

# PROYECTO DE UN MOTOR COHETE A COMBUSTIBLE LÍQUIDO PARA BANCO DE PRUEBAS (3<sup>era</sup> Parte)

---

*Juan Carlos Dovis*

## 1:1 DATOS GENERALES

Se proyecta la construcción y puesta en funcionamiento de un motor cohete a combustible líquido;

Combustible a utilizar en el proyecto: alcohol metílico o Nafta.-

Cómo oxidante se utilizará: oxígeno gaseoso.-

La temperatura de los gases en la cámara será de: 3.300 °C aprox.-

La temperatura de expansión de los gases será de: 1500 °C aprox.-

La presión del combustible será: 24 kg/cm<sup>2</sup>.-

El impulso específico esperado será de: 279 kg/seg.-

## 1:2 CONSTRUCCIÓN DEL MOTOR

La construcción del motor se dividirá en varias partes, las cuales deberán ensamblarse a la perfección, para evitar pérdidas o fugas de la mezcla, debido a la presión existente entre sus componentes y la temperatura a desarrollar.-

## 1:3 CAMARA DE COMBUSTIÓN Y TOBERA

La cámara de combustión y la tobera se realizará en una sola pieza debido a que una soldadura u otro tipo de unión entre ellas es de muy difícil durabilidad debido a las variaciones de temperatura y presión a la que están sometidas ambas piezas, éstas son las más crítica del conjunto.-

Además para salvaguardar la estructura del cohete, una bomba impulsará agua refrigerante entre la cámara de combustión y la tobera.- El material utilizado para ésta pieza será de acero de 70 mm de diámetro por unos 100 mm de largo aprox., torneándolo convenientemente según plano nº 1.-

Debe tenerse presente de no modificar el espesor de las paredes de la tobera, para evitar puntos críticos para la presión ejercida sobre ellas.-

En el dibujo nº1, podrán observar los detalles constructivos.-

#### **1:4 CONSTRUCCIÓN DE LA CAMISA DE REFRIGERACIÓN**

La camisa de refrigeración, será construida del mismo material que la cámara de combustión y la tobera, si bien la criticidad es menor que para el caso de la tobera, las temperaturas en juego son altas.- ésta debe acoplarse en forma estanca, para evitar problema en el desarrollo del ensayo.-

La presión del agua de refrigeración será de 8 a 10 kgr/cm<sup>2</sup>, debe prestársele especial atención a los sistemas de conexión y tubería de interconexión.- el dibujo n° 2 mostrará las dimensiones a respetar en la camisa.-

#### **1:5 SISTEMA DE INYECCIÓN: (DESGASIFICADOR)**

El sistema de inyección puede ser de acero, como el resto o de cobre, los inyectores propiamente dicho podrán obtenerse en los comercio a tal fin, siendo el diámetro requerido del orificio de 0,75 mm aprox. Se efectuarán además 4 orificios perfectamente lisos y limpios de 1,8 mm de diámetro para la entrada del oxígeno gaseoso.- El dibujo n°3 a, b, c, muestra las dimensiones del sistema de inyección, entrada de combustible, oxígeno gaseoso y acoplamientos de los accesorios.-

#### **1:6 SISTEMA DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE**

El tanque de combustible puede construirse, teniendo presente que debe soportar 30 a 40 kg/cm<sup>2</sup> de presión, si se dispone de un tubo de acero de 300 mm de largo por 100 mm de diámetro con paredes de 6 a 7 mm de espesor, se debe soldar sus extremos dos discos de 12 mm de espesor con las perforaciones roscadas necesarias según indica el dibujo n°4 a, b, c .-

#### **1:7 SISTEMA DEL BANCO DE COMANDO DE ENSAYO**

Este es un dispositivo que incorpora un método conveniente de fijar el motor en su posición de funcionamiento, como así también de sus diferentes accesorios, tales como las válvulas de aguja para el control de afluencia del combustible, el tanque para éste y sus tuberías de interconexión, además de los tubos de oxígeno gaseoso, sus válvulas y conexiones.-

El lugar de operación, que también forma parte del conjunto, debe estar separado por lo menos de 5 metros del resto del equipo y defendido por una valla de protección que de paso, a las extensiones para el control de las válvulas y conductores eléctricos del sistema de ignición.-

Se dispondrá además de un espejo para que el operador no deba observar directamente el motor en funcionamiento.- El mayor riesgo a que éste se encuentra sometido durante la prueba consiste en la posible explosión o desintegración del motor, por lo que la barricada debe estar provista para anular sus efectos en todas las direcciones.-

La fig n° 5<sup>a</sup>, b, y c, muestra esquemáticamente la correcta disposición de los componentes.-

