparado con los US\$150,000 que, según averiguaciones, costaría la implementación de otro equipo "llave en mano" y de similares características.

6.- Una razón de singular importancia es la de las posibilidades de ir relacionando las diversas ramas del quehacer tecnológico vinculándolas a tareas y objetivos comunes, como es el caso del presente estudio.

Un ejemplo de esto es la aplicación de la electrónica para la automatización del equipo, que a su vez requiere de la búsqueda tanto de métodos de lograrlo como de la búsqueda de materiales y dispositivos que hagan posible esta meta. Como se observa, la inter-relación de las disciplinas es importante; ellas se apoyan para su mutuo desarrollo.

7.- Como conclusión final debemos resaltar el aporte que el presente trabajo busca plantear como referencia especializada en el tema de la experimentación de motores. El desarrollo del estudio nos ha mostrado que la literatura especializada disponible es muy escasa; la que existe se encuentra parcialmente incluida, en muchos casos sólo referencialmente.

Al respecto, espero que este trabajo pueda servir de referencia constante a los estudiantes del curso de Máquinas Térmicas y, en especial, a los que se sientan atraídos al tema de los motores de combustión interna no solo por una inclinación natural hacia el tema sino también que descubran en él aquél sabor singular que es el de realizarse trabajando apasionadamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Motores Diesel / Montaje, pruebas, mediciones.  
Schwarzbock, Ernesto P.J.  
Primera Edición 1934.
- 2.- Motores Diesel / Construcción, montaje.  
Miranda, Pedro.  
Primera Edición 1960.
- 3.- Motores Diesel / Montaje, reglas.  
Miranda, Pedro.  
Editorial Gustavo Gili S.A. Cuarta Edición 1960.
- 4.- Motores : Mantenimiento. /Medida de las características.  
Crouse, William H.  
Tercera Edición 1981.
- 5.- Motores a Explosión. / Construcción.  
Bardin, Rene.  
Primera edición 1927.
- 6.- Motores de Combustión Interna./Pruebas de alta velocidad.  
Judge, Arthur William.  
Primera Edición 1944.
- 6.- Manual de Motores Diesel para Tractores.  
B.A. Vsórov.  
Traducción al español, Editorial MIR 1986.
- 7.- Motores de Automóvil.  
M. S. Jóvaj.  
Traducción al español, Editorial MIR 1982.
- 8.- Motores de Automóvil. / Teoría, cálculo y estructura.  
M. S. Jóvaj y G. S. Máslov.  
Traducción al español, Editorial MIR 1973.
- 9.- Motores Diesel./ Investigación de averías en los motores.  
Arias Paz, Manuel.  
Editorial Dossat S.A./ 11ava Edición 1978-1979.
- 10.- Motores Diesel / Reparación y Ensayos en el banco.  
ETAI  
Trad. del francés. 2da Ed. Edit. Blume S.A. Madrid  
1981.

- 11.- Diesel Engines / Diesel Engines designing.  
Purday H.F.P.  
Princeton, New Jersey. Edit. D. V. Nostrand Co. Inc.  
1962.
- 12.- Diesel Engines / Diesel Engine designing  
Walshaw T.D.  
London. Edit. G. Newnes, Segunda Edición.  
1953.
- 13.- Motores Diesel y de gasolina / Sistemas de los  
motores de combustión interna (manual de  
automóviles).  
Arias Paz, Manuel.  
Madrid, Editorial Dossat S.A.  
1968.
- 14.- Diesel Engine Design.  
Sheperd, H. F.  
Editorial John Wiley
- 15.- Service Records of Mitsubishi Nagasaki Diesel  
engines and improvements.  
Hides, Fujita.  
Tr.1, Mar E. Vol.73-No2. Feb 1961.
- 16.- Diesel engines. Fuels and Lubricants.  
Wright E. and Purday H. F. F.  
Constable.
- 17.- The high speed heavy duty diesel engine: its  
development, design and application.  
Schmidt, E.  
Edit. I. Mech E. May 1960.
- 18.- The development of multi-fuel engines.  
Martlow G. K.  
Edit. I. Mech E. January 1960.
- 19.- Experimentos en Motores de Combustión Interna.  
Stefanosky, B./ Docolin, Y./ Sorokin, V.  
Editorial: Construcción de Máquinas.  
Edición Moscú 1972.
- 20.- Mediciones Termotécnicas y aparatos para  
efectuarlas.  
V.P. Preobrazhenski.  
Traducción al español, Editorial MIR 1980.  
Tomos I y II.
- 21.- Mechanical Engineering Laboratory. Instrumentation  
and its application.  
Doolittle, Seymour Jesse.  
New York, Mc Graw-Hill. 9th edition.  
1957.

