

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería Mecánica**

# *Trabajo de diploma*

**Título:** Diseño de una tecnología para la recuperación de los filtros de combustible y aceite, de los motores de los grupos electrógenos (MTU).

**Autor:** Yasel Vargas Mora.

**Tutor:** Dr.C. Esteban López Milán.



*Trabajo presentado para optar por el título de Ingeniero Mecánico.*

Holguín

2010-2011

## **PENSAMIENTO.**

*“Hoy buscamos lo que a nuestro juicio, debe ser y será un sistema educacional que se corresponda cada vez más con la igualdad, la justicia plena, la autoestima y las necesidades morales y sociales de los ciudadanos”.*

*“Si un día nuestro trabajo nos pareciera bueno, debemos luchar por hacerlo mejor y cuando sea mejor, debemos luchar por hacerlo perfecto, sabiendo de antemano que ninguna obra humana nunca será lo suficientemente perfecta”.*

*Fidel Castro Ruz.*

## *Agradecimientos*

*Primeramente quisiera agradecer a toda mi familia por el apoyo brindado durante toda mi etapa de estudios, en especial a mis padres, a mi hija y a mi esposa ya que han estado siempre conmigo en las buenas y en las malas,*

*A mis amigos y compañeros por su incondicional amistad y ayuda, además de haber estado presentes cada vez que los necesité,*

*A todos mis profesores que con su dedicación y muchos consejos hicieron de mi un mejor estudiante y una mejor persona,*

*A mi tutor Esteban por sus recomendaciones, su ayuda, su paciencia y por todo lo que he aprendido del bajo su tutela,*

*Al compañero Ángel Infantes que fue uno de mis tutores en el proyecto III, y que una vez concluido este no se desvinculó, haciendo de este trabajo de diploma una tarea suya también, me apoyó y me brindó su ayuda siempre que lo necesité,*

*A la profesora Idalia que me ayudó mucho y se lo agradezco de verdad.*

*En fin, muchas gracias a todos los que de una forma u otra tuvieron que ver con la elaboración de este trabajo de diploma.*

## *Dedicatoria*

*Este trabajo de Diploma está dedicado especialmente a mis padres, quienes con sacrificio y sudor supieron apoyarme siempre y darme los consejos a la hora que los necesité, además de estar ahí cuando tuve cualquier dificultad en la vida. A mi hermano que también me apoyó mucho, a mi hija y a mi esposa que diariamente han estado conmigo en los momentos buenos y en los malos y que estoy seguro que sin ellos no lo hubiera podido lograr.*

*A toda mi familia que de una forma u otra, también aportaron su granito de arena para poder lograr este sueño, a mi tutor por su apoyo incondicional, a mis amigos que siempre me apoyaron y a todos los que de una forma u otra siempre estuvieron ahí cuando hizo falta.*

## **Resumen**

El siguiente trabajo se realiza en función de los grupos electrógenos, los cuales desempeñan un papel fundamental dentro de la Revolución Energética en Cuba. En este sentido, un importante problema se presenta en los filtros de aceite y combustible, por cuanto un estudio preliminar realizado en la provincia Holguín, mostró que presentan una durabilidad máxima 170 y 420 horas de servicio los de aceite y los de combustible respectivamente, cuando el fabricante prescribe para ellos una duración de 250 y 500 horas; a esta situación se une su elevado costo y el hecho, que una vez cumplido su plazo de servicio, representan una considerable carga contaminante para el medio ambiente.

Como resultado de esta investigación se plantea el diseño de un equipo para la recuperación de los filtros por el método de centrifugación. Se pretende hacer pasar, usando la fuerza centrífuga y a contraflujo por el filtro, un combustible de baja densidad y libre de impurezas con el objetivo de que se realice la limpieza del elemento filtrante. Los estudios de las fuentes bibliográficas muestran que esta propuesta no tiene antecedentes, en Cuba o en el exterior, por cuanto estos filtros normalmente se desechan cuando cumplen con su recurso de servicio. La tecnología se describe en términos generales, lo que permite adaptarla según las dimensiones de cada filtro.

## **Summary**

The following work is carried out in function of the electric groups, which play a fundamental part inside the Energy Revolution in Cuba. In this sense, an important problem is presented in the filters of oil and fuel, since a preliminary study carried out in the county Holguín, showed that they present a maximum durability 170 and 420 hours of service those of oil and those of fuel respectively, when the maker prescribes for them a duration of 250 and 500 hours; to this situation it unites their high cost and the fact that once completed their term of service, they represent a consider load pollutant for the environment.

As a result of this investigation it thinks about the design of a team for the recovery of the filters for the to centrifuge method. It is sought to make happen, using the centrifugal force and to contraflujo for the filter, a fuel of low density and free of sludges with the objective that it is carried out the cleaning of the element to filter. The studies of the bibliographical sources show that this proposal doesn't have antecedents, in Cuba or in the external, since these filters are usually discarded when they fulfill its resource of service. The technology is described in generality terms, what allows adapting it according to the dimensions of each filter.

## Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1. Fundamentación Teórica.....	4
1.1. La Generación Distribuida .....	4
1.2. Los Grupos Electrógenos MTU 4000 .....	6
1.2.1. Descripción general y características de sus componentes .....	6
1.2.2. Características técnicas de los Grupos Electrógenos. ....	8
1.2.3. Motores Diesel MTU 4000. Especificaciones técnicas .....	9
1.3. Sistemas principales del Motor.....	9
1.3.1. Sistema de Regulación .....	10
1.3.2. Sistema de Enfriamiento.....	10
1.3.3. Sistema de Admisión.....	10
1.3.4. Sistema de Combustible .....	11
1.4. Los filtros de aceite y combustible .....	16
1.4.1. Funciones de los filtros de aceite y combustible .....	17
1.4.2. Sustitución de Filtros.....	18
1.4.3. Indicaciones para la sustitución de los filtros de aceite y combustible .....	19
Capitulo II. Diseño de la tecnología para la recuperación de los filtros de aceite y combustible.....	21
2.1. Consideraciones preliminares para la propuesta de la tecnología de recuperación .....	21
2.2. Propuesta de la tecnología de recuperación de los filtros .....	22
2.2.1. Cálculo de la potencia mínima del sistema y la máxima del motor.....	22
2.2.2. Selección del motor eléctrico.....	27
2.2.3. Cálculo de la transmisión por correa y poleas .....	27
2.3. Características y principio de funcionamiento de la tecnología de recuperación de los filtros .....	34
2.3.1. Tecnología de recuperación .....	35
2.3.2. Seguridad e higiene del trabajo .....	38
2.4. Consideraciones económicas .....	38
2.5. Impacto ambiental.....	40
2.6. Contribución del trabajo a la defensa de la patria.....	40
Conclusiones .....	42
Recomendaciones .....	43

Bibliografía ..... 44

Anexos ..... 1



## **Introducción**

En la actualidad el mundo, y como parte de él: Cuba, atraviesan por una de las crisis más grandes de la historia en lo que respecta a la energía. En el caso específico de Cuba, más del 97 % de la energía eléctrica se produce quemando petróleo, mientras que la disponibilidad de los pozos con que se cuenta son insuficientes para cubrir las demandas de energía, por lo cual el combustible tiene que ser importado de otros países, principalmente desde el hermano pueblo de Venezuela.

Para la generación eléctrica, el país ha optado por muchas variantes, como son la implantación de parques eólicos e hidroeléctricos, utilizando así las Fuentes Renovables de Energía (FRE). Estas Fuentes, si bien no tienen aún un peso considerable en la generación de electricidad, han llegado a los lugares donde no es accesible la corriente eléctrica de la red nacional.

Otra de las formas de generación de electricidad, es a partir de la instalación de grupos electrógenos (GE), lo que ha dado lugar a la llamada Generación Distribuida. Estos Grupos, son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. La legislación en varios países, puede obligar a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que haya grandes densidades de personas como son: hospitales, centros comerciales, restaurantes, cárceles y edificios administrativos.

Para mantener estos equipos en óptimas condiciones de trabajo, es necesario regirse por las normas técnicas que da el fabricante y cumplir un determinado ciclo de mantenimiento, el cual concibe la sustitución de los filtros de combustible y aceite. Los filtros no se recuperan en ninguna parte del mundo y para los grupos electrógenos, deben cambiarse cada 250 y 500 horas los de aceite y combustible respectivamente, según lo indica el fabricante. El precio en el mercado mundial es de USD 38,29 para los de aceite y USD 92,44 los de combustible.

Atendiendo a la importancia de los GE, se realizó un estudio de durabilidad de los filtros en la provincia Holguín. Los expertos consultados en las diferentes dependencias de la empresa de generación, informaron que los problemas existentes son la poca duración en tiempo de vida útil de los filtros de aceite y combustible, su alto costo en el mercado mundial.

Los filtros de aceite, en los últimos tres años, duraron entre 75,58 y 170,23 horas de trabajo, cuando en realidad el fabricante prescribe una duración de 250 horas; en los de combustible pasó algo similar: entre 298,67 y 420 horas, de 500 horas prescriptas por el fabricante.

**Situación problemática:** Uno de los mayores problemas que se presentan durante la explotación de los

grupos electrógenos, es la corta duración de la vida útil de los filtros, sean de aceite o de combustible. Por otro lado, si se tiene en cuenta que el precio de estos filtros es de USD 38,29 los de aceite y USD 92,44 los de combustible, es considerable el sobregiro en consumo de recursos materiales y financieros que por esta causa se producen.

Resulta necesario, por tanto, acometer la recuperación de estos elementos a fin de disminuir los costos de explotación, y de paso, mitigar el impacto ambiental que su desecho puede provocar.

**Problema de investigación:** Atendiendo a la problemática tratada, el problema de esta investigación lo constituye el diseño de una tecnología para la recuperación de los filtros de aceite y combustible de los grupos electrógenos, una vez concluido sus plazos de servicio.

**Objeto de estudio:** Los grupos electrógenos.

**Campo de acción:** Los filtros de aceite y combustible de los motores de los grupos electrógenos.

**Hipótesis:** El diseño de una tecnología para recuperar los filtros de aceite y combustible, permitirá la construcción y puesta en marcha del dispositivo, a fin de alargar el plazo de servicio de estos elementos filtrantes.

**Objetivo general:** Diseñar una tecnología que permita la construcción y puesta en marcha del dispositivo para la recuperación de los filtros de aceite y combustible.

**Necesidad:** El objetivo de esta investigación es parte de un objetivo mayor que es la recuperación de los filtros desechados. El acometer la recuperación de los filtros es una necesidad, ya que éstos no se fabrican en Cuba, su período de duración es corto, tienen un alto costo en el mercado mundial y los filtros desechados constituyen por demás una considerable carga contaminante para el medio ambiente.

**Novedad:** En la literatura consultada, no se han encontrado antecedentes de la recuperación de los filtros, sean de combustible o de aceite. Cuanto más, en situaciones excepcionales, se han referido a enjuagues de los filtros no sellados, para permitir su trabajo por muy corto tiempo en espera del recambio. Normalmente, estos filtros se desechan con cada cambio de aceite o cuando ya no cumplen las exigencias del fabricante para el trabajo en el motor.

**Beneficio esperado:** Con el diseño de la tecnología (objetivo del presente trabajo), la construcción y puesta en marcha de la tecnología propuesta, será posible implementar la recuperación de una gran cantidad de

filtros que irremediablemente se desechan y constituyen una carga contaminante para el medio ambiente. Por otro lado, esta propuesta debe tener un impacto positivo en el ahorro de recursos materiales y financieros que por esta causa se erogan.

### **Tareas de investigación:**

- 1- Revisión bibliográfica.
- 2- Evaluación de los posibles métodos para la recuperación de los filtros.
- 3- Propuesta de la tecnología.
- 4- Elaboración del informe final

### **Métodos de investigación:**

#### **Empíricos:**

- Consulta de experto: Se entrevistaron a los profesionales capacitados, de las empresas GEYSEL y TRD Caribe, los que informaron de los problemas presentados en los filtros y brindaron información útil para la concepción de la tecnología de recuperación y por consiguiente, para este trabajo de diploma.

#### **Teóricos:**

- Análisis y síntesis: Se utiliza en la revisión y consulta de la bibliografía especializada sobre el tema, así como, en el estudio de la información existente sobre la aplicación del mantenimiento a los parques (MTU) de la provincia.

### **Contenido del trabajo:**

El informe se estructura en un primer capítulo donde se hace un resumen del estudio de las fuentes bibliográficas. En el Capítulo 2, se expone la metodología de cálculo para el diseño de la instalación; aquí también se hacen los análisis técnico – económicos y medioambientales de la propuesta. Se acompaña el informe, en el apartado de los anexos, con los planos de la instalación y el despiece de la misma, para ello se utilizó el programa Solid Works Office Professional 2006.

## **Capítulo 1. Fundamentación Teórica.**

### **1.1. La Generación Distribuida**

La caída del campo socialista, el deterioro de las termoeléctricas, la falta de piezas de repuesto y el insuficiente mantenimiento, provocaron en Cuba una aguda crisis en la generación de electricidad. Ante tal situación, en el año 2004, la alta dirección del País tomó la decisión de implementar de la Generación Distribuida, como una solución estratégica para elevar la disponibilidad. En virtud de esta estrategia se instalaron Grupos Electrógenos Diesel como emergencia, por la facilidad de arranque y sincronización casi instantánea con el Sistema Electro-energético Nacional (SEN).

Las medidas relacionadas con la Generación Distribuida, se fundamentaron en la rapidez de ejecución del proyecto y la puesta en explotación de estas unidades, el moderado costo y las facilidades financieras para este tipo de inversión, las consideraciones técnicas y estratégicas concernientes, así como la disponibilidad y confiabilidad.

En la provincia Holguín se han montado 119 grupos electrógenos sincronizados al sistema energético nacional, de ellos 101 son de la serie MTU 16V 4000 G81 y 18 de la serie MTU 18V 2000 G83, todos de nacionalidad alemana.

El Comandante en Jefe Fidel Castro [Castro, 2006], en el discurso del 17 de enero del 2006, en Pinar del Río con motivo de la culminación del montaje de grupos electrógenos expresó:

“Las principales medidas adoptadas para la transformación del sistema son:

- Adquisición e instalación de equipos de generación más eficientes y seguros, con grupos electrógenos y motores convenientemente ubicados en distintos puntos del país.
- Rehabilitación total de las redes de distribución, anticuadas e ineficientes que afectan el costo y la calidad del fluido eléctrico”.

Seguidamente, argumentando el por qué de la Generación Distribuida en Cuba: “En primer lugar porque, aunque sigue siendo la economía de escala un elemento de peso, se reduce el costo diferencial entre inversiones necesarias para suministrar un kW de demanda en el punto final, mediante una potente central y una red de transmisión y distribución, y mediante las tecnologías “in situ” actualmente disponibles.

En segundo lugar, se está produciendo un incremento de los sistemas de generación de emergencia o

respaldo. Estos crecen en números y potencia si se considera su utilización en hospitales, hoteles, mercados, unidades militares y de servicios, bancos, talleres especializados y otras instalaciones de la salud”.

La nueva concepción de generación tiene las siguientes ventajas:

### **Ventajas Tecnológicas.**

1. La generación distribuida reduce las pérdidas en la transformación y transmisión de la energía.
2. Se mejora la eficiencia global y el aprovechamiento de la energía primaria.
3. Pueden evitarse congestionamientos en las redes de transmisión.
4. Se reducen los impactos de fallas de redes de transmisión.
5. Se mejora la calidad y fiabilidad del suministro de energía.
6. Las fuentes de generación distribuida se pueden poner en línea mucho más rápidamente.
7. Se incrementa la diversidad de combustibles y fuentes de energía.

### **Ventajas Económicas y Sociales.**

1. Se reduce la vulnerabilidad de los sistemas energéticos a fenómenos climáticos y de otra índole.
2. Regiones remotas y comunidades aisladas se benefician grandemente de las posibilidades ofrecidas por el desarrollo de las tecnologías energéticas descentralizadas.
3. El monto y el riesgo de las inversiones se reduce al poder tener una estrecha correspondencia entre la capacidad instalada y el crecimiento de la demanda.
4. Se estimula el empleo.

El Comandante señalaba que, esta nueva forma de generación de electricidad, puede poseer una disponibilidad mayor de un 90 %, muy por encima del 60 % de las plantas termoeléctricas en el actual sistema.

Los fabricantes de los motores de combustión interna estacionarios MTU acoplados a los generadores de los grupos electrógenos, para lograr esta alta disponibilidad, incorporan un sistema de gestión capaz de controlar la secuencia de arranque, la parada, la cantidad de inyección de combustible en función de la carga, vigilar los estados operativos, regular la velocidad de rotación del motor y visualizar los fallos [MTU, 2005].

Durante el funcionamiento de los motores de combustión interna MTU los parámetros de las prestaciones que se muestran en los instrumentos analógicos del equipo, o se visualizan en el monitor de la computadora, o se almacenan históricamente para un posterior análisis del comportamiento de ellos en el tiempo.

## 1.2. Los Grupos Electrógenos MTU 4000

Los equipos electrógenos Diesel que se encuentran instalados en baterías, están designados para suministrar energía eléctrica al Sistema Electro energético Nacional, ya sea alimentando a una parte del sistema, o suministrando a toda la red nacional.

Los motores de la serie 4000 (Anexo 1) son compactos, potentes, fiables, de escaso mantenimiento y extraordinariamente económicos su inyección *Common Rail* conjuga el aprovechamiento óptimo del combustible con el cumplimiento de todas las normas medioambientales relevantes.