El retro propulsor esta separado del compartimiento de las válvulas y tanque por un a plancha de acero de 3 mm de espesor y firmemente abulonado a un tirante de hierro "U" con la tobera hacia abajo.- Los tubos de gas a presión van montados en la parte posterior del pequeño stand tras otra barricada hecha con tablas de 25 mm de espesor.- Las correspondientes válvulas reguladoras van dispuestas en su parte superior, encima de los tubos.- De este modo puede reemplazarse fácilmente los tubos vacíos.-

El tanque de combustible posee una posición indicada en el croquis, es sostenido por un hierro ángulo fijo en ambas paredes de la cámara.- Las válvulas de inyección (agujas) van montadas una sobre otra en un panel metálico fijo a la pared anterior y llevan prolongaciones hechas con caños de 1/4", para su control remoto.- una disposición similar se adopta para los manómetros con objeto de que resultasen visibles al operador.-

Una manguera adosada exteriormente a las paredes conduce el agua de refrigeración cuyo caudal puede estimarse en 0,5 Lt/seg, hasta el motor de prueba y luego la aleja de él o bien la vierte sobre las piedras dispuestas debajo de la llama a fin de refrigerarlas y prolongar la vida útil.-

El flujo de agua durante el funcionamiento debe ser observable por el operador constantemente.-

Por ultimo un armazón de hierro ángulo formado por parantes y travesaños bien soldados o abulonados contribuirá a la necesaria rigidez del conjunto que debe, además, ser fuertemente cimentado al terreno donde se lo instale.- La figura nº6; muestra el retro propulsor ensamblado y sus accesorios.-

## **1:8 SEGURIDAD**

Debido a los riesgos involucrados por el manejo de combustibles y control de los procesos que se desarrollan a elevadas presiones, ciertas medidas elementales de precaución deben ser observadas en las pruebas estáticas de los retro-propulsores.-

1º) Un extinguidor de incendio de tamaño suficiente debe estar a mano, listo para actuar de ser necesario, o bien una fuente de agua abundante.-

2º) Es conveniente separar los compartimientos de almacenajes destinados a combustibles y oxidantes, pues ello reduce el peligro de explosión, en caso de producirse fuegos en sus proximidades.-

3º) Se emitirán señales de advertencias al iniciar las pruebas, o cada vez que se abran los tubos de gas, a fin de anunciar a los circunstantes el peligro existente.- Nunca debe comenzarse una prueba sin tener la seguridad de que el operador y demás asistentes se hallan protegidos tras las barricadas o por otro medio.-

4º) Personas no previamente instruidas sólo podrán penetrar en el área de pruebas si el combustible y oxidante se encuentran separados y exentos de presión.-

5º) Quienes manejen combustibles estarán provistos de máscaras protectoras, guantes y delantal de goma.- Casi todos los combustibles utilizados son tóxicos, sus vapores no deben ser inhalados, ni aún por poco tiempo.-

6º) Esta absolutamente prohibido fumar en toda la zona de prueba en presencia de combustible.-

Recuérdese que los vapores de hidrocarburos (como la Nafta) pueden recorrer grandes distancias y ser encendidos muy lejos del punto en que se encuentran almacenados.-

7º) Es de suma utilidad llevar un registros con todos los detalles técnicos y de seguridad y efectuar su minuciosa constatación antes de dar comienzo a las pruebas.-

## **1:9 FUNCIONAMIENTO TÍPICO DEL RETRO PROPULSOR**

Una vez completado el banco de prueba e instalados todos los componentes y habiéndose asegurado que no existen pérdidas en el sistema de refrigeración, debemos asegurarnos que no las habrá en el circuito de alta presión.- Llénese para ello el tanque de combustible con agua limpia y aplíquese la presión de los tubos de gas al circuito, con el agua y jabón se probarán, todas las juntas y uniones, contra la aparición de burbujas, primero a 10 atmósfera luego a 20 y finalmente a la presión de carga.-

Obtenida la correcta estanqueidad, ábranse las válvulas de inyección y practíquese la operación de encendido y puesta en funcionamiento empleando agua como combustible.-

Si todo transcurre normalmente, el motor esta listo para actuar "en caliente".- La fig nº 7 muestra como puede realizarse el encendido mediante un circuito eléctrico alimentado por una fuente de alta tensión (una bobina de Ford T, resulta ideal par este fin) Los electrodos están separados entre sus extremos por 2 mm, inmediatamente debajo de ellos (pero sin obstruir la separación) se dispone de un pequeño algodón.- Este dispositivo se introduce por la tobera de modo que quede a nivel del extremo inferior de la cámara de combustión pero sin obstruir la garganta de la tobera.-

## **1:10 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO**

El siguiente orden de operaciones se recomienda para la puesta en marcha del motor.-

1º) Inspección de la zona para comprobar que se encuentra despejada y lista para el comienzo de la prueba.-

