



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**Diseño de un medidor electrónico de consumo
de combustible para tractores agrícolas.**

POR:

ELÍAS HERNÁNDEZ GARCÍA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

**Buнавista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2006**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**Diseño y Construcción de un Medidor electrónico de
Combustible para tractores agrícolas**

Por:

ELÍAS HERNÁNDEZ GARCÍA

TESIS

Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor Principal

Dr. Martín Cadena Zapata

Sinodal

Sinodal

M.C. Tomás Gaytán Muñiz

M.C. B. Elizabeth de la Peña C.

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2006

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a **DIOS** nuestro creador, por ser el que todo lo puede. Gracias Dios mío, por permitirme culminar una etapa más de mi vida, por guiarme en el camino del bien, pero sobre todo por tantas bendiciones recibidas.

A mi "**ALMA TERRA MATER**" por darme la oportunidad de estudiar una carrera, ya que en ella siempre he encontrado el cobijo de su grandeza, la ternura de una madre, y los conocimientos para enfrentar los retos del mañana.

Al Dr. Martín Cadena Zapata por su paciencia, tolerancia y todo el apoyo que me brindo en la realización de esta tesis. Le agradezco infinitamente.

Al M.C. Tomás Gaytán Muñiz por su ardua colaboración y asesoría prestada en el desarrollo de este proyecto.

A la M.C. B. Elizabeth de la Peña Casas por las aportaciones y sugerencias hechas en esta investigación, por su amistad.

Al M.C. H. Uriel Serna Fernández por el apoyo incondicional que siempre me brindo a lo largo de mi carrera, por sus consejos, de la misma manera agradezco al Ing. Juan Arredondo Valdez y al M.C. Juan A. Guerrero Hernández.

Al M.C. Jesús R. Valenzuela García por ser siempre un amigo, por su comprensión, así como la disponibilidad que siempre mostró a mis problemas. Gracias por todo.

Al Dr. Javier de Jesús Cortes Bracho, que siempre me escucho y apoyo. Gracias por ofrecerme su amistad.

A la secretaria Juana Ma. Valenzuela por su sincera amistad. Que Dios la colme de bendiciones.

Un agradecimiento especial a mis compañeros y amigos de la carrera de Ing. Mecánico Agrícola: Carlos, Ismael, Andrés, Salvador, Martín, Humberto, Gabino, Refugio, Teodoro, José Luís, Floriberto, Moguel, Neftali, Josué, Juan Manuel, Sabiel, Ismael. Gracias por compartir las aulas y este logro conmigo, siempre los recordare.

A mis amigos: Ing. Mario Alberto, Ing. Cesar, Juan Carlos, José, Raúl, Israel, Anselmo, Ramón, Cruz, Teofilo, Ricardo, Fernando, Inés, Juan, Ismael, Felipe, Rigoberto, Gustavo, Emilio, y Luís, con quienes pase alegrías y tristezas, pero al mismo tiempo aprendí de cada uno de ellos.

A mis compañeros de cuarto: Jorge, Oguer y Abel, por brindarme su amistad.

A todas las personas que de alguna u otra manera intervinieron a lo largo de mi estancia en la universidad.

DEDICATORIA

A los seres más maravillosos del mundo, a quienes les debo la vida y todo lo que soy, quienes sin importar desvelos, angustias, temores, siempre han estado a mi lado, dándome aliento, cariño y fortaleza; por mis padres:

Sr. Elías Hernández Onesto

Sra. Aurelia García Núñez

A mis hermanos:

Martín

Ramón

Rosalba

Antonio

Juan Francisco

Y Miguel Ángel

Gracias por ser mis amigos, por todo el apoyo que me han dado, porque en esos momentos en los que me sentí débil, ustedes me animaron, por estar siempre pendientes de mis limitaciones. No tengo con que pagarles toda esta felicidad.

!!! Mi triunfo se debe a ustedes !!!

*Quiero dedicarte este logro a ti **Martín**, que haz sido como mi segundo padre, porque en cada paso que doy te llevo presente, siempre serás mi ejemplo a seguir.*

*A ti esposa: **Ma. Trinidad Otero Aldaco**, por todo el cariño, apoyo y comprensión que siempre me haz dado, por ser la luz de mi camino y la razón de mí existir.*

A mi cuñado y cuñadas: J. Mauro, Ma. Guadalupe y Mariela. Por el apoyo que siempre me han dado.

A mis sobrinos: Mauro, Cesia, Diego, Dayana, Zaid y Abner. Gracias por llenar de alegría mi existencia.

A la familia Sánchez Barbosa, que siempre creyó en mí. Gracias por todas las atenciones prestadas.

A la familia Otero Aldaco, por la confianza que depositaron en mí, por las palabras de aliento, les agradezco.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.....	6
1.3 HIPÓTESIS	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 Sistema de combustible.	7
2.2 Elementos generales del sistema.....	7
2.3 Materiales utilizados en los sistemas de combustible	9
2.3.1 El cobre.....	9
2.3.2 El PVC.	9
2.4 Partes y componentes de los sistemas de combustible.	9
2.4.1 Válvula de bola.	9
2.4.2 Probeta.	10
2.4.3 Mangueras para combustible.....	11
2.4.4 Sensores de nivel.	11
2.4.5 Sensor de nivel Supplement 1100-25esp.	12
2.4.6 Transmisor KINGGAGE ES2I.....	13
2.4.7 Sensor de nivel leveltrak.....	14
2.4.8 Medidor de área variable.	15
2.4.9 Electroválvulas.....	18
2.4.10 Controlador Lógico Programable.	19
2.4.11 Modulo de contador FM 350-2.....	24
2.4.12 Programación.	26
2.5 Trabajos realizados para medir el consumo de combustible.....	34
2.5.1 Medidor de combustible Tipo “MAX” (CENEMA).	34
2.5.2 Medidor de combustible “Buret específico” (CENEMA).	36
2.5.3 Flujometro totalizador	38
2.5.4 Medición de gasto de combustible en 2 probetas.....	39
2.5.5 Determinación de consumo de combustible evaluando un solo paso del incorpramaster.	41
2.5.6 SimTrans: Computadora simuladora del consumo de combustible.	42
2.5.7 Medidor de combustible rustico para tractores estacionarios.	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44