Los grupos electrógenos están compuestos principalmente por tres secciones:

- Motor de combustión interna Diesel.
- Generador eléctrico.
- Sistema de control.

### 1.2.1. Descripción general y características de sus componentes

Los grupos electrógenos MTU, son máquinas de fabricación Alemana que básicamente están formados por un conjunto integrado que contiene un motor térmico primario Diesel, un generador eléctrico (generalmente de corriente alterna) acoplado en el mismo eje y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como los distintos indicadores de estado, tableros de maniobra, tanques, radiadores, circuitos de lubricación, combustible, agua, excitatrices, cargadores de baterías, equipos de control de tensión y frecuencia, automatismos de transferencia, protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos, etcétera. Esto brinda una mayor flexibilidad operativa y permite realizar un control remoto del grupo.

En un nivel más detallado de la composición de un grupo electrógeno se destacan las siguientes partes:

- **Motor:** El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existen dos tipos de motores: Motores de gasolina y de gasoil (Diesel). Generalmente los motores Diesel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.
- **Regulación del motor:** El regulador del motor, es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la

velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

- **Sistema eléctrico del motor:** El sistema eléctrico del motor es de 12 V corriente continua (CC) con negativo a masa, excepto aquellos motores los cuales son alimentados a 24 V CC. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s libre/s de mantenimiento (acumuladores de plomo) y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un mano-contacto de presión de aceite, un termo-contacto de temperatura y de un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.
- **Sistema de refrigeración:** El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite, aire o combinado. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador y un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.
- **Alternador:** La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, auto excitado, autorregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor. También se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.
- **Depósito de combustible y bancada:** El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.
- **Aislamiento de la vibración:** El Grupo Electrónico está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo Motor-Alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- **Silenciador y sistema de escape:** El silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrónico. El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor.
- **Sistema de control:** Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y los parámetros de salida del grupo, para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.

- **Interruptor automático de salida:** Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del Grupo Electrónico con control manual. Para grupos Electrónicos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.
- **Otros accesorios instalables en un Grupo Electrónico:** Además de lo mencionado anteriormente, existen otros dispositivos que ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo.

Para la regulación automática de la velocidad del motor, se emplean una tarjeta electrónica de control para la señal de entrada "pick-up" y salida del "actuador". El pick-up es un dispositivo magnético que se instala justo en el engranaje situado en el motor, y éste, a su vez, está acoplado al engranaje del motor de arranque. El pick-up detecta la velocidad del motor, produce una salida de voltaje debido al movimiento del engranaje que se mueve a través del campo magnético de la punta del pick-up, por lo tanto, debe haber una correcta distancia entre la punta del pick-up y el engranaje del motor.

El actuador sirve para controlar la velocidad del motor en condiciones de carga. Cuando la carga es muy elevada, la velocidad del motor aumenta para proporcionar la potencia requerida y, cuando la carga es baja, la velocidad disminuye, es decir, el fundamento del actuador es controlar de forma automática el régimen de velocidad del motor sin aceleraciones bruscas, generando la potencia del motor de forma continua. Normalmente el actuador se acopla al dispositivo de entrada del fuel-oil del motor.

### 1.2.2. Características técnicas de los Grupos Electrónicos.

Denominación del motor.....	Motor MTU 4000 16 V G 81
Marca.....	MTU, Alemania
Numero de cilindros.....	16 en "V"
Temperatura del aire de aspiración.....	25° C
Presión barométrica.....	1 000 mbar (0,1 MPa)
Número de revoluciones nominal.....	1 800 min <sup>-1</sup>
Potencia continua, con sobrecarga de un.....	10 %
De la potencia de diseño.....	1 990 kW



### **Condiciones límites (para la potencia máxima).**

Depresión de aspiración (filtro nuevo).....	30 mbar (0,003 MPa)
Depresión de aspiración (máxima).....	50 mbar (0,005 MPa)
Sobre presión de escape.....	30 mbar (0,003 MPa)
Sobre presión de escape (máxima).....	51 mbar (0,0051 MPa)

### **1.2.3. Motores Diesel MTU 4000. Especificaciones técnicas**

Los motores de la serie 4000 son compactos, potentes, fiables y rentables. Su sistema de inyección *Common-Rail* reúne un aprovechamiento óptimo del combustible, con el cumplimiento de todas las prescripciones medioambientales.

#### **Características técnicas:**

- Motor de cuatro tiempos de inyección directa, con cuatro válvulas por cilindro.
- Cantidad de cilindros: 16 cilindros, dispuestos a 90° en V.
- Potencia: 735 kW a 3 010 kW por cilindro.
- Cilindrada: 4,06 L por cilindro (16 V).
- Giro a la izquierda.
- Diámetro y carrera del cilindro: 165 y 190 mm respectivamente.
- Sistema de inyección: *Common – Rail* controlado electrónicamente.
- Turbo compresión por gases de escape con refrigeración del aire de sobrealimentación.
- Sistema de refrigeración de doble circuito con refrigeración por agua del aire de sobrealimentación.
- Refrigeración de los pistones.
- Motor de arranque eléctrico o por aire comprimido (equipamiento opcional).
- Apoyos del motor elásticos.

### **1.3. Sistemas principales del Motor**

Los motores de combustión interna de los grupos electrógenos están compuestos por cinco sistemas fundamentales:

- Sistema de Regulación.
- Sistema de Enfriamiento.
- Sistema de Admisión.

- Sistema de Combustible.
- Sistema de Lubricación.

### **1.3.1. Sistema de Regulación**

El sistema de gestión del motor MDEC, para motores estacionarios del generador son los que se utilizan en el MTU/DDC BR 4000. El sistema de gestión del motor MDEC se encarga principalmente de las siguientes tareas:

- Control del motor Diesel
- Vigilancia de los estados operativos
- Regulación del llenado o bien, de la velocidad de rotación del motor Diesel.
- Visualización de estados de funcionamiento erróneos a través de códigos de fallos.

### **1.3.2. Sistema de Enfriamiento**

La función principal del sistema de enfriamiento es regular la temperatura del motor. Esto asegura que el motor opere al rango más eficiente y que tenga una larga vida útil. La temperatura en la mayoría de los motores se mantiene de 82 °C a 95 °C. Las temperaturas por encima de éste punto, pueden crear problemas, incluyendo preencendido, detonaciones, pistones y válvulas quemadas, camisas rayadas y el sistema de lubricación dañado.

Operar el motor por debajo de esas temperaturas conduce a problemas tales como sedimentos y acumulación de agua en el cárter inferior, pobre economía del combustible e innecesario desgaste del motor.

### **1.3.3. Sistema de Admisión**

El sistema de admisión debe silenciar la entrada de aire, pero sobre todo, debe ser capaz de suministrar aire limpio (libre de partículas abrasivas que puedan afectar la vida del motor) a temperatura y cantidad correctas para la combustión.

El aire con temperatura adecuada ayuda en la combustión y la eficiencia del motor. El aire también contribuye al enfriamiento de las válvulas y otras partes internas. Esto es particularmente importante en los motores turbo cargados.

Estos motores pueden quemar una amplia gama de combustibles dependiendo de su diseño. Para obtener el máximo aprovechamiento de la energía del combustible, se requiere mezclar con el oxígeno, el cual es

obtenido del aire y así generar la combustión.

En estos motores de última tecnología, tanto el combustible como el aire que alimentan dicha combustión, son fluidos que requerirán de condiciones específicas muy ajustadas de pureza, composición química, presión y temperatura, para obtener el máximo rendimiento y duración.

### 1.3.4. Sistema de Combustible

Este sistema (Fig. 1.1) tiene como función el regular el suministro de combustible, transportarlo en el tiempo preciso y con la suficiente presión a la cámara de combustión de cada cilindro, de modo que mezclado con el aire pueda ser quemado.

El sistema de combustible de la serie 4000 es un sistema de inyección *Common-Rail*. Presenta una bomba de alta presión y un conducto común que distribuye de forma equitativa a todos y cada uno de los inyectores el combustible.

Con el sistema de inyección *Common-Rail* se controla independientemente del número de revoluciones del motor, la presión de inyección, el tiempo de inyección y el caudal de inyección. Una presión de inyección de hasta 1 400 bar (0,14 MPa) proporciona unas condiciones óptimas para el llenado y la combustión.

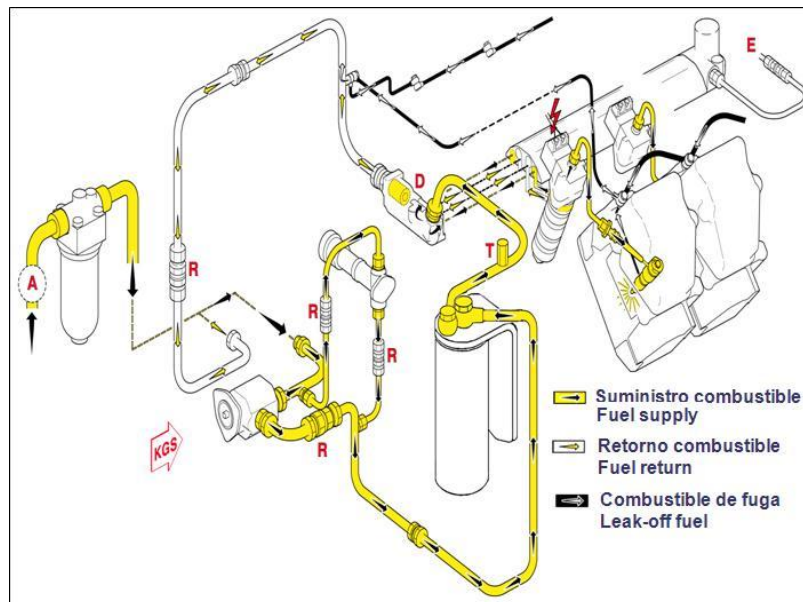


Fig. 1.1. Sistema de combustible (A- Válvula de bloqueo, D- Válvula presostato, E- Purga de aire, R- Válvula de retención, T- Punto medición de la temperatura).

Componentes:

- Bomba de alta presión.
- Acumulador de presión conjunto (*Common-Rail*).
- Tuberías de alta presión de una pared.
- Tuberías de alta presión de dos paredes.
- Inyectores individuales.
- Mando electrónico.

Ventajas del sistema:

- Mando electrónico del comienzo, volumen y presión de la inyección.
- Bajo nivel de emisiones de gases de escape.
- Bajo consumo de combustible en todo el margen de potencias.
- Ajuste mecánico innecesario.
- Sin pérdidas de potencia a elevadas temperaturas del combustible.

Los combustibles específicamente formulados para uso en motores Diesel se denominan normalmente como número 1 (ASTM D975 No 1D) y número 2 (ASTM D975 No 2D).

Durante la vida de un motor, el combustible representa alrededor del 75 % del total de los costos de operación. Más aún si la calidad del combustible no se mantiene, puede causar fallas prematuras del motor o un funcionamiento disminuido. Con frecuencia se pasan por alto la conveniencia y condición del combustible para motores Diesel.

Las especificaciones técnicas de desempeño para los motores Diesel están basadas en un tipo de combustible específico (el combustible base). Las calidades normalmente disponibles para uso en motores Diesel de media y alta velocidad, se muestran en la tabla 1.1. Al considerar el rendimiento del motor, siempre es necesario conocer las propiedades del combustible utilizado y como se compara con el combustible de base indicado en las especificaciones de desempeño.

Tabla 1.1. Especificaciones técnicas del combustible.

<b>Grado de combustible</b>	<b>Gravedad API</b>	<b>Poder calorífico (BTU/lb)</b>
1-D	40 - 44	18,510 - 19,860 (77 445,8 -79 496 J/kg)
2-D	33 - 37	18,335 - 19,650 (75 312 – 79 496 J/kg)

Además de las consecuencias sobre el rendimiento por usar un combustible ~~por~~ fuera de las especificaciones, hay riesgos mecánicos. Los combustibles más ligeros pueden reducir la expectativa de vida de componentes del sistema de combustible porque su baja viscosidad reduce el nivel de lubricación. Por su parte, los combustibles más pesados pueden reducir la vida útil del revestimiento y los anillos de los cilindros debido a los mayores depósitos en las cámaras de combustión.

Los sistemas de inyección de combustible Diesel dependen de conductos de flujo pequeños y de espacios libres muy reducidos. Ellos no pueden tolerar impurezas en el combustible, esto significa que los filtros de combustibles deben recibir mantenimiento de acuerdo con la programación publicada por el fabricante, o más frecuentemente si las condiciones del combustible lo exigen. Todos los filtros deben ser como mínimo de la misma calidad de los originales del equipo.

La tecnología de los motores progresa y la necesidad de combustibles sin contaminantes es imprescindible para un máximo rendimiento y confiabilidad. Esta situación es la base del diseño y desarrollo de los filtros, no sólo los filtros dentro del motor sino también dentro de los sistemas de manipulación y depósitos de combustible.

La filtración es la remoción de contaminantes de un fluido. El agua y las partículas son los contaminantes primarios del combustible.

#### **1.3.4.1. Elección de un combustible Diesel adecuado**

La calidad del combustible es de suma importancia para una potencia del motor satisfactoria, para una larga vida operativa del motor y para la observancia de valores de gases de escape en parámetros aceptables. Los motores se pueden hacer funcionar con la mayoría de combustibles Diesel de venta universal. Las características y valores límites indicados en la tabla combustibles de calidad comparable (ver Anexo 2), garantizan una potencia óptima de los motores.

El análisis del combustible puede encargarse también a MTU. Según el alcance del análisis deberá ser entregada una cantidad de combustible de 500 a 1000 mL.

Si el combustible tiene un contenido de azufre superior al 0,5 %, se requiere un aceite de motor de un índice de basicidad más alto, así como un tiempo de servicio del aceite más corto.

El proveedor de combustible tiene la responsabilidad de cuidar de que se pueda seguir usando el combustible,

todavía a las temperaturas mínimas que según las condiciones locales geográficas o de otra naturaleza cabe esperar, hasta el punto de garantizar un funcionamiento del motor como es debido.

### 1.3.5. Sistema de Lubricación

El sistema de lubricación (Fig. 1.2) se destina básicamente a la lubricación de los pares cinemáticos conjugados, ya que reduce la fricción entre las partes móviles al separarlas con una fina película de aceite.

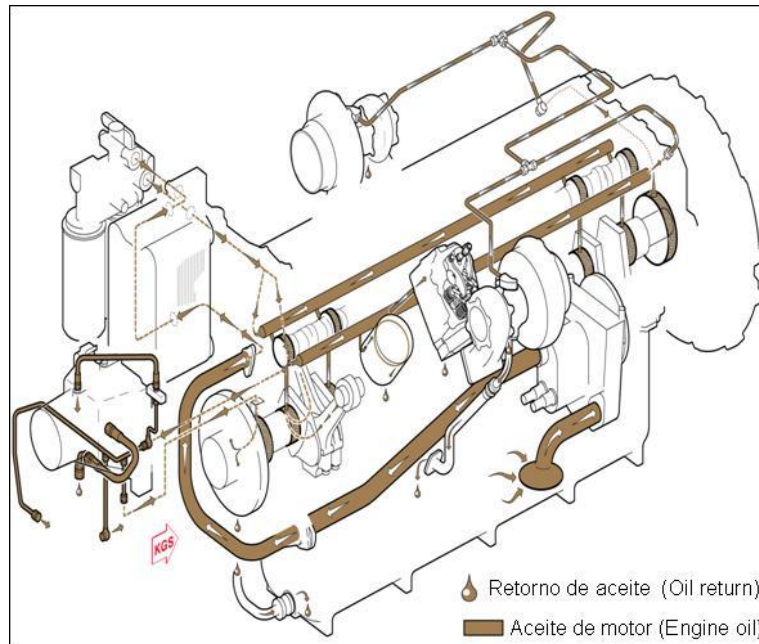


Fig. 1.2. Sistema de Lubricación

El sistema de lubricación ejecuta muchas funciones más en la operación del motor:

- El enfriamiento se alcanza por absorción y disipación del calor de cada una de las partes internas con las cuales el aceite se pone en contacto.
- El sellado de los aros de los pistones contra las paredes del cilindro es ayudado por una muy fina capa de aceite, que queda en la marca producida por el rectificado del cilindro.
- El lubricante limpia y descarga las partículas de suciedad y desgaste de las partes móviles.
- El aceite absorbe la presión y las cargas de choque con la barrera de aceite entre las partes, esto ayuda a eliminar el ruido en el motor.

### 1.3.5.1. Requisitos que deben cumplir los aceites destinados a motores para la autorización por MTU

Los aceites autorizados para motores están subdivididos en los siguientes grupos de calidad MTU:

- **Categoría de aceite 1:** Nivel normal de calidad / Aceites monogrado y multigrado.
- **Categoría de aceite 2:** Nivel elevado de calidad / Aceites monogrado y multigrado.
- **Categoría de aceite 3:** Nivel máximo de calidad / Aceites multigrado.
- **Categoría de aceite 3.1:** Aceites multigrado de contenido bajo de aditivos que producen cenizas.

### 1.3.5.2. Aceites para motores MTU

En MTU/DDC pueden obtenerse aceites monogrado y aceites multigrados. Dichos aceites de motor son comercializados bajo la denominación *Power Guard* DEO SAE 40 y SAE 15W-40 respectivamente. Los aceites para motores están adaptados a los grupos de aplicación MTU-Off-Highway y corresponden a la categoría de aceite 2.