2º) Comprobar el funcionamiento de la bobina de chispa y desconectarla de la batería por seguridad.-

3º) Empapar el algodón en alcohol, nafta o kerosene.-

4º) fijarlo en el dispositivo de ignición.-

5º) Presurizar el combustible (tanque).- lo óptimo sería con nitrógeno, o bien con aire.-

6º) Hacer circular agua de refrigeración al régimen especificado.-

7º) Sonar la campanilla de advertencia.- La bobina de ignición es nuevamente conectada a la batería.-

8º) Se abre muy poco la válvula de inyección de oxígeno para permitir que una cantidad muy pequeña llegue a la cámara de combustión.-

9º) Al activar la bobina ignitora el algodón arde inmediatamente en la atmósfera de oxígeno, aunque el observador difícilmente alcance a notarlo.-

10º) Abrir muy suavemente la válvula de inyección de combustible, permitiendo que una pequeña cantidad de éste llegue a la cámara de combustión.-Aparecerá de inmediato una llama en el extremo de la tobera y se escuchará el silbido característico del funcionamiento.-

11º) Los caudales de oxígeno y combustible deben ser ahora rápidamente y simultáneamente aumentados hasta que el manómetro conectado a la cámara de combustión indique la existencia en ella de las condiciones apropiadas.-

12º) El operador deberá juzgar la cantidad de oxígeno necesario para obtener un óptimo índice de oxidación.- La aumentará si la llama es amarilla brillante o produce humo.- Si en cambio, es transparente o azulada la reducirá ligeramente.-Recuerde que al variar los regímenes de combustible y oxígeno no sólo modifica el caudal, sino también la temperatura de la combustión, ambos factores contribuyen a la presión de la cámara.-

13º) El ruido producido, aunque muy intenso, es una buena indicación del correcto funcionamiento.- Al detener el motor es indispensable efectuar la purga de nitrógeno o del aire comprimido, según lo elegido en el ítem 5 , a fin de expeler el combustible retenido en la cámara, la purga es automática al consumirse toda la nafta del tanque.- Una vez que el motor se ha detenido, debe cerrarse la válvula de oxígeno, la de nitrógeno y las llaves de los tubos, el agua de refrigeración debe continuar circulando aún por varios minutos.-

14º) En el caso de fallas durante el funcionamiento se procederá a aplicar la serie de maniobras detalladas en el ítem 13.- siempre interrumpa primero el combustible.- Si entran en combustión partes metálicas haga de inmediato lo mismo con el oxígeno, pues el metal arde con fuerza en esta atmósfera.-

15º) El algodón de ignición debe ser reemplazado a cada intento de arrancar, el motor y sus residuos son expulsados por la tobera.-

16) Inspeccione frecuentemente la máquina y sus accesorios a fin de observar posibles deterioros, sobrecalentamientos o puntos débiles en especial antes de cada encendido.-

17º) Si nota inestabilidad en la combustión a bajas presiones de cámara o reducida velocidad de inyección, aumente ésta enseguida al comenzar la admisión de combustible.-

La construcción y puesta en funcionamiento de pequeños retro propulsores en la forma descripta ofrece la oportunidad de familiarizarse con las características de éstos aparatos y conocer en detalle su forma de funcionar.- Dejamos librado a su propia habilidad hallar procedimientos tendientes a mejorar sus características así como las del sistema adoptado para controlar su performance.

A continuación se han colocados los dibujos de éste proyecto, si bien hemos recopilados diversas informaciones, sobre la viabilidad de su construcción, y su funcionamiento, nos resta la prueba de “fuego”, que es su puesta en funcionamiento.-

Cualquier sugerencia, o crítica constructiva, que pudiera surgir de quienes le interesen este motor, rogamos nos la hagan saber a: [obsalfacentauro@hotmail.com](mailto:obsalfacentauro@hotmail.com) .-

Queremos agradecer a los Directivos y alumnos del 3er año de T.T.P. de la Escuela de Educación Técnica nº 279, “Tte Benjamín Matienzo”, por su colaboración, específicamente en todos los trabajos de Tornería que demandará la construcción de este prototipo.-

**Juan Carlos Dovis**

[dovisjc@interclass.com.ar](mailto:dovisjc@interclass.com.ar)

Sunchales, Sta Fe, Argentina.-



Figura nº2 (cámara de refrigeración)