3.1 Metodología del Diseño.....	44
3.1.1 Identificación de la necesidad.....	45
3.1.2 Definición del problema.	45
3.1.3 Síntesis.....	45
3.2 Diseño del medidor manual de consumo de combustible.	46
3.2.1 Criterios de diseño.....	46
3.2.2 Diseño del sistema de medición.	46
3.3 Diseño del medidor electrónico de consumo de combustible.....	47
3.3.1 Sensor de Nivel.	47
3.3.2 Electroválvulas.....	47
3.3.3 Controlador Lógico programable.	48
3.3.4 Accesorios para acoplamientos de los componentes en el tractor.	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Componentes del medidor manual.....	49
4.1.1 Sistema para medición del nivel de combustible.	49
4.1.2 Líneas de conducción del combustible.	50
4.1.3 Válvulas.	50
4.1.4 Manguera de combustible.....	51
4.2 Componentes del medidor de combustible electrónico.	52
4.2.1 Sensor de nivel.	52
4.2.2 Electroválvulas.....	52
4.2.3 Controlador Lógico Programable.....	52
4.2.4 Accesorios para acoplamiento de los sistemas.	52
4.2.5 Pre-evaluación del medidor de combustible manual.	53
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema de combustible (Arnal, 1996).....	8
Figura 2.2 Válvula de bola (MCT, s/f).....	10
Figura 2.3 Probeta graduada.....	11
Figura 2.4 Mangueras para conducción de combustible (Gates de México, S.A, s/f).....	11
Figura 2.5 Sensor de nivel Supplement 1100-25ESP (King Engineering Corp., 2003).....	13
Figura 2.6 Transmisor KINGGAGE ES2i (King Engineering Corp., 2003).....	13
Figura 2.7 Sensor de nivel Leveltrak. (Ifm electronic, 2006).....	14
Figura 2.8 Sensor de nivel LK1023. (Ifm electronic, 2006).....	15
Figura 2.9 Medidor de flujo de combustible.....	16
Figura 2.10 Economía de combustible medida sobre el rango de operación de un motor.....	18
Figura 2.11 Electroválvula Marshall modelo 111 (AFC, 2004).....	19
Figura 2.12 Estructura de un PLC.....	20
Figura 2.13 Componentes del PLC siemens S7-300 (Catalogo Siemens, 2002).....	23
Figura 2.14 Módulo de contador FM 350-2 (Catalogo Siemens, 2003).....	26
Figura 2.15 Puertas lógicas (ilustrados, 2003).....	30
Figura 2.16 Estructura del Grafset.....	32
Figura 2.17 Símbolos de programación de contactos.....	33
Figura 2.18 Accesorios para conexiones de tuberías.....	33
Figura 2.19 Funcionamiento del flujometro “Máx.”.....	35
Figura 2.20 Flujometro “Buret especifico”.....	37
Figura 2.21 Flujometro totalizador instalado en el sistema de combustible de un tractor.....	38

Figura 2.22 Medidor instalado en un sistema típico de combustible de un tractor.....	38
Figura 2.23 Arreglo para la prueba de potencia del sistema hidráulico del tractor.....	39
Figura 2.24 Medición de consumo de combustible en 2 probetas.....	40
Figura 2.25 Sistema de medición del consumo de combustible.....	41
Figura 2.26 Aparato de bajo costo para medir el consumo de combustible de un motor.....	43
Figura 2.27 Construcción de un aparato para medir combustible en motores a gasolina y diesel.....	43
Figura 3.1 Método Shigley y Mischke (2002).....	44
Figura 4.1 Diseño del medidor manual de consumo de combustible.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Operación OR.	28
Cuadro 2.2 Operación AND.	28
Cuadro 2.3 Operación NOT.	28
Cuadro 2.4 Operación NAND.....	29
Cuadro 2.5 Operación NOR.....	30
Cuadro 2.6 Operación XOR.....	30
Cuadro 2.7 Cálculo de consumo total del Buret específico.....	36
Cuadro 4.1 Consumo de combustible utilizando arado de discos.....	53
Cuadro 4.2 Consumo de combustible utilizando rastra integral.....	54

RESUMEN

En la actualidad los tractores están siendo más complejos, más potentes y de mayor costo. Las operaciones o labores de los sistemas de producción tienden a mecanizarse para disminuir costos y tiempo pues solo así podrán ser competitivos en los mercados globales. Debido a eso se necesita establecer parámetros o pruebas que den garantía de la confiabilidad y eficiencia de la maquinaria, de tal manera que se genere información para poder seleccionar aquella donde se tenga la certeza que cumplirá su función específica.

Uno de los parámetros generados en las pruebas es la potencia, que es el dato que mejor describe al tractor, No solo es importante conocer la cantidad de potencia entregada por un equipo sino también debe medirse el consumo de combustible para poder establecer la eficiencia en la generación de esta potencia, especialmente en equipos de características similares.

El presente trabajo tuvo por objetivo diseñar de manera conceptual un medidor de consumo de combustible electrónico para tractores agrícolas, utilizando materiales existentes en el mercado.