En los motores de las series 2000 y 4000 se pueden emplear también otros aceites para motores, en tanto se cumplan todas las especificaciones y valores característicos mencionados en las tablas 1.2 y 1.3.

Tabla.1.2. Exigencias de aptitud formuladas a los aceites para motores de las series 2000 y 4000.

	Método de comprobación	Valor límite
Índice de basicidad total	ASTM D 2896 ISO 3771	> 8mg KOH/g
Estabilidad al cizallamiento	ASTM D 3945 ó CEC-L-14-A-88	Valores límite de la respectiva clase de viscosidad
Prueba de sedimentos	DIN 51535	120 mg como máximo

Tabla.1.3. Características químico físicas de aceites para motores.

Categoría de aceite 1	Especificación mín. API CG-4/CH-4 y ACEA E2-96
Categoría de aceite 2	Especificación ACEA E7-04
Categoría de aceite 3	Especificación ACEA E4-04
Categoría de aceite 3.1	Especificación ACEA E4-04, E6-04

## Tiempo de servicio del aceite para motores Diesel.

En el tiempo de servicio del aceite influyen la calidad del aceite de motor, su cuidado, así como las condiciones de servicio y el combustible empleado. Los tiempos establecidos a base de experiencias obtenidas en el servicio son valores orientativos (tabla 1.4), teniendo validez para aplicaciones con perfil de carga estándar.

Tabla.1.4 Intervalos de cambio de aceite.

Categoría de aceite	sin filtro centrífugo de aceite	con filtro centrífugo de aceite
1	250 horas de servicio	500 horas de servicio
2	500 horas de servicio	1000 horas de servicio
3	750 horas de servicio	1500 horas de servicio
3.1	750 horas de servicio	1500 horas de servicio

### Empleo únicamente en combinación con combustible exento de azufre.

Los intervalos de cambio de aceite indicados en la tabla son valores recomendados si se emplean combustibles Diesel con contenidos de azufre menores de 0,5 %. Los tiempos de servicio del aceite deberán ser confirmados por análisis de aceite. En caso de existir una o varias de las siguientes condiciones de servicio muy duras, los tiempos de servicio del aceite se deberán fijar mediante análisis del aceite, etcétera:

- Condiciones de empleo climáticas extremas.
- Número elevado de arranques.
- Frecuentes fases largas de marcha en vacío o de poca carga durante el servicio del motor.
- Alto contenido de azufre en el combustible de 0,5 a 1,5 % en peso.

En estos casos, deberán elegirse aceites nuevos con índices de basicidad totales en conformidad con el contenido de azufre del combustible empleado.

### 1.4. Los filtros de aceite y combustible

La función principal de un filtro, como su nombre lo indica, es filtrar la sustancia de trabajo, ya sea aceite, combustible o gases, en dependencia de su destino de servicio. El filtro ha de recoger en su interior todas, o la mayor cantidad de impurezas posibles contenidas en la sustancia de trabajo.

Existen básicamente cuatro grupos principales de componentes de filtración o tipos de filtros: el filtro de



aceite, el filtro de aire, el filtro de combustible y el filtro de habitáculo (tanto para gasolina como para Diesel). Pero se tratarán únicamente dos de estos filtros, que son el tema central de este trabajo: los filtros de aceite y los de combustible.

#### 1.4.1. Funciones de los filtros de aceite y combustible

**Filtro de aceite:** La función del filtro de aceite (Fig. 1.3) es la de limpiar el aceite para proteger las superficies metálicas de un motor. La función del papel del filtro de aceite consiste, en colaboración con el rendimiento de los aceites lubricantes, en eliminar de forma permanente la suciedad del aceite para el motor, proporcionando la máxima seguridad y protección al mismo.



Fig. 1.3. Filtro de aceite.

**Filtro de combustible:** El filtro de combustible (Fig. 1.4) evita que las partículas contaminantes penetren en el combustible ya sea Diesel o gasolina, y separa el agua para prevenir la corrosión. La tapa o carcasa del filtro de combustible puede estar compuesta de aluminio, ya que se trata de un material que previene cualquier deformación y una posible fuga de combustible en caso de accidente.



Fig. 1.4. Filtro de combustible.

### 1.4.2. Sustitución de Filtros

Los filtros requieren de un mantenimiento continuado, que implica también su sustitución cada cierto tiempo, lo que repercute en un buen rendimiento del equipo y en un mayor confort de quienes son responsables del mismo. Sin embargo, es muy difícil predecir con exactitud el momento de la sustitución de éste elemento, ya que varía de un equipo a otro y depende de la utilización que se haga del mismo (horas de trabajo, duración del mismo, condiciones de explotación, etcétera). Por tanto, lo más recomendable es seguir la tabla de sustituciones propuesta por el fabricante del equipo.

A continuación se ofrecen algunas recomendaciones, por término medio a título informativo, así como las consecuencias que pueden acarrear al equipo la falta de mantenimiento de este tipo de componente.

**Filtro de Aceite:** Se recomienda reemplazar aproximadamente cada 250 horas de trabajo, o cuando la presión del sistema de lubricación baja de 3,8 bar (380000 Pa).

Un filtro de aceite puede obstruirse o bloquearse debido a su uso y en ocasiones venir roto de fábrica. Lo que pasa cuando se bloquea o se obstruye, es que el aceite sucio se vierte en el motor, acortando la vida útil del mismo (al provocar el recalentamiento y la corrosión de ciertas partes del propulsor).

El filtro de aceite detiene las impurezas y partículas metálicas, que perjudican el desgaste natural de las piezas internas del motor, también se recomienda cambiarlo junto con el cambio del aceite.

**Filtro de Combustible:** El filtro de combustible es el encargado de filtrar las partículas que vayan en el combustible. Entre más frecuentemente se reemplace éste filtro, mejor se realizará el sistema de alimentación de combustible, pero no siempre se puede hacer así, ya que la economía del país tendría que invertir demasiado dinero en esto.

En un equipo de gasolina, un filtro sucio puede interferir en el flujo de gasolina hacia el motor, provocando un menor rendimiento del equipo, pudiendo llegar en casos extremos a producir su parada total.

En un equipo Diesel, la bomba de combustible y los inyectores son especialmente sensibles al agua. Por ello, el filtro de combustible de los motores Diesel tiene la función principal de separar el agua del combustible para prevenir, gracias a un correcto funcionamiento, la corrosión y el desgaste prematuro del motor.

#### **Tiempo promedio de vida útil de los filtros de aceite y combustible.**

En los últimos tres años se hizo un estudio los grupos electrógenos instalados en Sagua de Tánamo, Maceo,

Uñas, Urbano Noris, San Andrés y G. Mir, para poder comprobar el promedio de vida útil de los filtros de aceite y combustible y la cantidad de cambios en un año, además el estudio permitió contabilizar el total de horas trabajadas.

El disponer de estos datos es muy importante, ya que estos filtros son importados con un precio en el mercado mundial de USD 38,29 y USD 92,44 cada unidad, respectivamente. Durante su explotación hay que tener en cuenta las exigencias técnicas que requieren los mismos al ser instalados, ya que unido a su alto precio su tiempo de vida útil es muy corto. El estudio se muestra en los Anexos 3 y 4.

### **1.4.3. Indicaciones para la sustitución de los filtros de aceite y combustible**

#### **Aceite y filtros de aceite:**

- Respete siempre el intervalo de cambio de aceite recomendado y sustituya el filtro de aceite al mismo tiempo. En motores parados no quite el tapón inferior. Utilice una bomba de drenado de aceite para absorber el aceite.
- Limpie las fijaciones del filtro para que no caiga dentro suciedad al instalar el filtro nuevo.
- Quite el tapón inferior y coloque una junta nueva.
- Quite el/los filtro/s. Compruebe que no quedan las juntas en el motor.
- Llene los nuevos filtros con aceite del motor y pulverice las juntas antes retiradas. Atornille el filtro a mano hasta que la junta toque las superficies de contacto.
- Después gire otra media vuelta. Pero no más.
- Añada aceite hasta el nivel correcto. No sobrepasar el nivel de la marca “MAX”.
- Arranque el motor. Compruebe que no hay fugas de aceite alrededor del filtro. Añada más si es necesario.
- Haga funcionar el motor a la temperatura normal de funcionamiento.

#### **Filtro de combustible. Sustitución y Limpieza**

- No deben entrar suciedad o contaminantes al sistema de inyección de combustible.
- La sustitución del combustible debe llevarse a cabo con el motor frío, para evitar el riesgo de incendio

causado al derramarse combustible sobre superficies calientes.

- Quite los filtros.
- Lubrique la junta del filtro con un poco de aceite.
- Enrosque el filtro a mano hasta que la junta toque la superficie de contacto.
- Después apriete otra media vuelta, pero no más.
- Purgue el sistema de combustible.
- Deshágase del filtro antiguo de forma apropiada para su eliminación.

## **Capítulo II. Diseño de la tecnología para la recuperación de los filtros de aceite y combustible.**

El promedio de vida útil de los filtros de aceite y combustible de los grupos electrógenos depende de muchos factores, entre ellos está la calidad del aceite que se utilice, la calidad del combustible y las condiciones de explotación.

Si el aceite y el combustible no tienen la calidad exigida por las normas del fabricante, esto repercutiría inmediatamente en una mala operación de los filtros ya que se dañarían con más rapidez y por consiguiente, también se dañaría el motor del equipo.

Por otro lado, la elección de un aceite para motores adecuado depende de la calidad del combustible, del tiempo de servicio previsto y de las condiciones climáticas en el lugar de aplicación. En la actualidad no existe ninguna norma industrial internacional que tenga en cuenta por sí sola todos esos criterios.

En la búsqueda realizada se ha verificado que en ningún país del mundo, se recuperan filtros de aceite o de combustible. Los filtros una vez cumplido su plazo de servicio, que para los grupos electrógenos de la Generación Distribuida es de 250 horas los de aceite y 500 horas los de combustible, se desechan, constituyendo una carga contaminante para el medio ambiente.

En los países donde se encuentren instalados grupos electrógenos, como es el caso de Cuba, esta situación tiene una implicación económica y medioambiental de gran envergadura. El país debe disponer de un fondo monetario grande, ya que es elevado el precio de los filtros en el mercado mundial: USD 38,29 los de aceite y USD 92,44 los de combustible y su tiempo de duración es corto, máximo 170 y 420 horas respectivamente. A esto se le unen otras cuestiones que también influyen en la calidad del servicio de estos agregados como son: las condiciones de explotación y la calidad del aceite y el combustible que se usan para su explotación.

### **2.1. Consideraciones preliminares para la propuesta de la tecnología de recuperación**

Para el diseño de la tecnología de recuperación de los filtros se analizaron dos variantes. Una de ellas consistía en concebir un mecanismo mediante el cual se hiciera sumergir el filtro en un baño de combustible, de forma que éste realizara un movimiento rectilíneo alternativo, a la vez que hiciera medios giros. Esta variante fue desechada por cuanto implica una gran complejidad en el mecanismo actuador.

La segunda de las variantes, que se consideró la más apropiada, consiste en aplicar el método de la centrifugación en la recuperación de los filtros. Esta variante ofrece mayor confiabilidad, es menos compleja

en su diseño y para su construcción se pueden usar materiales de bajo costo como son madera dura (para la construcción de ambas poleas), la correa puede ser de uso común como las que se usan para las lavadoras domésticas, poco costosas y más fáciles de encontrar, además de usar un motor recuperado de un ventilador eléctrico en desuso, que trabaja con 110 V.

La intención de usar éste motor eléctrico, permite utilizar algunas consideraciones importantes para los cálculos, como la frecuencia de rotación del elemento motriz (el motor) y de su potencia a máxima demanda.

## 2.2. Propuesta de la tecnología de recuperación de los filtros

Para desarrollar esta tecnología es necesario conocer valores tales como son: potencia motor eléctrico ( $N$ ), frecuencia de rotación, así como todos los datos respecto a la transmisión por polea y correa.

### 2.2.1. Cálculo de la potencia demandada del motor eléctrico

Para la selección del motor eléctrico, lo más importante es conocer cuál es la potencia máxima que se demanda de él. Se parte de conocer que el par que desarrolla el motor se calcula por la siguiente ecuación:

$$Mn = 975 \cdot \frac{N}{nn} \quad (2.1)$$

De donde la potencia del motor resulta:

$$N = \frac{Mn \cdot nn}{975} \quad (2.2)$$

Donde:

$Mn$ : momento torsor del motor en (kg · m)

$N$ : potencia del motor (kW)

$nn$ : velocidad angular del motor ( $\text{min}^{-1}$ )

A su vez el par que se demanda del motor está en función de la demandada del sistema, es decir, del par que hay que desarrollar para mover el sistema. Este par se calcula según la siguiente ecuación:

$$Mn = \frac{M \cdot i}{\eta} \quad (2.3)$$

Donde:

$M$ : momento torsor necesario para hacer trabajar el sistema (kg·m)

$i$ : relación de transmisión.

$\eta$ : eficiencia de la transmisión.

Entre varias variables importantes para los cálculos de diseño se asumen, de forma preliminar, valores tales como que se desea que el filtro gire a  $120 \text{ min}^{-1}$  ( $2 \text{ s}^{-1}$ ) y que la relación de transmisión total sea de 1:6 atendiendo a la velocidad de giro del motor pre-seleccionado.

Para calcular el par que desarrolla el filtro, se asume el modelo de un cilindro que gira sobre su eje longitudinal al cual se le aplica una fuerza con determinado brazo; el brazo del cilindro en éste caso lo constituye el radio del filtro.

$$M = F \cdot r \quad (2.4)$$

Donde:

$M$  : momento torsor (kg·m)

$F$ : es la fuerza (kg)

$r$ : radio del filtro (m)

Una importante suposición, es que se admite que el sistema debe alcanzar su velocidad estable de trabajo en cinco segundos como máximo. Se trata por tanto de un sistema que acelera de cero a  $2 \text{ s}^{-1}$  y luego se estabiliza, la función compuesta de la velocidad se representa gráficamente en la figura (2.1).

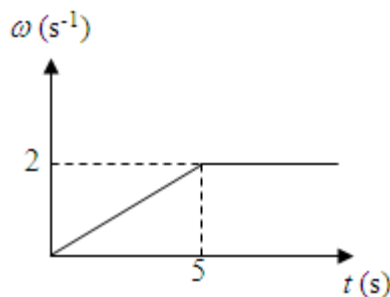


Fig. 2.1. Función compuesta de la velocidad.

En el primer tramo (hasta tanto el sistema llega a los cinco segundos y se estabiliza), la función velocidad angular se expresa según la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{2}{5} \cdot t = 0,4 \cdot t \quad (2.5)$$

Donde:

$\omega$ : velocidad angular ( $s^{-1}$ )

$t$ : tiempo (s)

Es conocido también que la aceleración angular es la resultante de la primera derivada de la velocidad angular respecto al tiempo:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad (2.6)$$

$$\alpha = (0,4 \cdot t)' = 0,4 \text{ s}^{-2}$$

Donde:

$\alpha$ : aceleración angular ( $s^{-2}$ )

$t$ : tiempo que demora el sistema en estabilizarse.

Para convertir la aceleración angular en aceleración tangencial, se multiplica por el perímetro de la circunferencia del filtro:

$$a = 2\pi \cdot r \cdot \alpha \quad (2.7)$$

Donde:

$a$ : aceleración ( $m/s^2$ )

$\alpha$ : aceleración angular ( $s^{-2}$ )

$r$ : radio del filtro

Luego, como el filtro tiene radio igual a 6 cm (0,06 m) la aceleración tangencial es:

$$a = 2 \cdot 3,14159 \cdot 0,06 \cdot 0,4 = 0,1507 \text{ m/s}^2$$



Conocida la aceleración tangencial, se calcula la fuerza según la Segunda Ley de Newton:

$$F = \frac{m}{g} \cdot a \quad (2.8)$$

Donde:

$F$ : fuerza en (kg)

$m$ : peso del filtro lleno de combustible (kg)

$g$ : aceleración de la gravedad ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ )

$$F = \frac{5,3}{9,8} \cdot 0,1507 = 0,08 \text{ kg}$$

Por tanto, el momento torsor necesario para hacer trabajar el sistema es de:

$$M = 0,08 \cdot 0,06 = 0,0048 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

La eficiencia total del sistema se calcula teniendo en cuenta que en el diseño del equipo se han previsto la existencia de dos rodamientos y de una transmisión por correa y poleas. Según Shigley (1990):

- En condiciones medias de funcionamiento, los valores de cálculo del rendimiento o eficiencia ( $\eta$ ), para las transmisiones por correas trapeciales es 0,95.
- En condiciones adversas de funcionamiento: diámetros pequeños de las poleas, menores que los recomendables, velocidades máximas de las correas o su sobretensión, el rendimiento puede rebajarse hasta 0,85.
- También se pudo verificar que la eficiencia ( $\eta$ ) de los rodamientos es  $0,98^2$ .

Entonces:

$$\eta_t = \eta_1 \cdot \eta_2^2 \quad (2.9)$$

Donde:

$\eta_t$ : eficiencia total del sistema.

$\eta_1$ : eficiencia de la transmisión por correas trapeciales.