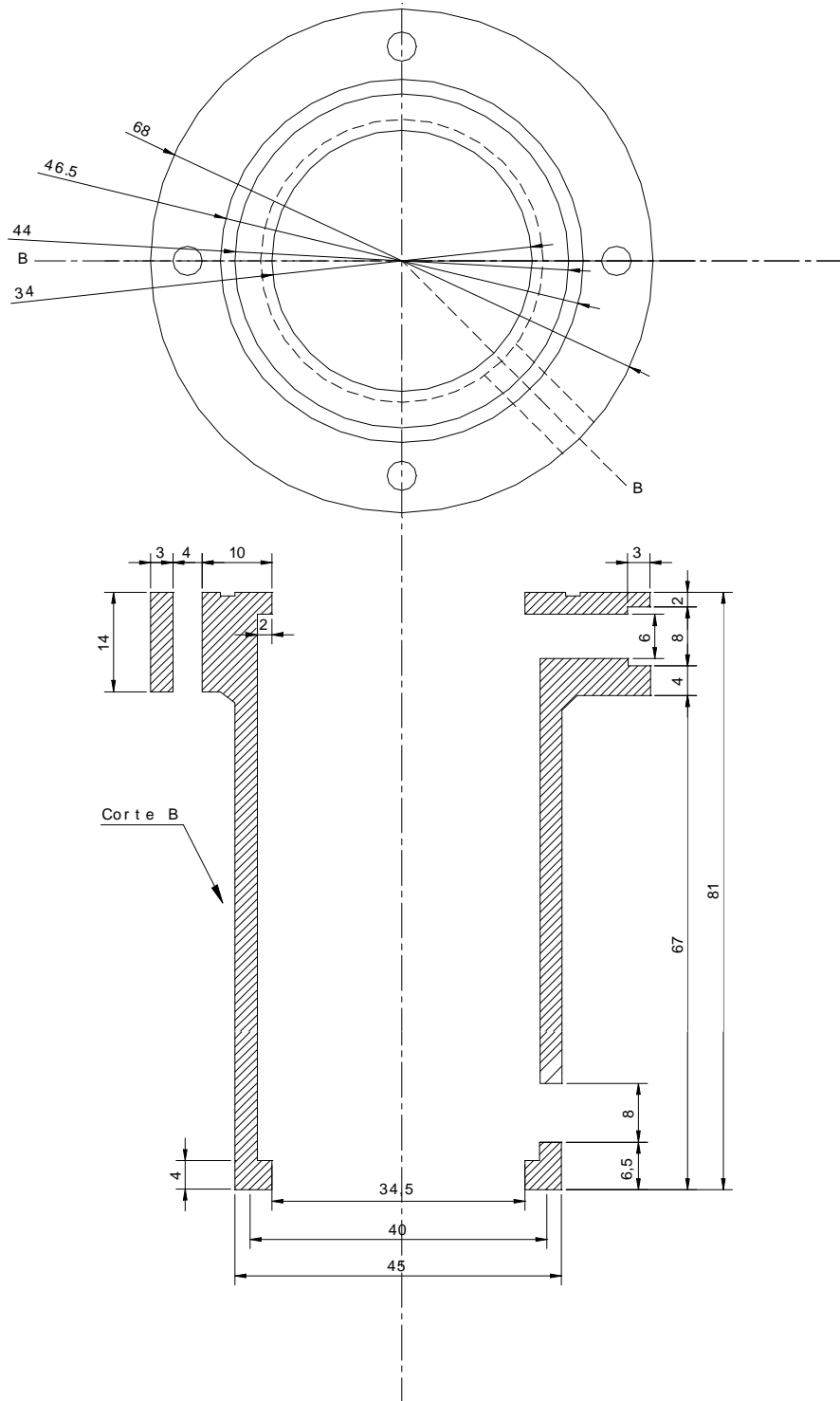


Figura nº3 a (Inyector)