Para el logro de este objetivo, se propuso el diseño y la construcción de un medidor manual de consumo de combustible, de modo que pudiera servir de base para el diseño, siendo pre-evaluado para detectar algunos inconvenientes que pudieran generar dificultades en el medidor electrónico.

Los resultados de este trabajo incluyen los materiales propuestos para su construcción, así como los planos del diseño conceptual.

I. INTRODUCCIÓN

La lucha por el ahorro de combustible ha acaparado la atención de especialistas, técnicos y trabajadores en general, ante tal circunstancia, se ha tratado de progresar buscando una metodología para la determinación del consumo de combustible (Macías y Ramos, 2002).

En el consumo de combustible inciden numerosos factores: las características constructivas del vehículo que se trate, el régimen de carga y velocidad, el tipo de vía, su estado, la pendiente, las intersecciones e interferencias al movimiento, las curvas, los parámetros medioambientales, la velocidad del viento, el propio conductor, su experiencia y pericia, entre otros. Para los tractores, los factores mas importantes son la carga y la velocidad, así como la habilidad del conductor (Macías y Ramos, 2002).

El uso racional de los recursos energéticos es una tarea de vital importancia en nuestros días para cualquier sector de la economía, dado el agotamiento de las reservas de petróleo, la principal fuente de suministro. Esto se acompaña de medidas proteccionistas por los países productores, que elevan los precios de los derivados del petróleo y contribuyen al encarecimiento de las producciones industriales y de los costos de explotación (Levy, 2000).

En la actualidad una parte del producto social global de México está destinado a la compra de hidrocarburos, por lo que la disminución del consumo de combustible constituye la primera y más importante directiva de trabajo tanto en las labores agrícolas como de transportación (Macías y Ramos, 2002).

Para realizar el uso eficiente del combustible es necesario realizar mediciones en diferentes condiciones y/o situaciones, de tal manera que esta cuantificación sea utilizada como base para realizar un análisis de cómo hacer más eficiente el uso del mismo.

La mecanización agrícola es uno de los factores que contribuyen a mejorar la productividad y competitividad de las actividades en el campo, por eso es tan importante que la maquinaria agrícola que se comercializa en el mercado esté regulada por ciertas normas de calidad, que garanticen su adecuado funcionamiento (entre esto, un uso eficiente del combustible), que aseguren a los productores que están adquiriendo los equipos que responden a sus necesidades.

Para tener la certeza de lo anterior, en Estados Unidos se comenzaron las primeras pruebas y evaluaciones de maquinaria; en 1919 un legislador del estado de Nebraska promovió una ley, la cual se basaba en realizar pruebas y evaluaciones a cada modelo de tractor comercializado dentro de este estado. Estas pruebas serían realizadas por 3 ingenieros, la dirección de la Universidad del estado y un representante del fabricante.

Las pruebas se dividieron en 3 partes principales:

1. Un período preliminar de pruebas con el representante del fabricante operando el tractor.
2. Prueba de Toma de Fuerza.
3. Prueba de barra de tiro.

La finalidad de esta ley era conocer los estándares de calidad del tractor y así reunir la información necesaria para decidir en cual tractor invertir de manera más segura (Liljedhi, *et al*, 1984).

El propósito principal de pruebas y evaluaciones de maquinaria es obtener datos del comportamiento de una tecnología bajo condiciones agrícolas reales, es decir se compara el desempeño con los requerimientos que fueron diseñados (Crossley y Kilgour, 1983).

Actualmente en el mundo, se realizan las pruebas y evaluaciones con la finalidad de obtener información que pueda contribuir en el futuro a realizar las labores en los sistemas de producción con la máxima eficacia y la mejor calidad (Gaytan, *et al*, 2005).

En México, existe un Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), él cual cuenta con un laboratorio diseñado especialmente para la realización de las pruebas y evaluaciones para maquinaria e implementos agrícolas conforme a las disposiciones de las Normas Mexicanas (NMX), con la finalidad de verificar que las especificaciones técnicas (entre ellas el consumo de combustible) que señala el fabricante sean las que corresponden al producto que obtiene el consumidor final.

El objetivo del CENEMA, es lograr que la maquinaria y equipo agrícola que se comercializa en México sean certificados y circulen en el mercado como productos de calidad, que apoyen a los productores para sus actividades agropecuarias.

El CENEMA realiza las pruebas a la maquinaria y equipo agrícola y el responsable en certificarlos es el Organismo Nacional de Certificación de Implementos Y Maquinaria Agrícola (OCIMA).

OCIMA se encarga de realizar los trámites requeridos para la expedición de certificados de la maquinaria y equipo agrícola. Su objetivo es asegurarse de que los productores adquieran maquinaria y equipos que cumplan con las Normas Mexicanas establecidas (NMX), lo cual significa que las especificaciones técnicas de comportamiento de la maquinaria son las que el fabricante señalo (Inifap, 2006).

Uno de los datos generados en las pruebas y evaluaciones, que es de máxima importancia es la Potencia, porque esta variable es el factor que mejor describe el rendimiento del tractor (Liljedhi, *et al*, 1984). Para poder cuantificar la potencia, se debe medir el consumo de combustible, porque a medida que varié la potencia, también lo hará el consumo de combustible.

En base a que el propósito de los tractores agrícolas es cargar, empujar o jalar los implementos o maquinaria, se necesita proveer la

potencia donde sea necesaria para poder realizar sus operaciones, ya sea a través del tractor en movimiento o fijo, por lo que las pruebas obligatorias son:

1. Potencia a la toma de fuerza.
2. Potencia a la barra de tiro.
3. Potencia del levante hidráulico.

Pero no solo las formas de potencias utilizadas son importantes sino también es necesario tomar en cuenta la energía (combustible) consumida por cada potencia. El consumo de combustible es medido por la cantidad de combustible usado durante un período de tiempo específico.