$\eta_2^2$ : eficiencia de los rodamientos.

$$\eta_t = 0,95 \cdot 0,98^2$$

$$\eta_t = 0,95 \cdot 0,96$$

$$\eta_t = 0,912$$

Sustituyendo valores en (2.3), se tiene que el par demandado del motor eléctrico es de:

$$Mn = \frac{0,0048 \cdot 6}{0,912} = 0,03157 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

La velocidad equivalente del motor sería:

$$nn = \frac{n}{i} \quad (2.10)$$

Donde:

$nn$ : velocidad de rotación del motor ( $\text{min}^{-1}$ )

$n$ : velocidad de rotación del filtro ( $\text{min}^{-1}$ )

$i$ : relación de transmisión

$$nn = \frac{120}{\frac{1}{6}} = 720 \text{ min}^{-1}$$

Sustituyendo los valores antes calculados en la ecuación (2.2), se tiene la potencia mínima del sistema:

$$N = \frac{0,03157 \cdot 720}{975} = 0,023 \text{ kW}$$

Un importante detalle a tener en cuenta es que el filtro que gira tiene combustible en su interior. La fuerza centrífuga obliga a salir al combustible, a la vez que el nuevo combustible va ingresando en el filtro para reponer al que ha estado saliendo. Este suministro continuo de combustible hace que se generen fuerzas internas por la fricción entre las capas de combustible, que también consumen potencia del motor.

El cálculo de la potencia que se consume producto de esta fricción, es sumamente complejo y superior al cálculo de la potencia que se ha calculado según (2.2), que básicamente se emplea para vencer la fricción en los rodamientos y en la transmisión por correa y poleas.

A fin de trabajar con suficiente margen de seguridad, se ha supuesto que la potencia (más que suficiente) que se consume en el sistema es de 50 W, es decir, 0,05 kW.

### **2.2.2. Selección del motor eléctrico**

Como se ha podido apreciar producto a los cálculos realizados, los requerimientos de potencia del sistema son muy bajos. Ante la imposibilidad de adquirir un motor con las características adecuadas, se ha seleccionado el motor eléctrico que se ha recuperado de un ventilador en desuso.

Las características de este motor en cuanto al régimen de velocidad, indican que la mínima velocidad de trabajo prácticamente coincide con la frecuencia de rotación demandada del motor, esto es:  $760 \text{ min}^{-1}$  contra las  $720 \text{ min}^{-1}$  calculadas.

En cuanto a la potencia del motor, si bien en base a los cálculos se ha asumido con suficiente margen de seguridad que la potencia demandada es de 50 W, el motor eléctrico antes referido puede entregar una potencia nominal de 80 W, lo cual permitiría trabajar con un margen de seguridad aún mayor.

Tanto por los requerimientos de potencia, como por los de velocidad angular, el motor eléctrico del ventilador es adecuado para su desempeño en el sistema.

### **2.2.3. Cálculo de la transmisión por correa y poleas**

#### **Metodología de cálculo para las transmisiones por correas trapeciales:**

1. Datos iniciales:

- Velocidad angular del eje más rápido  $n^I = 720 \text{ min}^{-1}$
- Velocidad angular del eje más lento  $n^{II} = 120 \text{ min}^{-1}$
- Potencia  $N = 0,05 \text{ kW}$

2. Buscar el factor de servicio ( $K_s$ ).

Este factor se busca en la tabla “Factores de servicio” (Anexo 5), que para éste sistema, donde la potencia

a transmitir no es elevada, está en el rango de (1 a 1,2).

$$K_s = 1,2$$

3. Calcular la potencia de diseño ( $N_{dis}$ ).

$$N_{dis} = N \cdot K_s \quad (2.11)$$

Donde:

$N_{dis}$  : potencia de diseño.

$N$  : potencia demandada por el sistema.

$K_s$  : factor de servicio.

$$N_{dis} = 0,05 \cdot 1,2 = 0,06 \text{ kW}$$

4. Escoger la sección de la correa apropiada.

La correa que se desea utilizar, es de sección trapecial y pertenece a la letra (Z) según se verificó en la tabla “Diámetros primitivos de las poleas” (Anexo 6).

- Se halla la relación de transmisión.

$$i = \frac{n^I}{n^{II}} \quad (2.12)$$

Donde:

$i$  : relación retransmisión.

$n^I$  : velocidad angular del eje más rápido.

$n^{II}$  : velocidad angular del eje más lento.

$$i = \frac{n^I}{n^{II}} = \frac{720}{120} = 6$$

- Seleccionar el diámetro primitivo de la polea menor (d).

Se seleccionó un diámetro primitivo de 71 mm para la polea menor, ya que se acerca bastante al que se

había supuesto de 70 mm y su identificación en la tabla “Diámetros primitivos de las poleas” (Anexo 6), es (xx) esto quiere decir especialmente recomendados.

- Calcular el diámetro primitivo de la polea mayor.

$$D = d \cdot i \quad (2.13)$$

Donde:

$D$ : diámetro de la polea mayor.

$d$ : diámetro de la polea menor.

$i$ : relación de transmisión.

$$D = d \cdot i$$

$$D = 71 \cdot 6 = 426 \text{ mm}$$

5. Determinación de la velocidad lineal de la correa.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n^I}{60000} \quad (2.14)$$

Donde:

$V$ : velocidad lineal de la correa.

$n^I$ : velocidad angular del eje más rápido.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n^I}{60000} = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 720}{60000} = 2,67 \text{ m/s}$$

Para una mayor duración de la correa se recomienda que,  $15 < V_c < 30 \text{ m/s}$ .

6. Hallar la distancia óptima entre centros ( $C_o$ ).

Cuando  $i$  está entre 1 y 3 la distancia entre centros es:

$$C_o \geq 1,5(d_+ + d_-) \quad (2.15)$$

Cuando  $i > 3$  la distancia entre centros es igual al diámetro de la polea mayor.

$$C_o = D \quad (2.16)$$

$$C_o = 426 \text{ mm}$$

- Distancia mínima entre centros ( $C_m$ ).

$$C_m = 0,5(D + d) + 3h \quad (2.17)$$

Donde:

$C_m$  : distancia mínima entre centros.

$D$  : diámetro de la polea mayor.

$d$  : diámetro de la polea menor.

$h$  : altura de la correa: Se toma de la tabla “Dimensiones de las secciones transversales de las correas”.

$$C_m = 0,5(D + d) + 3h$$

$$C_m = 0,5(426 + 120) + 3 \cdot 6$$

$$C_m = 0,5(546) + 18$$

$$C_m = 291 \text{ mm}$$

7. Determinación de la longitud primitiva de la correa ( $L_p$ ).

$$L_p = 2C_m + 1,57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C_m} \quad (2.18)$$

Donde:

$L_p$  : longitud primitiva de la correa.

$C_m$  : distancia mínima entre centros.

$D$  : diámetro de la polea mayor.

$d$  : diámetro de la polea menor.

$$L_p = 2C_m + 1,57 \left( \frac{D+d}{4C_m} \right)$$

$$L_p = 2 \cdot 291 + 1,57(426 + 71) + \frac{426 + 71}{4 \cdot 291}$$

$$L_p = 582 + 497 + \frac{497}{1164} = 1079 + 0,42 = 1079,42 \text{ mm}$$

- Normalización de la longitud de la correa ( $L$ ).

Según la tabla “Longitud de correas frecuentes” (Anexo 7), la longitud que más se asemeja a la calculada es de 1 093 mm y su número de identificación es Z-42.

- Corrección de la distancia entre centros ( $C_c$ )

$$C_c = C_o - 0,5(L_p - L) \quad (2.19)$$

Donde:

$C_c$  : corrección de la distancia entre centros.

$C_o$  : distancia entre centros calculada.

$L_p$  : longitud primitiva de la correa.

$L$  : longitud normalizada de la correa.

$$C_c = C_o - 0,5(L_p - L)$$

$$C_c = 426 - 0,5(1079,42 - 1093)$$

$$C_c = 411,92 \text{ mm}$$

- Seleccionar el recorrido de montaje (X) y tensado (Y)

Según la tabla “Recorrido de montaje y tensado” (Anexo 8), el recorrido de montaje (X) es 20 y el de tensado (Y) es 40.

8. Selección de la potencia básica ( $N_b$  ó  $P_b$ ) y diferencial ( $N_d$  ó  $P_d$ ).

Según se pudo verificar en la tabla “Potencias básicas y diferenciales” (Anexo 9) la ( $N_b$  ó  $P_b$ )=0,35 y la ( $N_d$  ó  $P_d$ )=0,03.

- Cálculo del coeficiente de ángulo ( $\varphi$ )

$$\varphi = \frac{D - d}{C_c} \quad (2.20)$$

Donde:

$\varphi$ : coeficiente de ángulo.

$D$ : diámetro de la polea mayor.

$d$ : diámetro de la polea menor.

$C_c$ : corrección de la distancia entre centros.

$$\varphi = \frac{D - d}{C_c}$$
$$\varphi = \frac{426 - 71}{411,92} = 0,86$$

- Determinación del coeficiente de corrección del ángulo de contacto ( $C_1$ ).

Según la tabla “Coeficiente de corrección del ángulo de contacto” (Anexo 10), para el valor calculado no aparece el ( $C_1$ ) entonces se toma el siguiente valor de ángulo que aparece y el mismo es de 0,90 y su ( $C_1$ ) es 0,84.

- Determinación del coeficiente de corrección de la longitud ( $C_2$ ).

Según la tabla “Coeficiente de corrección de la longitud” (Anexo 11), el ( $C_2$ ) es 0,98.

- Hallar la potencia admisible por polea ( $N_a$  ó  $P_a$ ).

$$N_a = (N_b + N_d) C_1 \cdot C_2 \quad (2.21)$$



Donde:

$N_a$  : potencia admisible por polea.

$N_b$  : potencia básica.

$N_d$  : potencia diferencial.

$C_1$  : coeficiente de corrección del ángulo de contacto.

$C_2$  : coeficiente de corrección de la longitud.

$$N_a = (0,30 + 0,03) \cdot 0,84 \cdot 0,98$$

$$N_a = (0,33) \cdot 0,8232$$

$$N_a = 0,27 \text{ kW}$$

9. Hallar el número de correas a utilizar.

$$N_c \geq \frac{N_{dis}}{N_a} \quad (2.22)$$

Donde:

$N_c$  : número de correas a utilizar.

$N_{dis}$  : potencia de diseño.

$N_a$  : potencia básica.

$$N_c \geq \frac{N_{dis}}{N_a} = \frac{0,06}{0,27} = 0,22 \approx 1 \text{ Correa}$$

Después de haber realizado los cálculos por la metodología del libro Elementos de Máquinas de Joseph Edwar Shigley, se llegan a las siguientes conclusiones:

- Revoluciones del eje más rápido  $720 \text{ min}^{-1}$ .
- Revoluciones del eje más lento  $120 \text{ min}^{-1}$ .
- Potencia necesaria para mover el sistema  $0,05 \text{ kW}$ .

- Potencia de diseño 0,06 kW.
- Diámetro de la polea menor  $d = 71$  mm.
- Diámetro de polea mayor  $D = 426$  mm.
- Distancia entre centros  $C_o = 426$  mm.
- Distancia mínima entre centros  $C_m = 291$  mm.
- Longitud primitiva de la correa  $Lp = 1079,42$  mm.
- La potencia admisible por polea  $N_a = 0,27$  kW.
- Número de correas a utilizar: 1 Correa.

### 2.3. Características y principio de funcionamiento de la tecnología de recuperación de los filtros

Este sistema (Fig. 2.2), tiene como características principales la sencillez en su construcción, fácil mantenimiento y bajo costo de fabricación; permite transmitir el movimiento a distancias medias, trabajar a bajas y altas velocidades de rotación, suavidad en el funcionamiento y sin ruidos.

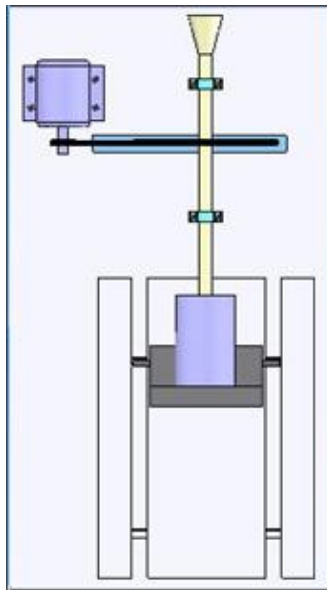


Fig. 2.2. Depurador centrífugo.

Su principio de funcionamiento, se basa en hacer pasar a contraflujo un combustible libre de impurezas por el interior del filtro. Se recomienda, previamente, dejar el elemento filtrante sumergido en combustible por espacio de 24 horas para liberar las partículas mayores de suciedad, luego se extrae el filtro y se sacude, de modo tal que las impurezas mayores que quedarán adheridas en la superficie exterior del filtro sean retiradas, luego se monta en el mecanismo para efectuar su limpieza final.

El mecanismo funciona de la manera siguiente:

El motor le imprime una velocidad de  $720 \text{ min}^{-1}$  a la polea menor (polea motriz), luego ésta polea le transmite el movimiento a la polea mayor, que acciona el árbol hueco donde se encuentra acoplado el filtro, haciéndolo girar a  $120 \text{ min}^{-1}$ . Al mismo tiempo, por el mismo eje donde está acoplado el filtro, se hace pasar el combustible de limpieza hasta que se llene el filtro, luego de lo cual se pone en movimiento el sistema.

Por efecto de la fuerza centrífuga, el combustible que ha entrado al interior del filtro es forzado a salir a contraflujo por el elemento filtrante, a la vez que se va regulando la entrada de un nuevo combustible, para ir reponiendo a aquél que va saliendo. El combustible de la limpieza tiene la característica de haber sido filtrado previamente, para evitar que se creen incrustaciones no deseadas en el interior del filtro.

En esta etapa, no se ha establecido aún cuánto tiempo ha de estar funcionando el sistema para dar por terminada la operación de limpieza, el cual se podría establecer a partir de las primeras pruebas y ensayos de laboratorio, una vez que el sistema esté operativo.

En los anexos, a partir del 12, se presentan los planos de despiece de la instalación.

### **2.3.1. Tecnología de recuperación**

Después de haber realizado los cálculos pertinentes para la construcción del dispositivo que permita la limpieza final de los filtros, se dan a conocer otras operaciones de la tecnología de recuperación:

#### **Operaciones de la tecnología de recuperación de los filtros:**

Luego de haber retirado el filtro del motor del grupo electrógeno (GE), se debe poner a reposar por espacio de 24 horas más menos, para que se escurra y facilite las operaciones de limpieza, este tiempo está en dependencia de la cantidad de residuos que albergue el mismo en su interior.

##### **- Desarme de los filtros:**

Para efectuar esta operación hay que ser muy cuidadoso, porque se podrían dañar la carcasa o el elemento filtrante.

Se tendrá que basificar el filtro en un torno, de manera tal que quede centrado por ambos extremos y realizarle un corte radial a 1 cm. de su base-soporte, es importante que se tenga en cuenta que el corte

se debe realizar lo más pegado a la base que se pueda, ya que esa es el área de mayor rigidez del filtro, es donde se ejerce menor presión y temperatura de trabajo y por consiguiente menor riesgo de que el filtro se pueda romper, siempre dejando un margen para la embutición final del filtro recuperado. Estos tipos de filtros tienen normalmente en la parte inferior un resorte que comprime el elemento filtrante contra su base, por tanto, si se corta con una cuchilla, y se dice cortar, porque en esta operación no va a suceder arranque de virutas, las dimensiones se mantienen, luego si lo que se tiene es un resorte que comprime el elemento filtrante, este resorte puede absorber 1 o 2 milímetros más para hacer la embutición.

Previamente se coloca un recipiente bajo el filtro para que las impurezas y los residuos de aceite que alberga el mismo en su interior no sean derramados sobre la mesa de trabajo o el torno, cuando este se destape.

Luego se separan con cuidado ambos componentes, y se extrae el elemento filtrante fig. (2.3), es bueno que en todas estas operaciones se tenga el mayor cuidado posible para no dañar ningún elemento del filtro, ya que el ensamble del mismo se realizará con estas mismas piezas.



Fig. 2.3. Elemento filtrante.

#### **- Limpieza inicial:**

Una vez separado el elemento filtrante (figura 2.3), se le coloca un tapón en la entrada de forma tal que al sumergirlo en el combustible por espacio de 24 horas, no penetren suciedades en la parte interna del

elemento filtrante, el combustible que se debe usar para todas estas operaciones debe ser de baja densidad y estar libre de impurezas.

Luego de 24 horas de haberse sumergido el filtro en combustible, se saca y se sacude para que libere las deposiciones superficiales que presenta, también se puede usar un cepillo de dientes finos para limpiar algunas suciedades que se puedan observar a simple vista y que no fueron liberadas al sacudirlo.

#### **- Limpieza por centrifugación:**

Para éste tipo de limpieza, se monta el elemento filtrante en el mecanismo de centrifugación. Por la parte interna del filtro se suministra el combustible de la limpieza, de forma que al comenzar a girar el filtro, y por efecto de la fuerza centrífuga, el combustible es forzado a salir a contra flujo hacia el exterior. De ésta forma, el combustible de limpieza arrastra consigo las partículas de suciedad que quedarán adheridas al elemento filtrante, luego de la limpieza inicial.

#### **- Ensamble del filtro recuperado:**

Luego de que el filtro pasa por todo éste mecanismo de limpieza y recuperación, se procede a ensamblarlo.