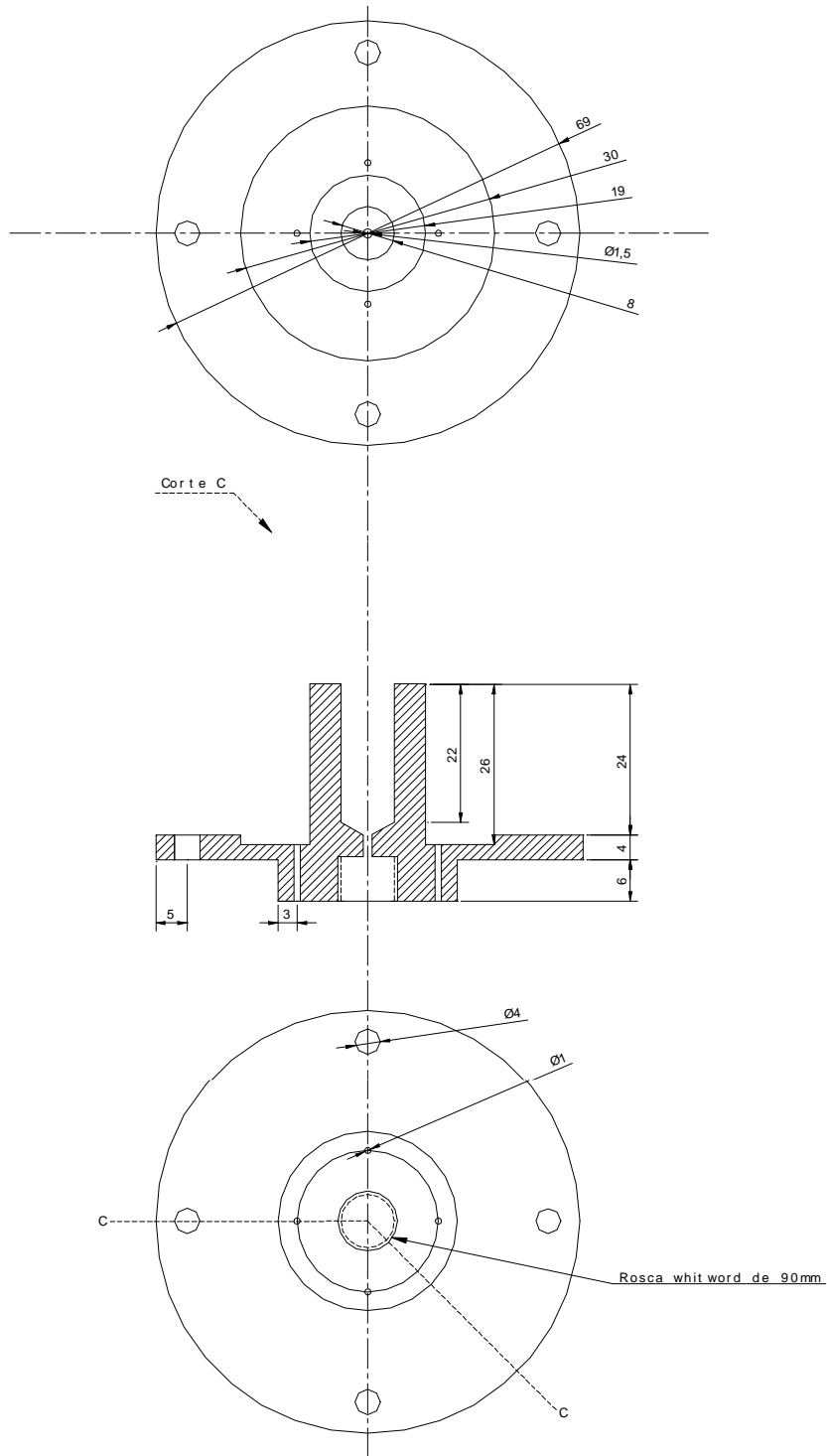


Figura N°3 b (pre-cámara de inyección)

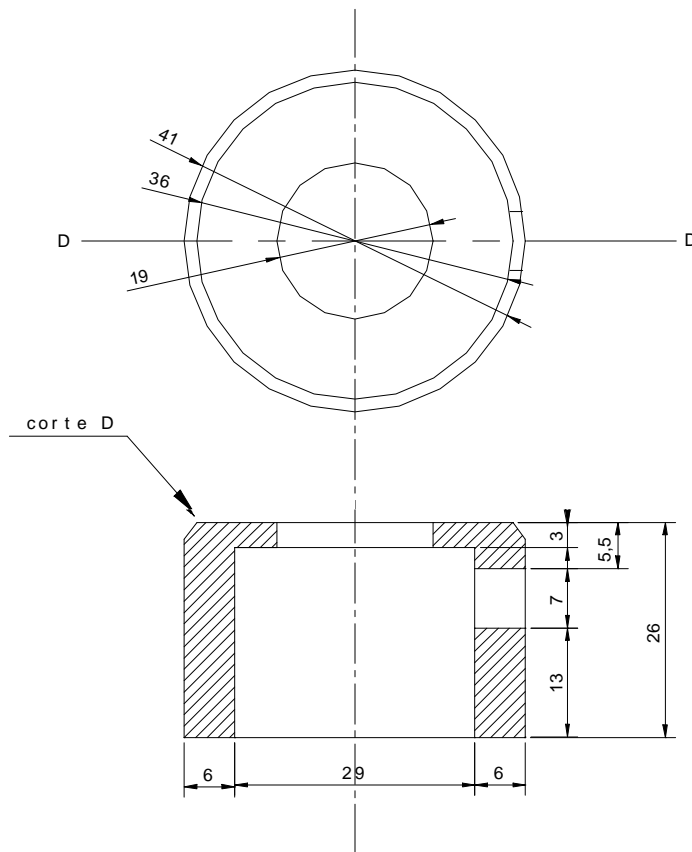


Figura N°3 c (soporte motor)