Desafortunadamente en México, pocas Universidades cuentan con suficientes instrumentos de medición para la realización de estas pruebas en el campo (Luna, 2004) debido al elevado costo de estos instrumentos, lo que imposibilita recabar la información adecuada acerca del comportamiento de la maquinaria e investigar sus funciones a fondo.

Entonces se vuelve necesario buscar la manera de obtener el dato de consumo de combustible por medio de metodologías sencillas y económicas. En este caso la medición del consumo de combustible en la pruebas de campo se pueden realizar de las siguientes maneras:

- Medición del decremento del tanque después de cierto tiempo (Error 1% en 100 gm de Consumo de Combustible).
- Medición del Consumo de Combustible en 2 buretas (250ml) después de cierto tiempo. (Error menos 1% , máx. 0.5ml en 50ml) (Yilmaz, 2004).

Estas metodologías manuales para la medición del consumo de combustible representan una cantidad de desventajas como son:

- Resultado impreciso ya que cada persona omitirá su propio juicio de los datos obtenidos.
- Fallas con el medidor dado que no está hecho de forma práctica para realizar su función.
- Un margen de error, debido que no se puede obtener la lectura exacta de la medición. Por lo que el resultado no es 100% confiable.
- Mayor necesidad de tiempo perdido para la realización de la medición.
- Se necesita un conjunto de personas para poder llevar a cabo una lectura del consumo de combustible, porque es imposible hacerlo de manera individual o en pareja.

Debido a las desventajas, es imposible obtener el dato exacto, preciso, momentáneo y de una forma sencilla. Pero a pesar de eso, estas metodologías manuales son fáciles y económicas para realizar un instrumento capaz de tomar lecturas de diesel.

Dada la importancia de la medición del consumo de combustible y la falta de equipo adecuado para realizarlo en el entorno local, es necesario el diseño y la construcción de un medidor manual para el consumo de combustible, que nos permita conocer más a fondo las desventajas de las mediciones manuales al momento de realizar las pruebas y evaluaciones en campo, para así poder diseñar un medidor electrónico de consumo de combustible, buscando la obtención de datos precisos y confiables.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un medidor de combustible electrónico para medir el consumo de combustible en tractores agrícolas.

1.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

- Elaborar el diseño de un medidor manual de combustible.
- Construcción del medidor manual de combustible.
- Diseño conceptual de un medidor electrónico de combustible.

1.3 HIPÓTESIS

Es posible diseñar un medidor electrónico de consumo combustible para tractores agrícolas, usando materiales existentes en el mercado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistema de combustible.

El sistema de combustible de un motor diesel tiene como misión el entregar la cantidad correcta de combustible limpio a su debido tiempo en la cámara de combustión del motor.

2.2 Elementos generales del sistema.

1. Depósito de combustible: Es el elemento donde se guarda el combustible para el gasto habitual del motor. Generalmente suele estar calculado para una jornada de 10 horas de trabajo teniendo en cuenta el consumo normal del motor.
2. Líneas de combustible: Son las tuberías por donde circula el combustible en todo el circuito.
3. Filtro primario: Generalmente a la salida del depósito de combustible, suele ser de rejilla y solamente filtra impurezas gruesas.
4. Bomba de transferencia: Movidada por el motor, es la que presuriza el sistema hasta la bomba de inyección, puede ir montada en lugares distintos dependiendo del fabricante del motor.
5. Filtro primario: Se puede usar generalmente como decantador de agua e impurezas más gruesas.
6. Bomba de cebado: Sirve para purgar el sistema cuando se cambian los filtros o se desceban las tuberías. Puede ser manual y en motores más modernos eléctrica.

7. Filtro secundario: Es el principal filtro de combustible, tiene el paso más fino, por lo que generalmente es el que se tiene que cambiar más habitualmente.
8. Válvula de purga: Va situada generalmente en el filtro secundario y sirve para purgar el sistema, es decir, expulsar el aire cuando se esta actuando sobre la bomba de cebado.
9. Válvula de derivación: Sirve para hacer retornar al tanque de combustible el sobrante del mismo, que impulsado por la bomba de transferencia, no es necesario para el régimen del motor en ese momento.
10. Bomba de inyección: Es la que impulsa el combustible a cada cilindro con la presión adecuada para su pulverización en el cilindro. Hay muchos modelos y marcas de bombas de inyección.
11. Colector de la bomba de inyección: Es la tubería que devuelve el sobrante de la bomba de inyección.
12. Inyectores: Son los elementos que pulverizan el combustible en la precámara o cámara de combustión (Arnal, 1996).

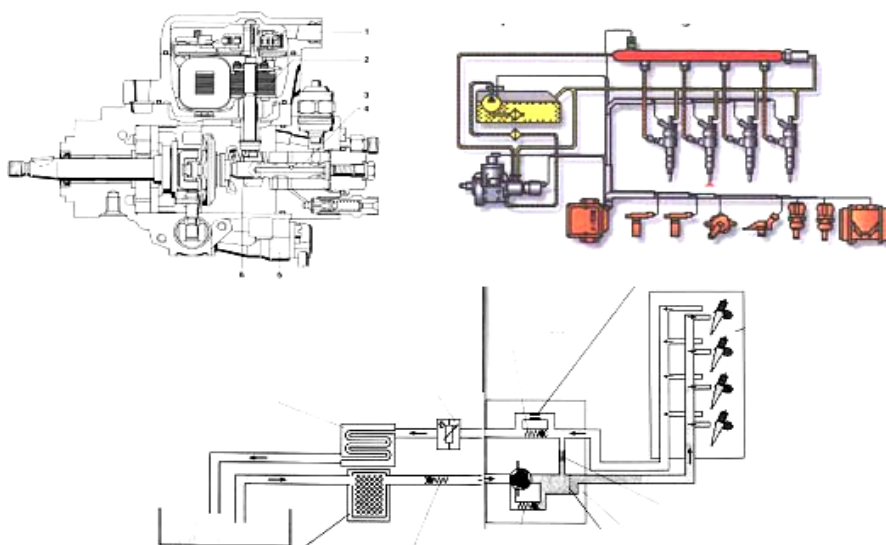


Figura 2.1 Sistema de combustible (Arnal, 1996).