Se coloca el elemento filtrante dentro de la parte mayor de su carcasa, se verifica que esté en el lugar correcto y luego se embute la otra parte, que no es más que su base soporte, siempre teniendo en cuenta que se debe trabajar con sumo cuidado y calidad. Para realizar el sellado se deben pulir las superficies donde se va a depositar la resina epóxica, esta resina es capaz de soportar altas presiones y temperaturas de trabajo y se utiliza principalmente para sellar las grietas que se producen en el bloque de cilindros del motor y en su tapa. En última instancia, si cuando se va a realizar la embutición disminuyen las dimensiones del filtro, queda la posibilidad de poner a tope ambas partes y luego por el exterior, pegarle una cinta metálica con el mismo procedimiento de la resina epóxica, de manera tal que se realice el sellaje.

Luego de esta operación, se ha de comprobar que el filtro esté bien sellado, que entre otros métodos se puede emplear una prueba de hermeticidad hidráulica, para que no existan salideros. Luego se pone el filtro a prueba para evaluar su durabilidad, siguiendo las mismas normas que da el fabricante para su instalación en el motor.

### **2.3.2. Seguridad e higiene del trabajo**

En éste tipo de trabajo, donde se labora con combustible y electricidad, es preciso tomar medidas de seguridad adicionales, ya que un salidero de combustible en contacto con la electricidad puede provocar un incendio, seguido de daños irreparables. Por otro lado es necesario, ante todo, la preservación de la integridad física del operario que allí labore.

Las medidas de protección e higiene propuestas son las siguientes:

- Tener activa el “área contra incendios”.
- Desconectar de la alimentación eléctrica al equipo, cada vez que se haga una operación de colocación o desmonte del filtro.
- No usar zapatos abiertos, sino botas de trabajo y guantes resistentes al combustible y al aceite.
- Mantener la limpieza en el puesto de trabajo, para que no penetren suciedades ni impurezas dentro de los elementos del equipo.
- Controlar y corregir oportunamente cualquier derrame de combustible.
- Preservar la integridad de los cables y conexiones eléctricas con el aislante adecuado.

### **2.4. Consideraciones económicas**

Con esta propuesta, lo que se espera es que se puedan recuperar, en alguna medida, el recurso de trabajo de los filtros de aceite y combustible de los grupos electrógenos, que es equivalente a prolongarle su vida útil después que éstos sean desechados por prescripciones del mantenimiento.

Esta propuesta muestra una tecnología que no está aplicada en ningún país del mundo, hasta donde ha sido posible investigar. Con su puesta en marcha, se podrían recuperar los filtros y con ello, alargar su vida útil sin tener que reponerlos por nuevos, siendo esto un ahorro sustancial de recursos monetarios al país.

Para la puesta en marcha de esta tecnología, el motor eléctrico que se pretende utilizar es de un ventilador doméstico en desuso recuperado de 110 V. Los gastos estarán asociados a la fabricación de elementos como son un par de poleas, una correa, tornillos, tuercas y otros elementos, que su función será la de fijar algunos elementos del sistema. Se necesita de un gasto inicial de combustible que se recuperaría por un proceso de filtrado continuo, a fin de ser reutilizado nuevamente en cada operación.

En función de abaratar aún más el costo de la instalación, se ha seleccionado madera dura como el material

para la fabricación de las poleas. La correa asociada a los cálculos puede ser perfectamente de las mismas que usan las lavadoras domésticas de marca Aurika de fabricación soviética, que es de fácil adquisición.

Por su parte, el material de las chumaceras, los tornillos, arandelas y tuercas si deberán ser de metal, con bajos requisitos técnicos.

Teniendo en cuenta los elementos antes planteados, el costo de la inversión para construir la tecnología de recuperación de los filtros, nunca superaría los CUP 100,00; por otro lado si se lograra recuperar por cada filtro, al menos un 35 %, de su recurso de trabajo (87,5 horas para los de aceite) se ahorrarían (USD 13,40), y para los de combustible serían (175 horas) se ahorrarían (USD 32,35) que es más que suficiente para que rápidamente, en menos de una jornada completa de trabajo, se recupere la inversión realizada.

Respecto a los costos de operación, se pretende utilizar como operarios a los estudiantes del Grupo Científico Estudiantil que se ha creado a tales efectos. Finalmente en cuanto al consumo de la electricidad, la instalación no consumiría más de 0,05 kW·h según quedó establecido en el epígrafe 2.2.1.

Preliminarmente (en espera de los ensayos), se estima que el tiempo de limpieza de un filtro no sea mayor de media hora, que por concepto de demanda de electricidad sería equivalente, aproximadamente, a CUP 0,0045 (0,45 centavos) según la tarifa establecida para el sector no residencial.

En los últimos tres años en la provincia Holguín (ver Anexos 3 y 4), se hizo un estudio en los GE instalados en los municipios de Sagua 2 G1, Maceo, Banes 3, Uñas G1, Uñas G2, C. Mir G1, C. Mir G2, U. Noris G1, U. Noris G2, Banes 1 G1, Banes 1 G2, y San Andrés, para verificar en qué condiciones estaban trabajando los filtros de aceite y combustible instalados en ellos.

En la tabla 2.1 se muestra un análisis económico de las pérdidas y del posible ahorro que se pudo haber obtenido si se hubieran recuperado estos filtros.

Tabla 2.1. Análisis económico de las pérdidas y del posible ahorro por concepto de cambios y recuperación de filtros.

Filtro	Cantidad de cambios	Duración según fabricante (h)	Duración real (h)	Diferencia	Sobreconsumo		Recuperación 35 %	
					Cantidad de filtros	Costo (USD)	Cantidad de filtros	Ahorro estimado (USD)
Aceite	227	56 750	30 896,97	25 853,03	103	3 943,87	79	3 024,91
Combustible	222	111 000	84 653,04	26 346,96	53	4 899,32	78	7 210,32

Si ésta tecnología hubiera estado activa en esos tres años, el país se hubiera ahorrado (USD 3 024,91), (equivalentes a 79 filtros de aceite) y (USD 7 210,32) (equivalentes a 78 filtros combustible), con solo recuperar su recurso de trabajo en un 35 %. El cálculo se ha realizado solamente para el área geográfica y tiempo referidos anteriormente. Esta cifra es millonaria a nivel del país.

## 2.5. Impacto ambiental

En la actualidad se emplean sustancias contaminantes durante los procesos en las industrias, las cuales dañan el medio ambiente. En el caso de los grupos electrógenos, su mayor impacto ambiental viene dado por la emisión de contaminantes a la atmósfera; no obstante, los filtros de aceite y combustibles cuando cumplen su vida útil son retirados y almacenados en vertederos especiales, que aún cuando evitan que se derrame aceite o combustible al medio ambiente, constituyen una carga contaminante latente de grandes dimensiones, que accidentalmente pudieran escaparse y con ello, crear un daño de gran magnitud en la zona.

Actualmente en la provincia Holguín la empresa GEYSEL, que es la encargada de todo lo que tiene que ver con mantenimiento y cambios de filtros de los GE, no sabe qué hacer con estos filtros ya que son demasiados, y a veces los lugares donde se almacenan están abarrotados.

Si se lograra implantar esta tecnología de recuperación, se estaría poniendo a disposición de esta empresa (y del país en un nivel más global), una vía para mitigar el impacto ambiental que representan los filtros en desuso.

## 2.6. Contribución del trabajo a la defensa de la patria

Los GE pueden funcionar tanto en tiempo de paz, como en situaciones excepcionales relacionadas con la



defensa del país; por tanto, con la realización de este proyecto, se está contribuyendo directamente a la defensa de la patria por varias razones, puesto que los Grupos Electrógenos representan un eslabón fundamental dentro de la Batalla de Ideas y aún más, dentro de la Revolución Energética en C

## **Conclusiones**

En este trabajo se realizó la propuesta del diseño de una tecnología universal para la recuperación de los filtros de aceite y combustible en los motores de combustión interna, específicamente, para los motores de los grupos electrógenos.

Esta tecnología no tiene antecedentes parecidos en ningún lugar del mundo, de acuerdo a la literatura que ha podido ser consultada, lo cual le confiere al trabajo una significativa novedad.

La posterior construcción del dispositivo y la puesta en marcha de la tecnología, permitiría resolver un significativo problema económico y medioambiental que se crea con cada desecho de los filtros. Con ésta tecnología se pretende, al menos, recuperar en un 35 % el recurso de trabajo de estos filtros equivalente a (87,5 horas en los de aceite) y (175 horas en los de combustible) lo que representaría a su vez, un ahorro de USD 13,40 y USD 32,35 respectivamente por cada filtro recuperado.

Según los cálculos realizados de haber contado en los últimos tres años con esta tecnología, hubiera sido posible recuperar, en base al 35 %, 157 filtros de aceite y de combustible con un ahorro de USD 10 235,23 en el territorio de Holguín.

## **Recomendaciones**

1. Construir el dispositivo que permita la recuperación de los filtros de combustible y de aceite.
2. Detallar aún más la tecnología de recuperación, para poder ajustar los cálculos para las características y dimensiones de cualquier filtro ya sea de aceite o de combustible, de cualquier otro tipo de motor.

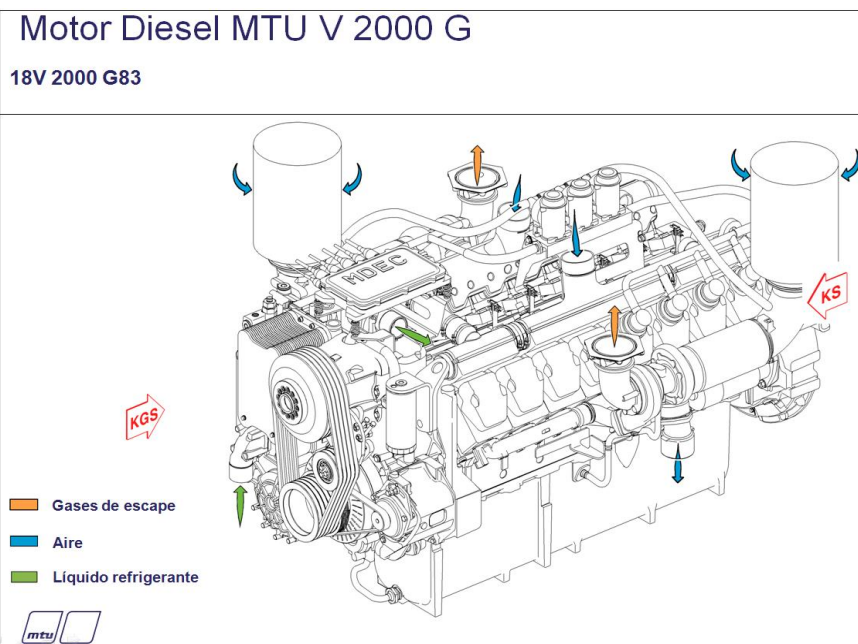
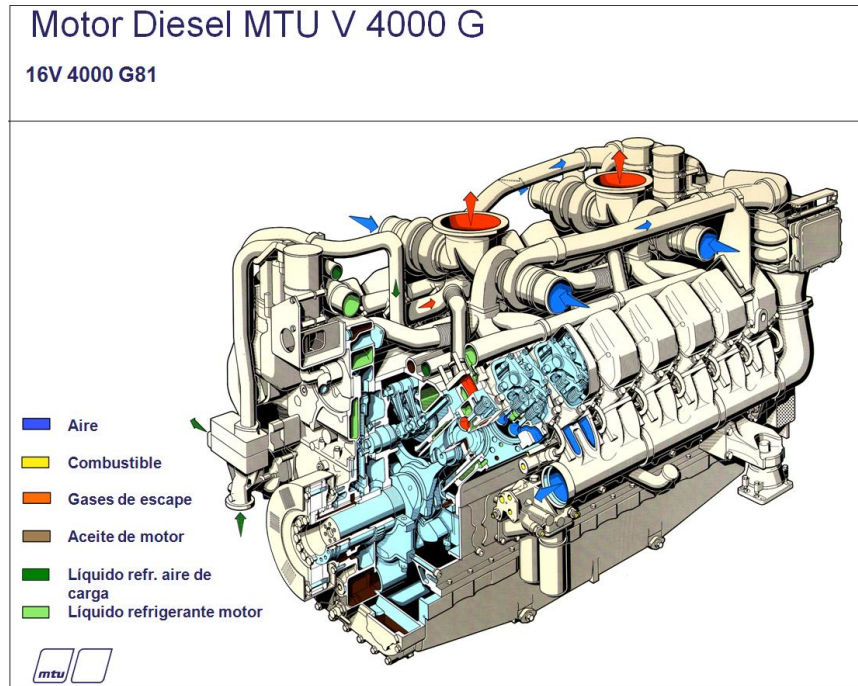
## Bibliografía

1. Constantino, R. Consulta de experto. Junio de 2011.
2. González Utria, Eusebio. Consulta de experto. Junio de 2011.
3. Isla Vilachá, Idalia. Consulta de experto. Junio de 2011.
4. Machín, Gustavo. Consulta de experto. Junio de 2011.
5. Mora, A. Consulta de experto. Junio de 2011.
6. Sacarías, J. Consulta de experto. Junio de 2011.
7. Sigley, Joseph Edgar. Elementos de Máquinas, Editorial Mc GRAW-HILL Interamericana de México. Quinta edición, cuarta en español (1990).
8. <http://es.howticle.com/como-filtro-de-aceite-para-reciclar-combustible-bioDiesel.html>
9. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/pp-oil-and-fuel-filter-297888428.html>
10. <http://es.journeytoforever.org/biocombustibles/aceite-vegetal-combustible-Diesel.cgi>
11. [http://www.asifunciona.com/mecanica/af\\_motor\\_gasolina/af\\_motor\\_gasolina\\_4.htm](http://www.asifunciona.com/mecanica/af_motor_gasolina/af_motor_gasolina_4.htm).
12. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/pp-oil-and-fuel-filter-bag-298232254.html>
13. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/truck-parts-spin-on-oil-and-fuel-filters-350051665.html>
14. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/original-cummins-part-air-oil-and-fuel-filter-3313306-378541300.html>
15. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/original-cummins-part-air-oil-and-fuel-filter-4897898-378539726.html>
16. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/original-cummins-part-air-oil-and-fuel-filter-c3931063-378537804.html>
17. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/original-cummins-part-three-filter-air-oil-and-fuel-filter-c4930794-fleetguard-290065281.html>
18. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/pp-oil-filter-and-fuel-filter-280300322.html>

19. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/auto-oil-filter-and-fuel-filter-299956162.html>
20. <http://www.ventarepuestosagro.com.ar/filtros.htm>
21. [http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo\\_electr%C3%B3geno](http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno)
22. <http://www.aprender-gratis.tk/mantenimiento-coches.htm>
23. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/auto-oil-and-fuel-filter-paper-237258488.html>
24. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/auto-oil-and-fuel-filter-paper-237258756.html>
25. <http://globecoreregen.com/es/product.htm>
26. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/sell-Diesel-oil-purifier-gasoline-oil-filtering-and-fuel-oil-purifier-219828758.html>

## Anexos

### Anexo 1.



Anexo 2. Combustibles de calidad comparable con los datos siguientes de las cargas de producción.