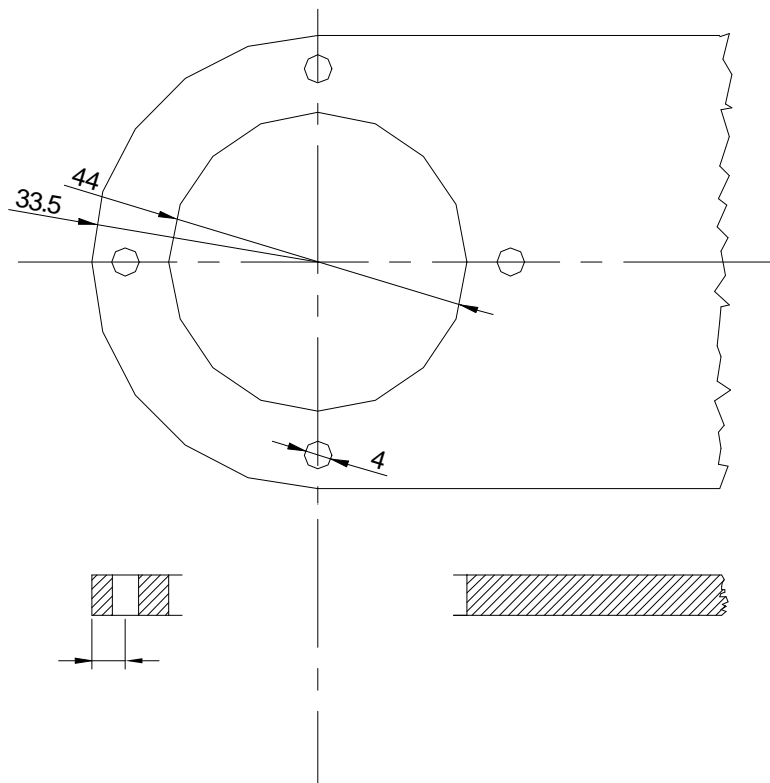


Figura N°4 a (tapa 1)

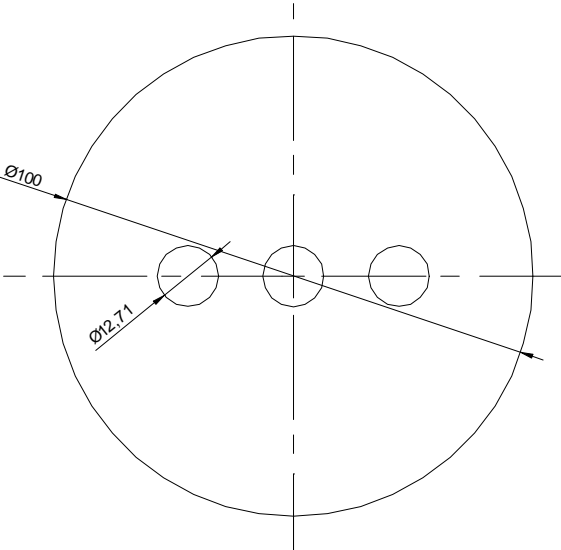


Figura N°4 b (cuerpo)