2.3 Materiales utilizados en los sistemas de combustible

2.3.1 El cobre.

El cobre ha sido utilizado para una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades como son la conductividad del calor y electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad, además de su belleza.

La durabilidad del cobre puede medirse en milenios debido a que no pierde sus cualidades con el paso de los años, lo que se traduce en dos beneficios directos: rentabilidad y largos años de tranquilidad.

(<http://www.prodigyweb.net.mx/degcorp/Quimica/Cobre.htm>).

2.3.2 El PVC.

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles.

Su uso se debe a que es resistente al ambiente agresivo, tiene buenas propiedades eléctricas y de aislamiento sobre un amplio rango de temperaturas, y su durabilidad se estima aproximadamente a más de 40 años (ANIQ, 2006).

2.4 Partes y componentes de los sistemas de combustible.

2.4.1 Válvula de bola.

En este tipo de válvula la esfera se apoya y gira sobre los anillos de asiento, transfiriendo sobre estos, los esfuerzos que soporta por acción de las presiones de servicio. El inserto de material resiliente en los anillos de asiento, asegura un bajo torque de operación al igual que un sellado perfecto. El diseño de estas válvulas no permite que el vástago sea

expulsado por efecto de la presión interna en éstas. El vástago posee un doble sello de teflón de los cuales el interno es comprimido por éste contra el asiento en el cuerpo, debido al efecto de la presión interna en la válvula, aumentando así su acción sellante. La válvula de bola flotante puede ser fabricada de paso completo o paso reducido y puede ser operada con palanca y con operadores mecánicos, electromecánicos, hidráulicos o neumáticos.

(<http://www.mctca.com/flotante.htm>).

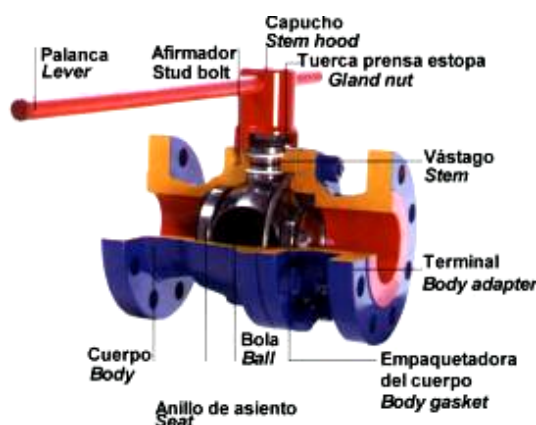


Figura 2.2 Válvula de bola (MCT, s/f).

2.4.2 Probeta.

La probeta es un instrumento volumétrico, que permite medir volúmenes superiores y más rápidamente a las pipetas, aunque con menor precisión.

Está formado por un tubo generalmente transparente de unos centímetros de diámetro, y tiene una graduación (una serie de marcas grabadas) indicando distintos volúmenes. En la parte inferior está cerrado y posee una base que sirve de apoyo, mientras que la superior está abierta (permite introducir el líquido a medir) y suele tener un pico (permite verter el líquido medido), ([http://es.wikipedia.org/wiki/Probeta_\(qu%C3%ADmica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Probeta_(qu%C3%ADmica))).



Figura 2.3 Probeta graduada.

2.4.3 Mangueras para combustible

Las mangueras para transferencia de combustible deben ser de hules especiales, no cualquier hule resiste el contacto directo con estos fluidos: gasolina y diesel.

(<http://www.gates.com.mx/seccion02.asp?segundonivel=12&subseccion=2>)



Figura 2.4 Mangueras para conducción de combustible (Gates de México, S.A, s/f).

2.4.4 Sensores de nivel.

Un sensor es un dispositivo que responde a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc., generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. Normalmente las señales obtenidas a través de un sensor son de pequeña magnitud y

necesitan ser tratadas convenientemente en los aspectos de amplificación y filtrado principalmente (García, 2001).

2.4.5 Sensor de nivel Supplement 1100-25esp.

Este sensor neumático determina el nivel mediante la detección de la presión debida a la profundidad del líquido. Un diafragma sensible se expone al contenido del líquido en el tanque, actuando según el principio de equilibrio de fuerzas. La presión de aire comprimido que se genera dentro del sensor resulta en un equilibrio 1:1 con la altura de la presión hidrostática (creada por la profundidad del líquido).

Las mediciones son precisas debido a que no es víctima de la deriva, La presión de equilibrio compensatorio neumático puede dirigirse a un indicador apropiado, o convertirse en una salida proporcional de 4-20 mA.

Salida Neumática.

Las unidades de diafragma AcraSensor se usan conjuntamente con un Control de Sensor neumático. Este control provee una corriente continua de aire de 1 CFH (pie cúbico por hora) en la parte inferior del diafragma para crear una presión de equilibrio neumática. Este control tiene incorporado un equipo de regulación de presión posterior que mantiene una respuesta lineal de 1:1 para todo el margen de funcionamiento de la presión. Esto asegura que la señal de salida neumática sea directamente equivalente a la altura de presión hidrostática del líquido en el tanque.

Salida electrónica.

Para la salida electrónica, el Control de Sensor D/P incluye un transmisor diferencial de presión de precisión que convierte la salida neumática del sensor a una señal proporcional de 4-20 mA., apropiada para el control de procesos o indicaciones remotas de nivel (www.king-gage.com).