		Métodos de comprobación		Valores límite
		ASTM	ISO	
Composición				El combustible Diesel debe estar exento de ácidos inorgánicos, agua visible, materias extrañas sólidas y compuestos de cloro
Contaminación total	máx.		EN 12662	24 mg/kg
Densidad a 15 °C	mín. máx.	D 1298 D 4052	EN 3675	0,820 g/ml 0,860 g/ml
Grado API a 60 °F	mín. máx.	D 287		41 33
Viscosidad a 40 °C	mín. máx.	D 445	EN 3104	1,5 mm <sup>2</sup> /seg. 4,5 mm <sup>2</sup> /seg.
Punto de inflamación	mín.	D 93	EN 2719	60 °C
Fases de ebullición: - Comienzo de ebullición - Porcentaje en volumen a 250 °C - Porcentaje en volumen a 350 °C - Residuos y pérdida	máx. mín. máx.	D 86	3405	160 - 220 °C 65 % en volumen 85 % en volumen 3 % en volumen
Agua	máx.		EN 12937	300 mg/kg
Residuos de coque en el 10 % de residuos de la destilación	máx.	D 189	EN 10370	0,30 % en peso
Cenizas en forma de óxidos	máx.	D 482	EN 6245	0,01 % en peso
Azufre <sup>1)</sup>	máx.	D 2622	EN 20884	0,5 % en peso
Número de cetano	mín.	D 613	EN 5165	45
Índice de cetano	mín.	D 976	EN 4264	42
Efecto de corrosión sobre cobre, 3 horas a 50 °C	Grado de corrosión máx.	D 130	EN 2160	1a
Estabilidad a la oxidación	máx.	D 2274	EN 12205	25 g/m <sup>3</sup>
Poder lubricante a 60°C	máx.		12156-1	0,46 mm
Valor límite de la capacidad de filtrado		D 4359	EN 116	véase observación <sup>2)</sup>
Número de neutralización	máx.	D 974		0,2 mg KOH/g

**Anexo 3. Tabla de la durabilidad de los filtros de combustible durante los tres últimos años en la provincia Holguín**

<b>Central Eléctrica Aislada</b>	Promedio de tiempo de vida del filtro/Cantidad de cambios de filtro de combustible			Total
	Año 2008	Año 2009	Año 2010 (hasta junio)	
Sagua 2 G1	365,6 horas /10 cambios	369 horas / 11 cambios	389,58 horas / 1 cambio	374,72 h/ 22 camb
Maceo	354,08 horas / 12 cambios	299,33 horas / 6 cambios	No se ha cambiado	326,70 h/ 18 camb
Banes 3	298,67 horas / 3 cambios	398 horas / 10 cambios	No se ha cambiado	348,33 h/ 13 camb
Uñas G1	410,62 horas / 13 cambios	420 horas / 10 cambios	No se ha cambiado	415,31 h/ 23 camb
Uñas G2	420 horas / 14 cambios	359,65 horas / 8 cambios	No se ha cambiado	389,82 h/ 22 camb
C. Mir G1	370 horas / 9 cambios	400 horas / 9 cambios	399,5 horas / 1 cambio	389,83 h/ 19camb
C. Mir G2	388,77 horas / 13 cambios	359,98 horas / 12 cambios	297,5 horas / 1cambio	348,75 h/ 26 camb
U. Noris G1	395,75 horas / 8 cambios	400,58 horas / 10 cambios	315 horas/ 1 cambio	370,44 h/ 19 camb
U. Noris G2	400,42 horas / 12 cambios	419,58 horas / 9 cambios	No se ha cambiado	410 h/ 21 camb
Banes 1 G1	401,4 horas / 5 cambios	409,38 horas / 8 cambios	396,5 horas / 2 cambios	402,42 h/ 15 camb
Banes 1 G2	410,57 horas / 7 cambios	355,57 horas / 7 cambios	420,25 horas / 2 cambios	395,46 h/16 camb
San Andrés	415 horas / 2 cambios	398 horas / 5 cambios	416,5 horas / 1 cambio	409,83 h/ 8 camb
<b>Total Aislados</b>	<b>385,15 horas / 108 cambios</b>	<b>382,42 horas / 105 cambios</b>	<b>376,40 horas / 9 cambios</b>	<b>381,32 h/ 222 cambios</b>



**Anexo 4. Tabla de la durabilidad de los filtros de aceite durante los tres últimos años en la provincia Holguín.**

Central Eléctrica A Aislada	Promedio de tiempo de vida del filtro/Cantidad de cambios de filtro de aceite			Total
	Año 2008	Año 2009	Año 2010 (hasta junio)	
Sagua 2 G1	130,5 horas / 8 cambios	92,12 horas / 12 cambios	105 horas / 2 Cambio	109,20 h/ 22 camb
Maceo	148,25 horas / 12 cambios	154,3 horas / 6 cambios	145 horas / 1 Cambio	149,18 h/ 19 camb
Banes 3	95,36 horas / 3 cambios	89 horas / 10 cambios	120 horas/ 2 Cambio	101,45 h/15 camb
Uñas G1	86,52 horas / 13 cambios	124,36 horas / 10 cambios	No se ha cambiado	105,5 h/ 23 camb
Uñas G2	101,3 horas / 14 cambios	105,69 horas / 10 cambios	No se ha cambiado	103,49 h/ 24 camb
C. Mir G1	92,89 horas / 9 cambios	87 horas / 9 cambios	148 horas / 1 cambio	89,94 h/ 19 camb
C. Mir G2	170,2 horas / 13 cambios	75,58 horas / 12 cambios	170,3 horas / 1 cambio	122,9 h/ 26 camb
U. Noris G1	158,3 horas / 8 cambios	103,56 horas / 10 cambios	165,15 horas/ 1 cambio	142,33h/ 19 camb
U. Noris G2	125,4 horas / 12 cambios	96 horas / 9 cambios	No se ha cambiado	110,7 h/ 21 camb
Banes 1 G1	165,23 horas / 5 cambios	82,35 horas / 8 cambios	158,5 horas / 2 cambios	135,4 h/ 15 camb
Banes 1 G2	169,5 horas / 7 cambios	91,25 horas / 7 cambios	137 horas / 2 cambios	132,6 h/ 16 camb
San Andrés	164,23 horas / 2 cambios	143 horas / 5 cambios	170,23 horas / 1 cambio	159,15 h/ 8 camb
<b>Total Aislados</b>	<b>158,19 horas /106 cambios</b>	<b>103,68 horas / 108 cambios</b>	<b>146,47 horas / 13 cambios</b>	<b>136,11 h/ 227 cambios</b>

**Anexo 5. Tabla de los factores de servicio ( $K_s$ ).**

	<b>GRUPO MOTOR</b>	
<b>Máquinas conducidas</b>	<b>Motores de:</b> Corriente alterna de fase dividida. Corriente alterna con par normal, jaula de ardilla y sincrónicos. Corriente continua con excitación "shunt". Ruedas hidráulicas. Turbinas hidráulicas y de vapor. Motores combustión interna.	<b>Motores de:</b> Corriente alterna monofásicos y arrollamiento en serie. Corriente alterna con elevado par motor a gran deslizamiento. Corriente alternada e anillos colectores. Corriente alternada e repulsión e inducción. Corriente alterna con condensador. Corriente continua con excitación "compound". Máquinas de vapor. Ejes de transmisión. Embragues sobre eje motor o eje conducido.
Uniforme. Pequeños ventiladores, hasta 10 HP. Bombas centrífugas. Agitadores para líquidos. Compresores centrífugos. Transportadores. Soplantes.	<b>1-1.2</b>	<b>1.2</b>
Con choque ligero. Transportadores de correa. Ejes de transmisión. Punzonadoras, cizallas y prensas. Troqueles. Ventiladores. Máquinas herramientas. Máquinas de imprimir.	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>
Con choque medio. Molinos de martillos. Pulverizadores. Soplantes de impulsión. Transportadores helicoidales. Bombas alternativas. Máquinas de aserrar. Maquinaria textil. Elevadores de cangilones. Amasadoras y maquinaria para fábrica de ladrillos. Batidoras para fábricas de papel.	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>
Con choque pesado. Trituradoras rotativas. Trituradoras a mandíbulas. Trituradoras de rodillos. Trituradoras cónicas. Molinos de bola. Máquina de laminar tubos. Trefiladoras. Maquinaria de elevación	<b>1.6</b>	<b>1.8</b>

**Anexo 6. Diámetros primitivos de polea. Recomendados(x). Especialmente recomendados (xx).**

Diámetro (mm)	Sección de correa					Diámetro (mm)	Sección de correa					
	Z	A	B	C	D		Z	A	B	C	D	E
60	x					355		x	x	x	xx	
63	xx					375			x	x	x	
67	x					400		xx	xx	xx	xx	
71	xx					425					x	
75	x					450		x	x	x	xx	
80	xx					475					x	
90	x	xx				500		xx	xx	xx	xx	xx
95		x				530						x
100	xx	xx				560		x	x	x	x	xx
106		x				600			x	x	x	
112	xx	xx				630		xx	xx	xx	xx	xx
118		x				670						x
125	xx	xx	x			710		x	x	x	x	xx
132		x	x			750			x	x	x	
140	x	xx	xx			800			xx	xx	xx	xx
150	x	x	x			900			x	x	x	x
160	xx	xx	xx			1000			xx	xx	xx	xx
170			x			1060					x	
180	x	xx	xx			1120				x	x	x
200	xx	xx	xx	xx		1250				xx	xx	xx
212				x		1400				x	x	
224	x	x	x	xx		1500					x	x
236				x		1600				xx	x	xx
250	x	x	xx	xx		1800					x	
265				x		1900						xx
280		x	x	xx		2000					xx	xx
300		x	x	x		2240						x
315		xx	xx	xx		2500						xx

**Anexo 7. Longitudes de correas frecuentes.**

Sección A		Sección B		Sección C		Sección D		Sección Z	
No. correa	Desarrollo primitivo	No. correa	Desarrollo primitivo	No. correa	Desarrollo primitivo	No. correa	Desarrollo primitivo	No. correa	Desarrollo primitivo
A-23	617	B-35	932	C-51	1375	D-120	3124	Z-17 ½	470
A-24	643	B-37 ½	995	C-55	1459	D-128	3327	Z-19	509
A-26	693	B-38	1008	C-62	1637	D-136	3530	Z-21 ½	572
A-27 ½	732	B-39	1034	C-65	1713	D-144	3734	Z-22	585
A-28 ¼	751	B-40	1059	C-68	1789	D-158	4089	Z-23	610
A-29	770	B-41 ½	1097	C-69	1815	D-162	4191	Z-23 ½	623
A-30	795	B-42	1110	C-75	1967	D-173	4470	Z-24 ½	649
A-31	820	B-44	1161	C-77	2018	D-180	4648	Z-25 ½	674
A-33	871	B-45	1186	C-79	2069	D-195	5029	Z-26	686
A-34	897	B-46	1211	C-81	2119	D-210	5410	Z-27	712
A-35	922	B-48	1262	C-85	2221	D-220	5664	Z-28	737
A-36 ¾	966	B-50 ½	1326	C-89	2323	D-225	5791	Z-30 ½	801
A-37 ¼	979	B-51	1338	C-90	2348	D-240	6172	Z-31	813
A-38	998	B-54 ½	1427	C-95	2475	D-248	6375	Z-32	839
A-40	1049	B-55	1440	C-96	2500	D-266	6832	Z-34	890
A-41	1074	B-56	1465	C-101	2627	D-270	6934	Z-34 ½	896
A-42	1100	B-59	1542	C-102	2653	D-300	7696	Z-34 ¼	902
A-44 ½	1163	B-60	1567	C-105	2729	D-316	8102	Z-35	915
A-45	1176	B-62	1618	C-111	2881	D-360	9220	Z-36	940
A-46	1201	B-63	1643	C-112	2907	D-394	10084	Z-38	991
A-47	1227	B-67	1745	C-120	3110	D-441	11277	Z-38 ¼	998
A-48	1252	B-68	1770	C-125	3237			Z-40	1042
A-50	1303	B-71	1846	C-130	3364			Z-42	1093
A-51	1328	B-75	1946	C-136	3516			Z-44	1144
A-52	1354	B-80	2075	C-143	3694			Z-48	1245
A-55	1430	B-81	2100	C-144	3720			Z-50	1296
A-56	1455	B-83	2151	C-148	3821			Z-50 ½	1309
A-57	1481	B-84	2177	C-158	4075			Z-51	1321
A-59	1532	B-85	2202	C-162	4177			Z-51	1334



**Anexo 8. Recorrido de montaje y tensado.**

Longitud primitiva de la correa	(X) mínimo para montar (mm)					(Y) mínimo para tensar
	Sección					Todas las secciones
	A	B	C	D	E	
De 600 a 900	20	25				25
965-1400	20	25	40			40
1525-2160	20	30	40			50
2280-2850	25	30	40			65
3050-3660	25	30	40	50		75
4000-4570		30	50	50	65	90
5000-5700		40	50	50	65	100
6000-6500		40	50	65	65	115
6900-7700		40	50	65	75	125
8400-9900			50	65	75	150
10500 +						1.5% de la longitud

Para la sección Z tomar los valores de la A.

**Anexo 9.**

**Potencia básica ( $P_b$ ) que depende de la sección de la correa**

<b>Potencia Básica Sección Z</b>									
<b>(<math>P_b</math>) kW d:</b>									
<b><math>n^1</math></b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>85</b>
<b>200</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>
<b>400</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,11</b>	<b>0,13</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,21</b>	<b>0,24</b>	<b>0,26</b>
<b>600</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>0,15</b>	<b>0,19</b>	<b>0,23</b>	<b>0,26</b>	<b>0,30</b>	<b>0,34</b>	<b>0,37</b>
<b>720</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>	<b>0,20</b>	<b>0,24</b>	<b>0,29</b>	<b>0,34</b>	<b>0,37</b>	<b>0,41</b>
<b>725</b>	<b>0,08</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,22</b>	<b>0,26</b>	<b>0,31</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>	<b>0,44</b>
<b>800</b>	<b>0,09</b>	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>	<b>0,48</b>
<b>950</b>	<b>0,10</b>	<b>0,16</b>	<b>0,22</b>	<b>0,27</b>	<b>0,33</b>	<b>0,39</b>	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,52</b>

**Potencia diferencial ( $P_d$ ) que depende de la sección de la correa**

<b>Potencia diferencial Sección Z</b>										
<b>(<math>P_d</math>) kW i:</b>										
<b><math>n^1</math></b>	<b>1,00</b>	<b>1,02</b>	<b>1,06</b>	<b>1,12</b>	<b>1,19</b>	<b>1,27</b>	<b>1,39</b>	<b>1,58</b>	<b>1,95</b>	
	<b>1,01</b>	<b>1,05</b>	<b>1,11</b>	<b>1,18</b>	<b>1,26</b>	<b>1,38</b>	<b>1,57</b>	<b>1,94</b>	<b>3,38</b>	<b>3,39...</b>
<b>200</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>400</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
<b>600</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>725</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>800</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>
<b>950</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>

**Anexo 10. Coeficiente de corrección del ángulo de contacto.**

(D-d)/Cc	Ángulo (grado)	C1
0	180	1.00
0.05	177	0.99
0.10	174	0.99
0.15	171	0.98
0.20	168	0.97
0.25	165	0.96
0.30	162	0.96
0.35	160	0.95
0.40	156	0.94
0.45	153	0.93
0.50	150	0.92
0.55	147	0.91
0.60	144	0.90
0.65	141	0.90
0.70	139	0.89
0.75	136	0.88
0.80	133	0.87
0.85	130	0.86
0.90	126	0.84
0.95	123	0.83
1.00	119	0.82
1.05	115	0.80
1.10	112	0.79
1.15	109	0.78
1.20	106	0.77
1.25	103	0.75
1.30	100	0.74
1.35	96	0.72
1.40	92	0.70
1.45	88	0.68
1.50	84	0.66
1.55	80	0.64
1.60	77	0.62



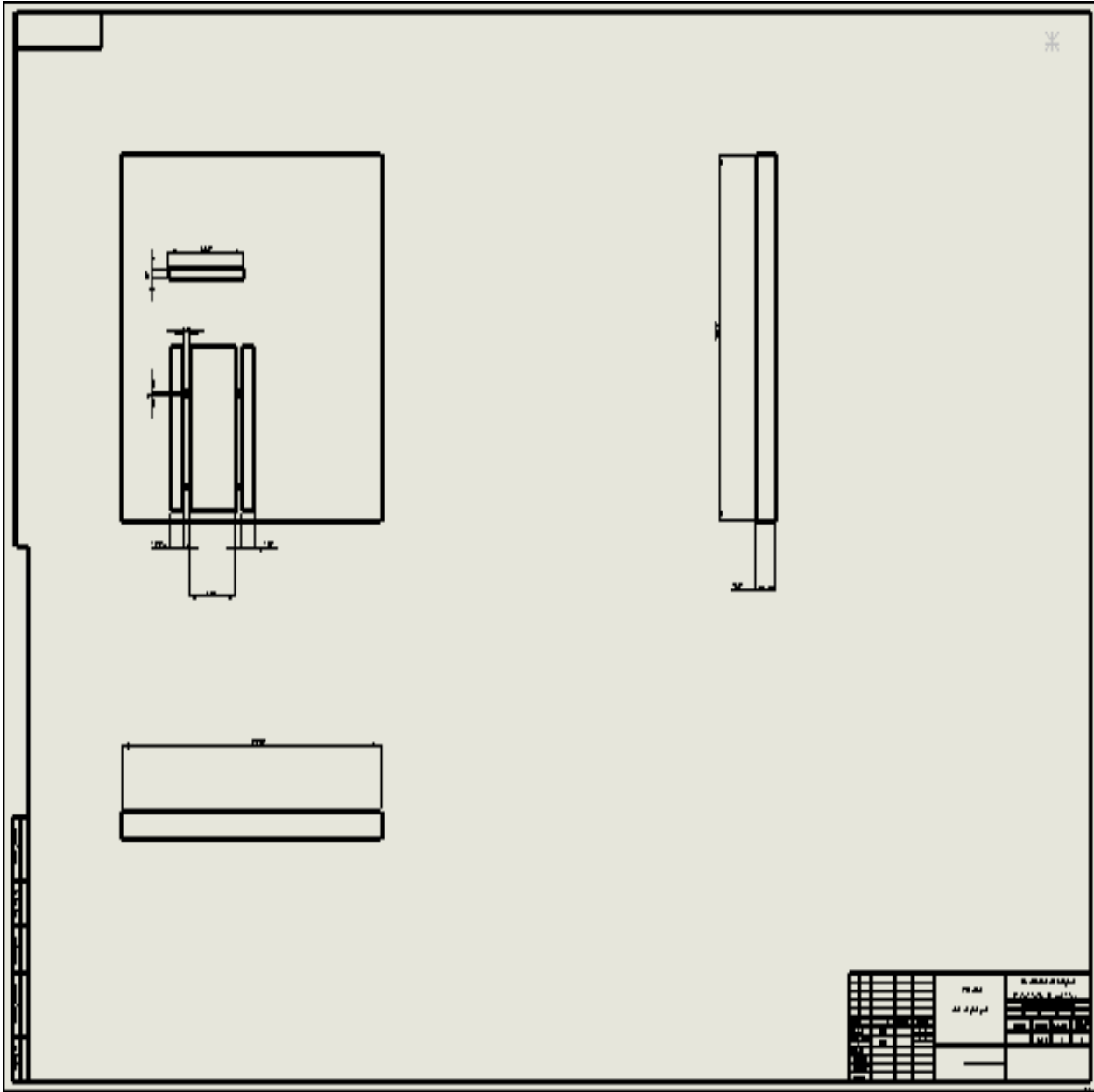
**Anexo 11. Coeficiente de corrección de la longitud L´.**