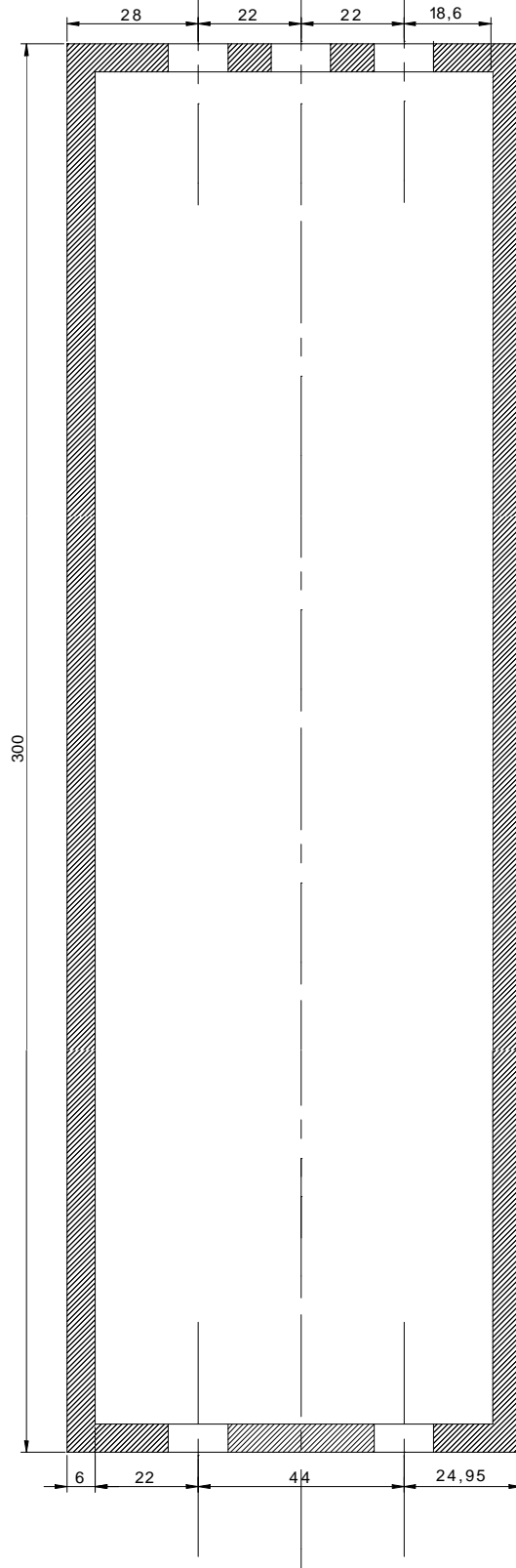


Figura N°4 c (tapa 2)

---

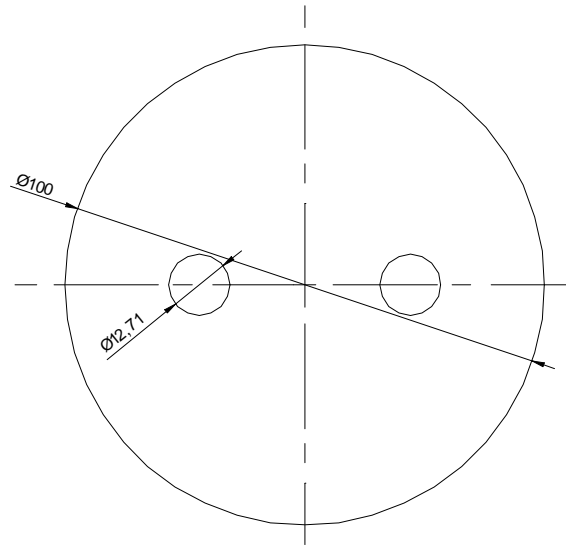
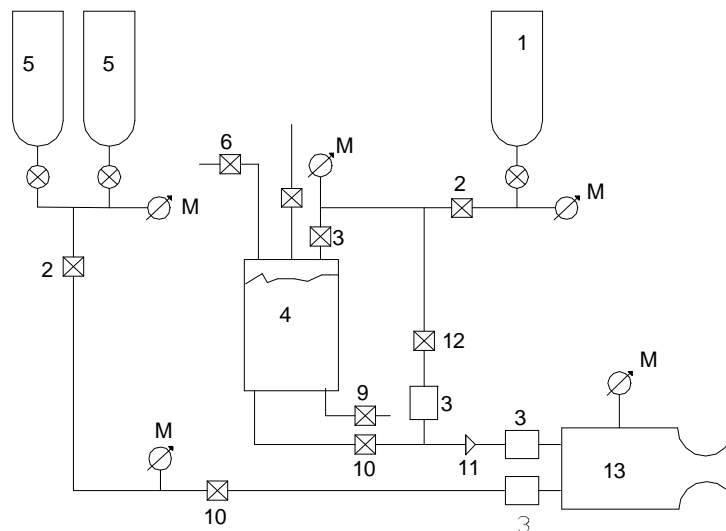


Figura N° 5 a (circuito o sistema diagramado)



**Circuito del sistema de alimentación:**

(1) Tubo de nitrógeno.- (2) Regulador de presión.- (3) Válvulas antiretrocesos.- (4) Tanque de combustible.- (5) tubos de oxígeno. (6) Válvula de sobrepresión.- (7 y 8) (no esta indicada- está entre la 6 y M) válvula de doble función, ingreso de combustible y válvula de seguridad.- (9) válvula de drenaje.- (10) Válvula de inyección de operación remota.- (11) Filtro de combustible.- (12) Válvula de purga.- (13) Retropropulsor.- (M) manómetros.-

Figura N°5 b (vista aérea del sistema de comando)