Figura 2.5 Sensor de nivel Supplement 1100-25ESP (King Engineering Corp., 2003).

2.4.6 Transmisor KINGGAGE ES2I.

Podemos aplicar el transmisor de nivel KINGGAGE ES2i a prácticamente cualquier tanque de proceso donde su contenido se encuentre a presión atmosférica. Su señal de salida proporcional de 4-20mA es compatible con PLC's u otras arquitecturas de control que empleen entradas y salidas analógicas.

Medición hidrostática.

Al medir la presión hidrostática generada por la profundidad de un líquido, nuestros transmisores transmiten una señal proporcional de 4-20mA que nos permiten controlar el proceso en cuestión, o simplemente darnos una indicación precisa del mismo. Esta aproximación nos asegura una medición consistente ya que se basa en la masa total del líquido, y no en su volumen relativo, o su desplazamiento (King Engineering Corp., 2003).



Figura 2.6 Transmisor KINGGAGE ES2i (King Engineering Corp., 2003).

2.4.7 Sensor de nivel leveltrak.

Principio operativo de los sensores de nivel continuo.

Leveltrak es un sensor en estado sólido que detecta el nivel de los fluidos en tanques, tales como: unidades de potencia hidráulica, agua desperdiciada en los tanques, estaciones de bombeo de refrigerantes y sistemas de lubricación. Este sensor se caracteriza por una sonda que puede ser insertada dentro de un fluido; es decir, un instrumento utilizado para medir las profundidades de un fluido en un momento determinado. Los campos del sensor se encuentran debajo de la sonda (tubo alargado), con la finalidad de detectar el nivel del fluido.



Figura 2.7 Sensor de nivel Leveltrak. (Ifm electronic, 2006).

Los fluidos que contienen partículas como virutas (scrap) de metal causan la añadidura en la circulación mecánica adhiriéndose a la sonda. Como el Leveltrak no contiene partes en movimiento entonces estas virutas pueden adherirse y automáticamente adaptarse a las propiedades del fluido. Por lo tanto, este sensor es ideal para líquidos que son difíciles de detectar o que dejan residuos en el fluido.

El Sensor de Leveltrak se utiliza al igual que el principio del capacitor inmune al ruido, para detectar el nivel del fluido. Una serie de campos capacitivos del sensor se encuentran situados a lo largo de la longitud de la sonda (tubo). Entonces estos 16 campos del sensor son escaneados para

determinar la localización del contraste dieléctrico que ocurre a la altura del nivel. Cada campo del sensor es evaluado cada 8 milisegundos (para un total de tiempo escaneado de 128ms). Esta tecnología sensorial permite que el Leveltrak se ajuste a varios fluidos e ignore la mayoría de las virutas.

Detección del nivel a través de sensores de presión.

Los sensores de presión de este tipo son utilizados para detectar el nivel del líquido en los tanques. El peso del líquido crea una presión en el diafragma del sensor. Como el nivel cambia, la presión de las salidas cambia. El sensor indica el nivel continuo en una pantalla integrada de números analógicos e interruptores de salida, u opciones de interruptores de salida duales. (Ifm electronic, 2006).

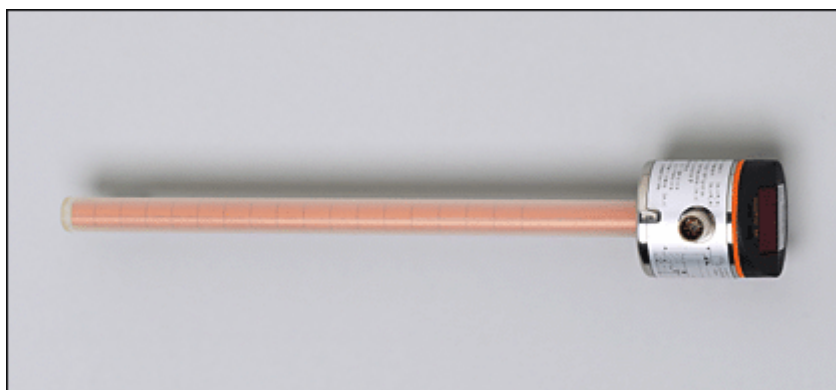


Figura 2.8 Sensor de nivel LK1023. (Ifm electronic, 2006)

2.4.8 Medidor de área variable.

El medidor de tipo área variable (Fig. 2.9) provee de lecturas rápidas e instantáneas en la clasificación del flujo de líquidos y gases. Existe una apertura anular u orificio entre la cabeza del flotador y el interior de la pared del tubo ahusado en la cual el flotador hace su recorrido. Las fuerzas hacia arriba y hacia abajo que actúan sobre el flotador están en equilibrio, de tal manera que el flotador asume una elevación definida a un porcentaje de flujo dado. Dado que el peso neto del flotador es el mismo a todas las alturas, la caída de presión a través del flotador debe de ser siempre constante. Por consiguiente un aumento del porcentaje de flujo causa que el flotador se

mueva hacia una posición más alta con una mayor área del flujo correspondiente (Liljedhi, *et al*, 1984).

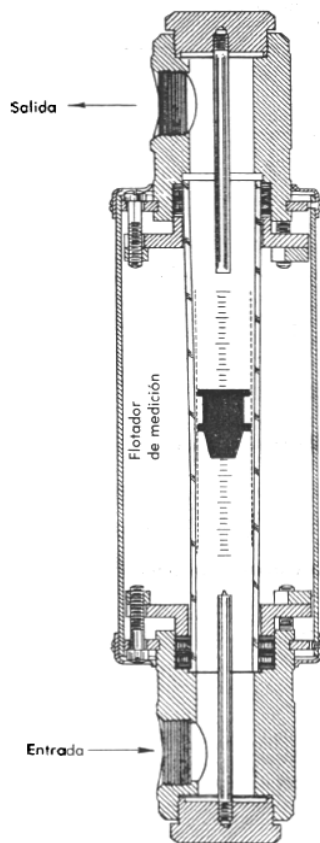


Figura 2.9 Medidor de flujo de combustible.