9810						1,25
8290					1,27	1,23
3715					1,20	1,15
0670			1,40	1,27	1,13	1,09
380			1,33	1,20	1,07	1,03
240			1,29	1,16	1,04	1,00
095			1,24	1,12	1,00	0,96
335		1,29	1,20	1,09	0,97	0,94
570		1,25	1,16	1,05	0,94	0,90
115		1,22	1,14	1,03	0,92	
660		1,19	1,11	1,00	0,89	
250		1,16	1,08	0,97	0,87	
670		1,11	1,03	0,93	0,83	
285		1,07	1,00	0,90	0,81	
060		1,05	0,98	0,88		
905		1,03	0,96	0,87		
675		1,00	0,93	0,85		
450	1,00	0,95	0,89	0,80		
120	0,98	0,93	0,87	0,79		
070	0,95	0,91	0,85	0,76		
90	0,91	0,87	0,81	0,73		
15	0,89	0,85	0,80	0,72		
10	0,87	0,83	0,77			
	0,84	0,80	0,75			

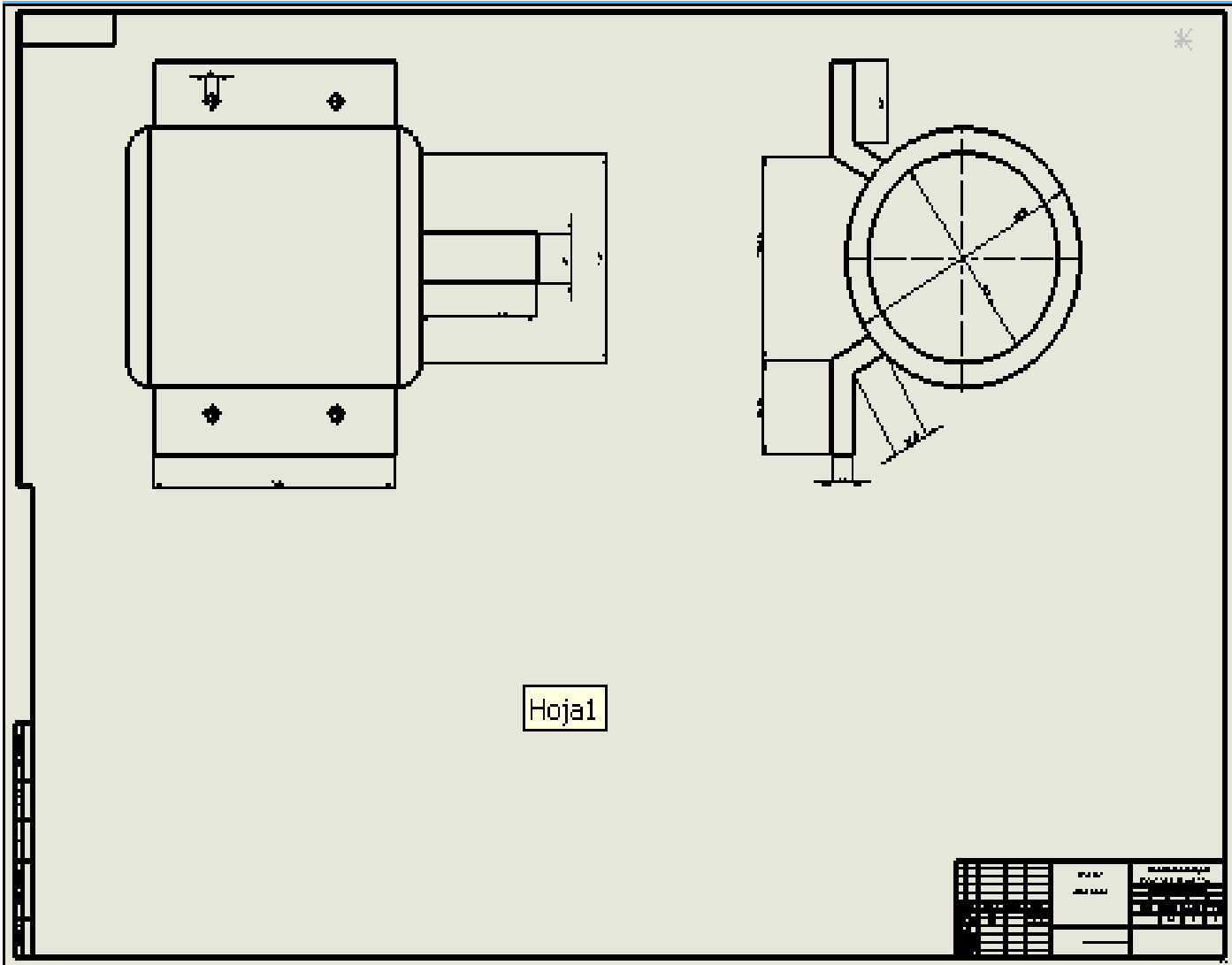
10						
60	0,82	0,79	0,73			
05	0,77	0,73				
40	0,69					



Anexo 13. Pared de apoyo.

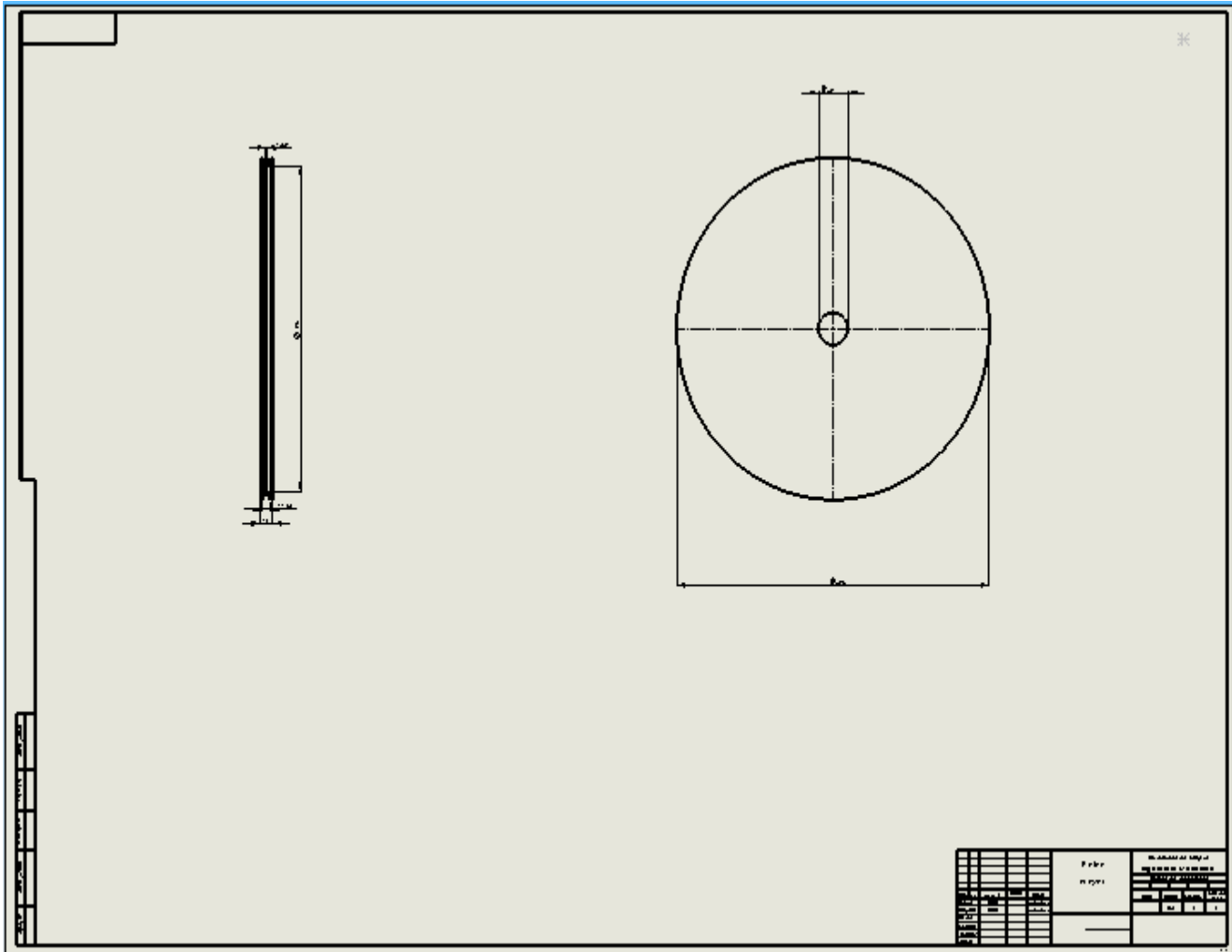


Anexo 14. Motor eléctrico.



Anexo 15. Polea menor.

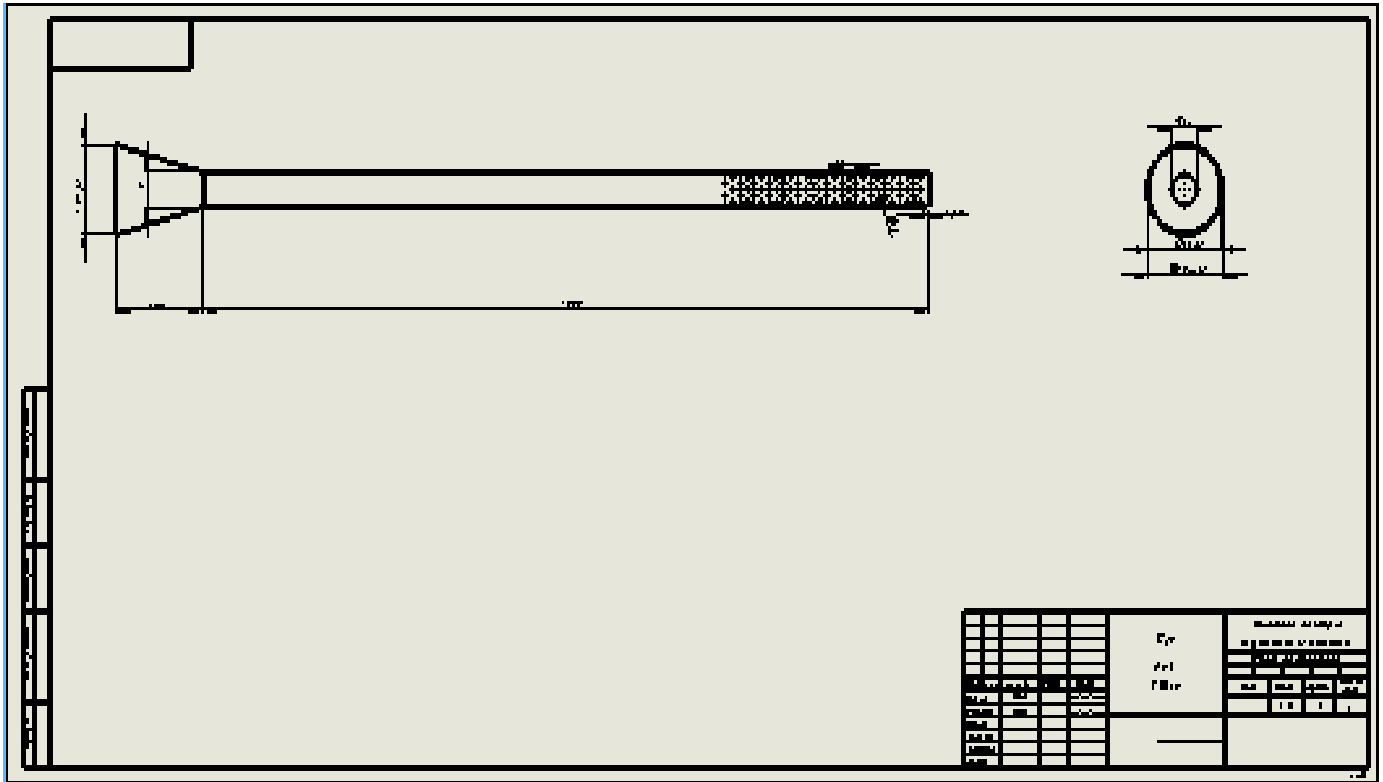




Anexo 17. Correa trapecial Z-42.







Anexo 19. Soporte del eje (lleva 2).

Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support. The drawing includes a front view, a side view, a top view, and a 3D perspective view. Dimensions are provided for the front and side views.

Front View Dimensions:

- Top diameter:  $\varnothing 20.0$
- Base width: 100
- Base height: 20
- Base thickness: 2.0
- Top radius:  $R_{20}$

Side View Dimensions:

- Height: 20
- Base width: 10

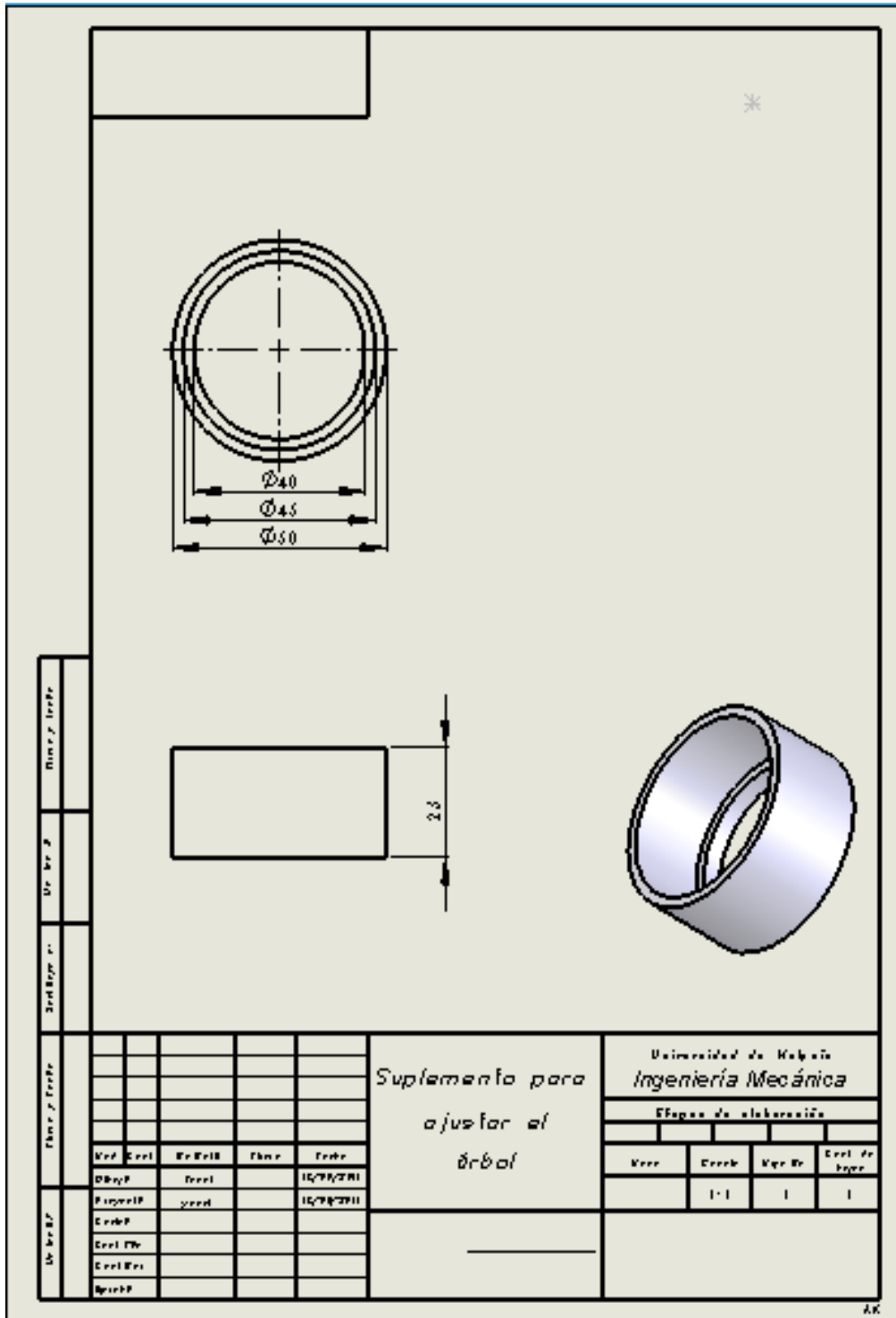
The drawing also includes a top view showing two holes and a 3D perspective view of the part.

NO.	FECHA	DESCRIPCION	PROY.	PROF.

Suplenete del cyc	
_____	

Instituto de Ingenieros Ingeniería Mecánica			
Clase de dibujo			

Anexo 20. Suplemento para ajustar el árbol.



Anexo 21. Soporte del filtro.