- 22.- Mechanical Engineering Laboratory.  
Messersmith, Charles W.  
New York. Edit. John Wiley and Sons Inc.  
Second edition. 1958.
- 23.- Theory and applications of mechanical engineering  
measurements.  
Moore, Mark B.  
new York. Edit. D. V. Nostrand Co. Inc. 1964.
- 24.- Experimental mechanical engineering.  
Diederichs, H. and W. C. Andrae  
Edit. John Wiley and Sons Inc. 1930.
- 25.- Measurements Technics in mechanical engineering.  
Sweeney, R. J.  
Edit. John Wiley and Sons Inc. 1953.
- 26.- Industrial Instrumentation.  
Eckman D. F.  
Edit. John Wiley and Sons Inc. 1950.
- 27.- Industrial instrumentation for measurements and  
control.  
Rhodes, Thomas J.  
Mc Graw-Hill Book Co. 1941.
- 28.- Temperature: its measurements and control in Science  
and Industry.  
American Institute of Phisics.  
Vol.2 1941/1955.
- 29.- Flue and exhaust gas analysis.  
ASME: Power Tests Codes / Instruments and apparatus.  
Part # 10 1936.
- 30.- Gasoline Engine Test Codes.  
SAE 1943.
- 31.- Diesel Engine Test Codes.  
SAE 1941.
- 32.- Internal Combustion Engines.  
ASME : Power Test Codes. 1949.
- 33.- Internal Combustion Engines.  
Lichty, L. C.  
Mc Grag-Hill Book Co.. 1939.
- 34.- Internal Combustion Engines.  
Obert E. F.  
International Text Book Co. Second Edition  
1950.

- 35.- Vibration analysis and design of foundations for machines and turbines.  
Akadémiai Kiadó, Budapest.  
Edit. Collet's 1962.  
Holding Limited, London.
- 36.- Foundations for Gas and Oil Engines and other machinery.  
Parry, E. L.  
London. Edit. Charles Griffin Co. Ltd. 1930.
- 37.- Bombas Centrifugas y Turbocompresores.  
Carl Pfleiderer.  
Traducción al español, Editorial Labor S.A. 1960.
- 38.- Dibujo de Ingeniería.  
Thomas E. French y Charles J. Vierck.  
Traducción al español, Editorial Unión Tipográfica 1972.
- 39.- Seminario especializado de Motores de Combustión Interna.  
Escuela de Post-Grado.  
Facultad de Ingeniería Mecánica UNI  
(Apuntes de Clase). 1988.
- 40.- Curso: Máquinas Térmicas I (EM-123)  
Curso lectivo de la Facultad de Ingeniería Mecánica.  
Ing. Abelardo Ludeña (Apuntes de Clase). 1984-I.
- 41.- The Dynamics and Thermodynamics of Compressible fluid Flow.  
Shapiro, A.H.  
New York. The Ronalds Press Co. 1953.
- 42.- Mesures et Essais d'Electricité.  
Pret, R., Floc'h J., Dupart, B., Le Gall, A.  
Paris, Edit. Dunod. Bordas, 1982.
- 43.- The calculus of observation.  
Whittaker, E. and Robinson G.  
Edit. Blackie.
- 44.- Cole-Farmer Instrument Company  
Catalogue Reference 1987-1988.
- 45.- Jensen Tools Inc.  
Catalogue Reference for products 1990.
- 46.- Misco Inc.  
Catalogue Reference 1990.
- 47.- Capitol Radio / Wholesalers Inc.  
Catalogue Reference 1990.

- 48.- Rand / Materials Handling Equipment Co. Inc.  
Catalogue Reference for 1990-1991.
- 49.- Westinghouse Process and Environmental Monitoring  
Tech.  
Catalogue for Gas Analyzers Products. 1988.
- 50.- Westinghouse Descriptive Bulletin 103-203.  
Gas Analyser (CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>) January  
1988.
- 51.- Analysis and Control news.  
Westinghouse Inc. Volume 3, No: 1. 1988.
- 52.- Técnica de Medición de Motores.  
Gesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen  
und Messtechnik.  
Catálogo de Productos. 1988.