Al considerar el consumo de combustible de los motores, la habilidad de un motor para convertir el combustible en trabajo útil variará con el tipo de motor, su diseño, velocidad y carga. El consumo medido debe relacionarse con la salida de potencia y expresarlo como "consumo específico de combustible" en litros por kilowatt hora (L/kwh).

Según Murillo (1985), el consumo específico se puede entender como la masa de combustible consumida por unidad de trabajo. Se mide en g/kw-h (gramos consumidos para proporcionar un kilovatio durante una hora).

Así:

$$c.e.c = 248 \frac{\text{gramos}}{\text{kilowatt} - \text{hora}}$$

La Fig. 2.10 da un ejemplo de curvas de torque que cubren el rango de velocidad de operación del motor al cual se le han añadido líneas de potencia constante y consumo específico de combustible.

Puede verse que para la misma potencia, el consumo específico de combustible, y por lo tanto el consumo de combustible, disminuye con la velocidad. Por ejemplo, a 75% de potencia máxima, el consumo caerá alrededor de 7% cuando la velocidad es también reducida a 75% de la velocidad de régimen. A 50% de la potencia, se logra una reducción de cerca de 15% en el consumo con una velocidad de 75% la velocidad de régimen.

Este ejemplo típico muestra como la medición del consumo específico de combustible puede usarse para destacar áreas de mayor eficiencia del combustible en términos de potencia y velocidad. Muestra, generalmente, que para la operación del tractor es más económico trabajar con el engranaje más alto posible, ajustando el acelerador para mantener la carga y velocidad de avance requerida.

La tasa de aplicación es medida en litros por hectárea (L/ha) o kilogramos por hectárea (Kg. /ha). Si se multiplica estos términos por la tasa de trabajo en hectáreas por hora (ha/h), se obtiene las tasas de aplicación por hora. (FAO, 1994).

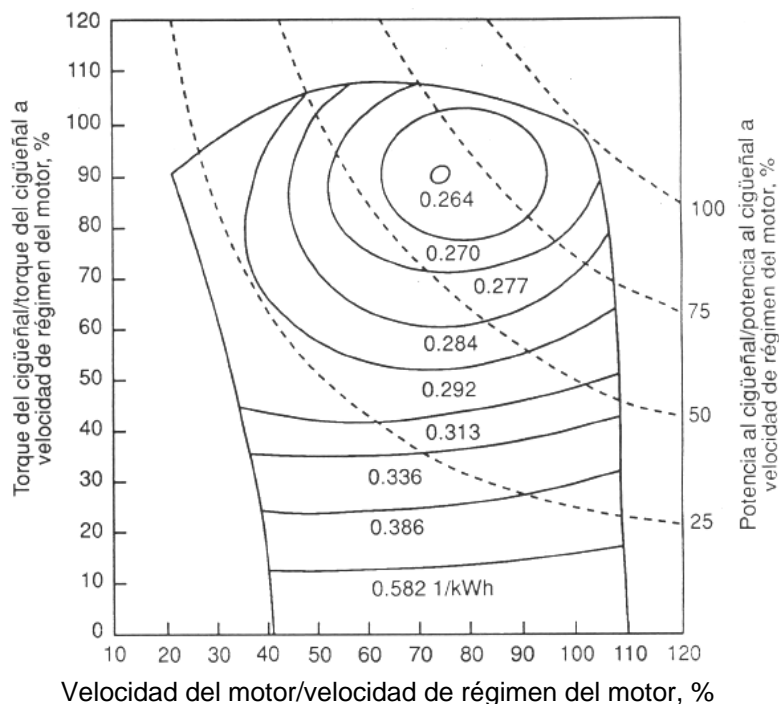


Figura 2.10 Economía de combustible medida sobre el rango de operación de un motor.

2.4.9 Electroválvulas.

Las Electroválvulas permiten el paso de flujo en una sola dirección (monoestables) o bien en ambas direcciones (biestables) mediante una serie de pulsos eléctricos pudiendo ser estos de 12 o 24 VDC, son usadas principalmente para la automatización de aplicaciones en sectores tales como: la industria, agricultura, maquinaria, etc.

(<http://www.lasber.com/es/productos.php>).

Un ejemplo claro de esto son las electroválvulas monoestables Marshall, las cuales están Diseñadas para el uso en la industria automotriz, participando en el control de aplicaciones. Resisten aproximadamente 30 psi, con una corriente de 12 VDC, resisten hasta 76 °C; su función principal es la conducción de líquidos como gas LP, gasolina, diesel, etc. (AFC, 2004).



Figura 2.11 Electroválvula Marshall modelo 111 (AFC, 2004).

2.4.10 Controlador Lógico Programable.

El término PLC de amplia difusión en el medio significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PCs (Programmable Controllers), pero, con la llegada de las IBM PCs, para evitar confusión, se emplearon definitivamente las siglas PLC. En Europa, el mismo concepto es llamado Autómata Programable.