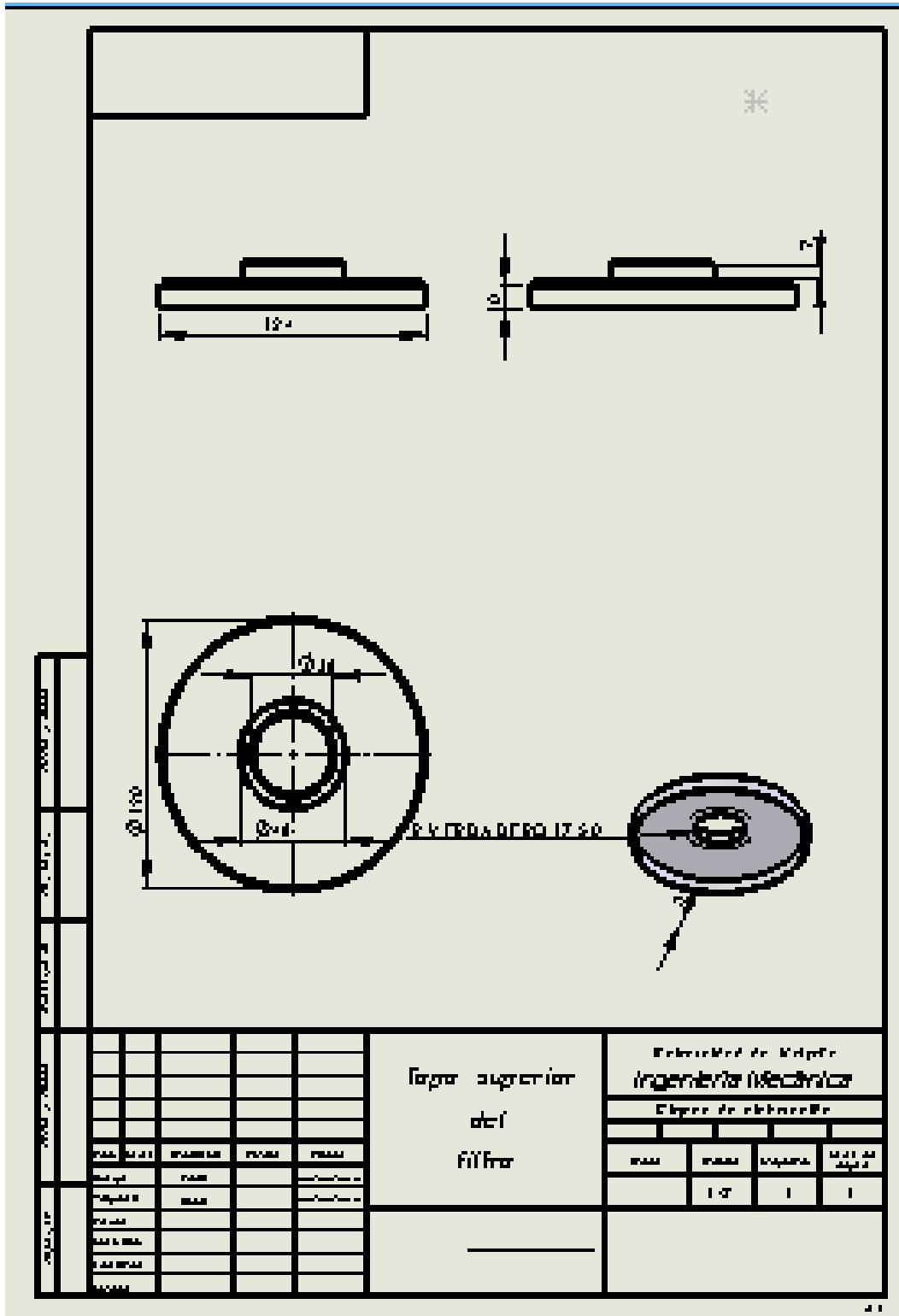
✱

Hoja 1

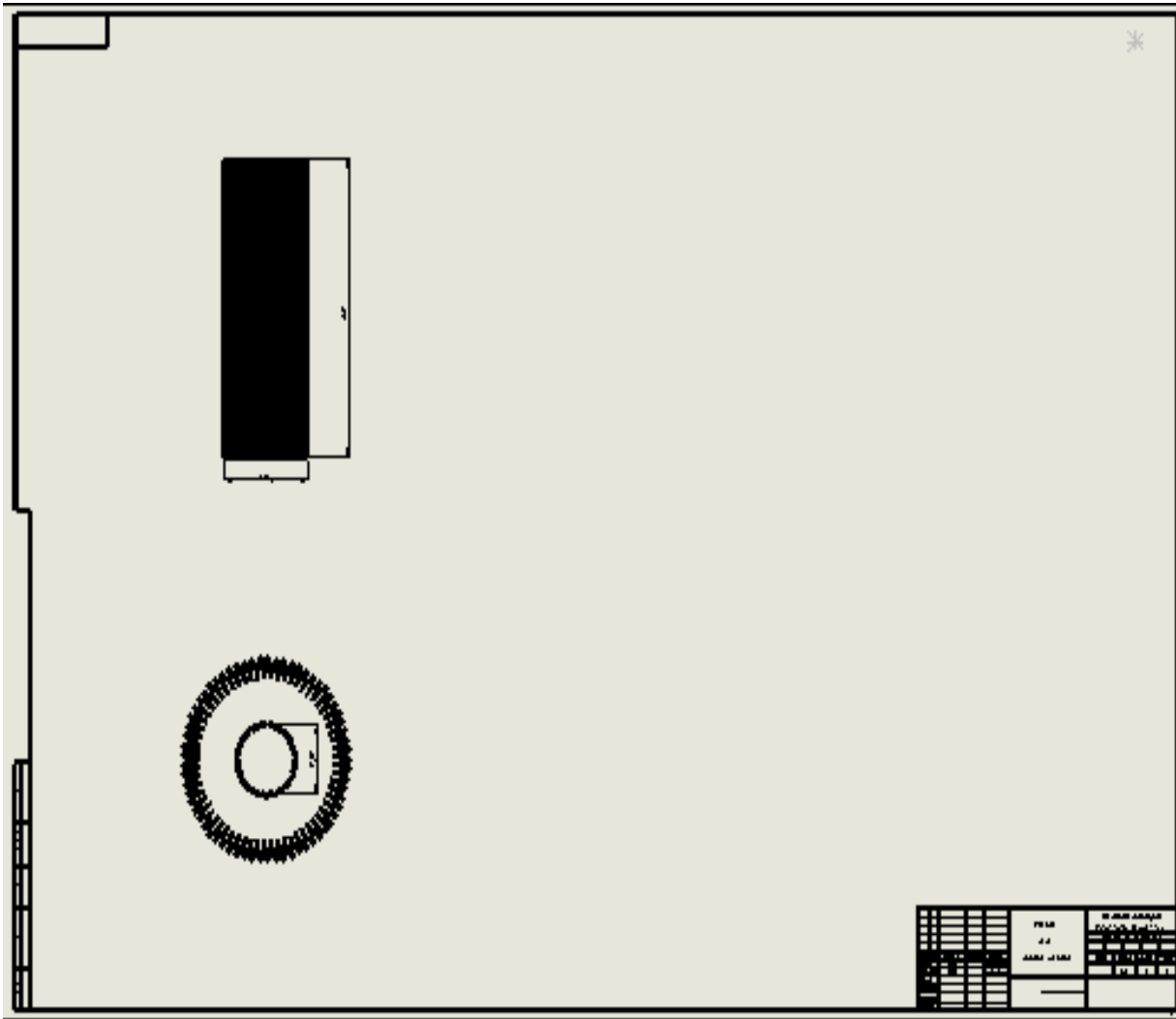
										Diagrama de el Filtro	Universidad de Málaga Ingeniería Mecánica								
											Clase de dibujo								
											<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Tema</td> <td style="width: 25%;">Módulo</td> <td style="width: 25%;">Asignatura</td> <td style="width: 25%;">Curso</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Tema	Módulo	Asignatura	Curso				
Tema	Módulo	Asignatura	Curso																

Anexo 22. Tornillo M8 X 22.

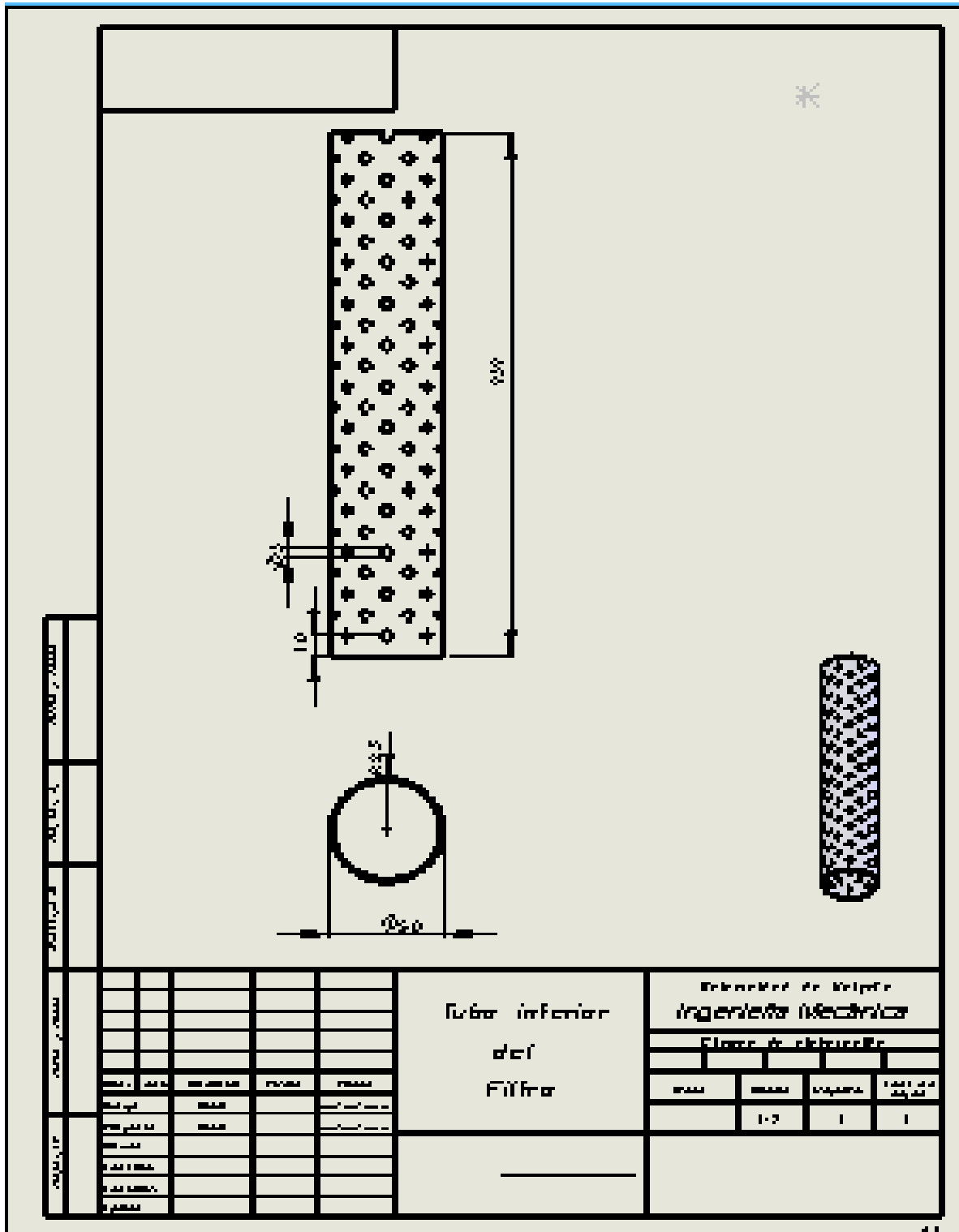




Anexo 24. Filtro de combustible.



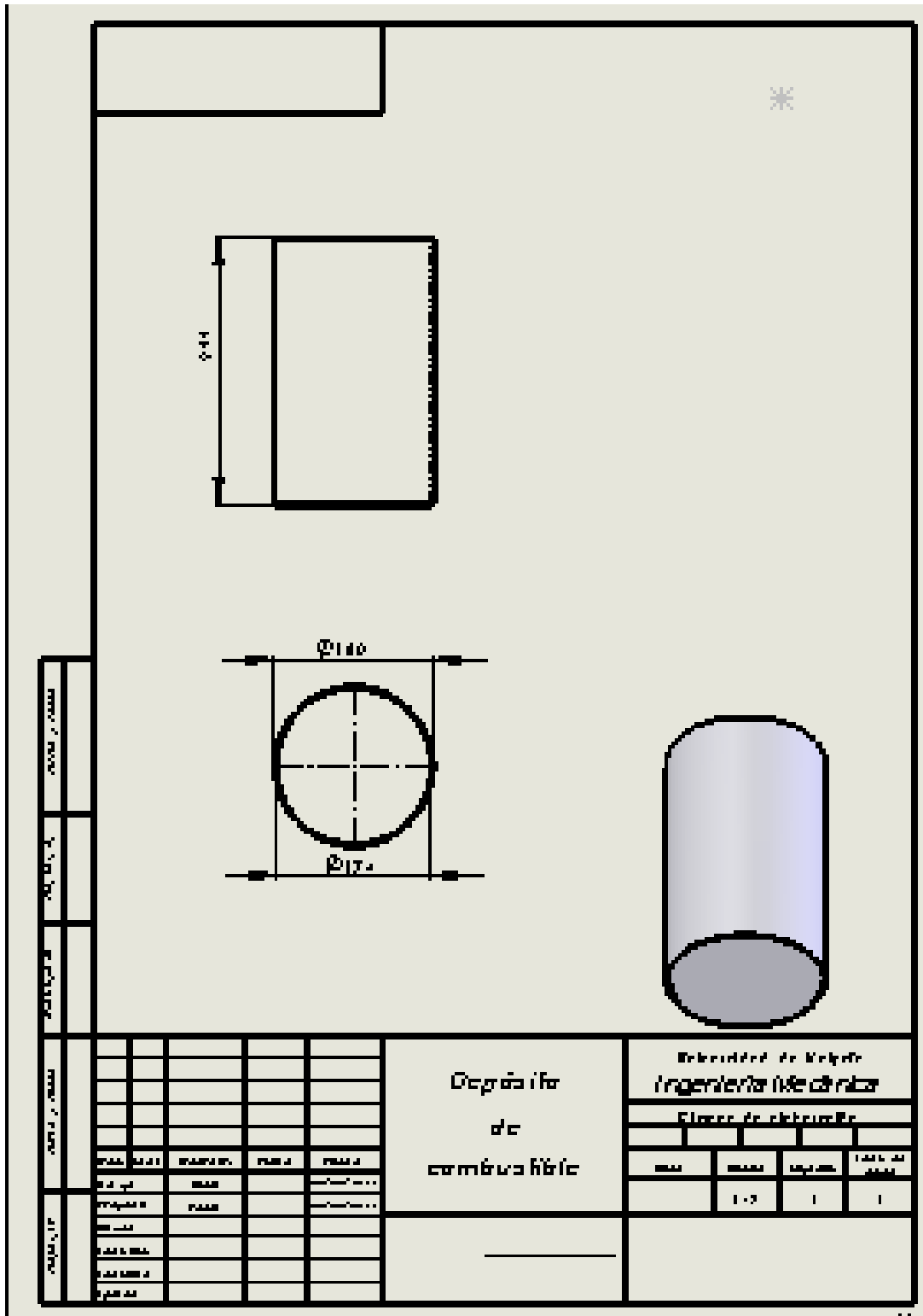
Anexo 25. Detalle de la parte inferior del eje del filtro.



Anexo 26. Tapa inferior del filtro.

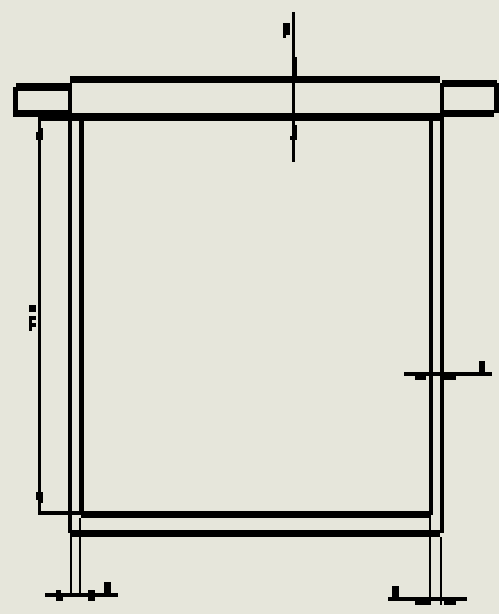
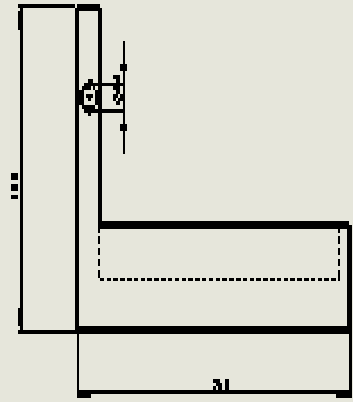
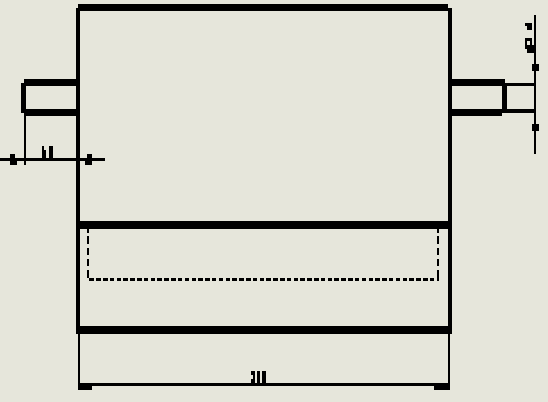






Anexo 28. Soporte del tanque de combustible.

\*



№	№	№	№	№	Директор Инженер Конструктор	Руководитель Инженер Конструктор
№	№	№	№	№		
№	№	№	№	№		
№	№	№	№	№		
№	№	№	№	№	№	№