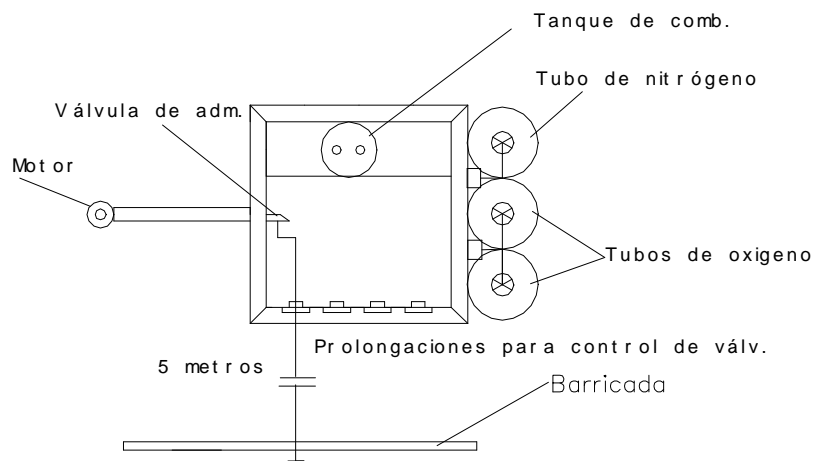


Figura N°5 c (vista frontal del sistema de comando)

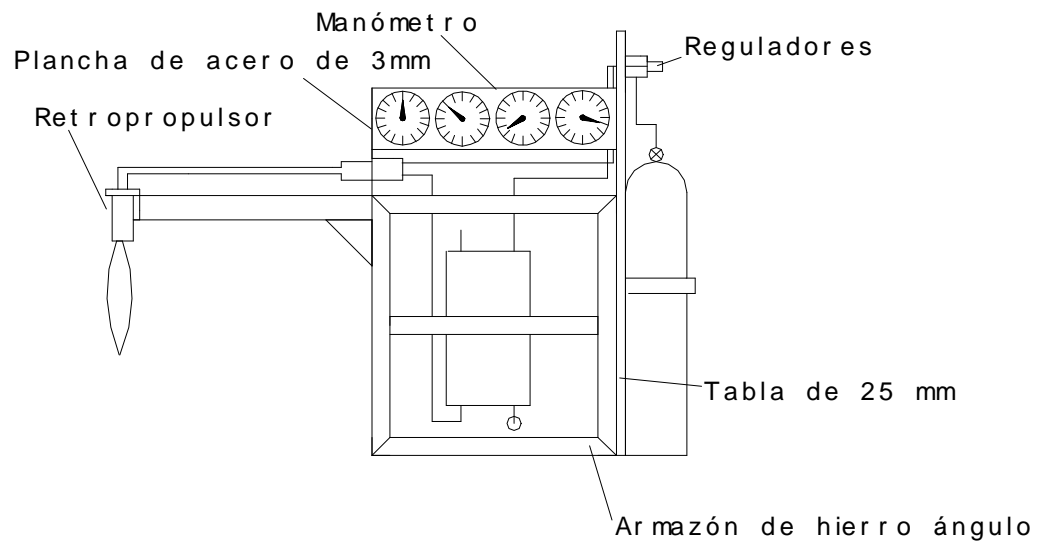


Figura nº6 (ensamble del conjunto)

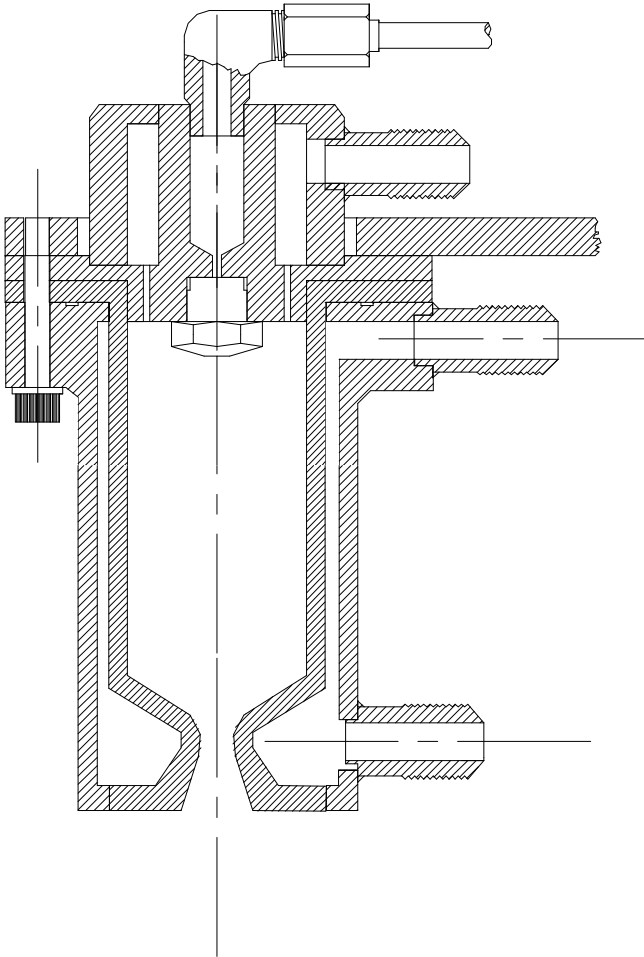


Figura nº7 (sistema de encendido)

---