La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas. Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

(<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>)

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Asociación) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de

entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (15 VDC, 4 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

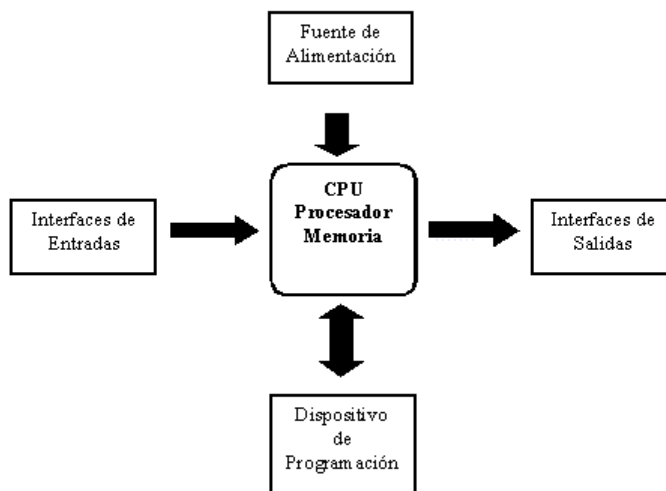


Figura 2.12 Estructura de un PLC.

Clasificación de los plc's.

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

PLC tipo Nano.

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU input/output (I/O) integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

PLC tipo Compactos.

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de i/o.

PLC tipo Modular.

Estos PLC's se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack.
- Fuente de Alimentación.
- CPU.
- Módulos de I/O.

La clasificación puede variar dependiendo del criterio diversos autores.

PLC SIEMENS S7-300.

Este miniautómata de SIEMENS ideado especialmente para aumentar la cadencia y disminuir sensiblemente los tiempos ciclo y de respuesta y aumentar la calidad del proceso, opera más allá de los límites de prestaciones anteriores, asegurando la adquisición y tratamiento de señales (analógicas o digitales) a cualquier velocidad y en cualquier forma en que se presenten, de allí que es ideal para usarlo en maquinarias de embalaje y en máquinas herramientas, sector agroalimentario o en industria química o farmacéutica.

Posee una CPU cuya velocidad es 100 veces mayor a las convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024 instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras), una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima, 1024 entradas/salidas digitales y 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos), alta

potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI.

Pequeño, extremadamente rápido y universal son las características más importantes de éste PLC, además de su modularidad, sus numerosos módulos de extensión, su comunicabilidad por bus, sus funcionalidades integradas de visualización y operación así como su lenguaje de programación STEP 7. (Catalogo Siemens, 2002).

Componentes del S7 300.

1. Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
2. Módulos para señales digitales y analógicas (I/O).

Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.

3. Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- a) Módulos de suministro de energía
- b) Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera

En los módulos de entrada pueden ser conectados:

- a) Sensores inductivos, capacitivos, ópticos.
- b) Interruptores.
- c) Pulsadores.
- d) Llaves.

- e) Finales de carrera.
- f) Detectores de proximidad.

En los módulos de salida pueden ser conectados:

- a) Contactores.
- b) Electroválvulas.
- c) Variadores de velocidad.
- d) Alarmas.

Tamaño del S7-300.

El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80cm. de largo, 12,5 cm. de alto y 13 cm. de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40cm x 12,5cm x 13cm, respectivamente.

Además, el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por ésta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115/230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU (Catalogo Siemens, 2002).

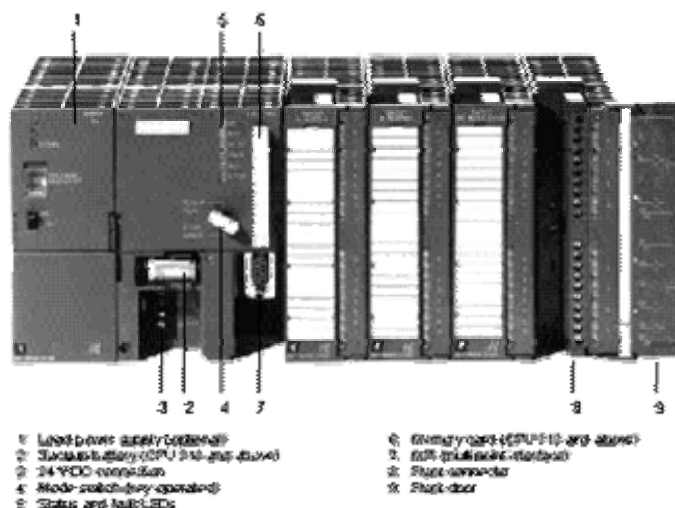


Figura 2.13 Componentes del PLC siemens S7-300 (Catalogo Siemens, 2002).

Aplicaciones.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. (Cardoso, 2005).

2.4.11 Modulo de contador FM 350-2.

El módulo FM 350-2 es un módulo de contaje inteligente de 8 canales que permite realizar tareas universales de medición y de contaje, así como tareas de posicionamiento sencillas (máx. 4 ejes). Este modulo proporciona funciones para usarse en el PLC S7-300.

La frecuencia de contaje máx. 20 kHz, de los cuales pueden utilizarse hasta 4 canales en relación con SIMATIC PCS 7; para sensores de 24 V, para las siguientes tareas:

1. Para la conexión directa de encoders incrementales de 24 V.
2. Sensores de dirección, detectores y sensores NAMUR.
3. Función de comparación con valores de comparación definibles (el número depende del modo de operación).
4. Salidas digitales integradas para emitir la señal de reacción al alcanzarse el valor de comparación (preselección).
5. Modos de operación:
 - Contaje ilimitado/único/periódico.
 - Control de frecuencia/velocidad de giro.
 - Medida de periodo.
 - Dosificación.

Partes del FM 350-2.

Conector frontal.

El FM 350-2 ofrece la posibilidad de conexión frontal de:

1. Contador de señales.
2. Señales de dirección.
3. Modulo de voltaje.
4. Entrada de señales de hardware externo.
5. señales de salida.
6. Sensores NAMUR, encoder.

Etiquetas.

En el modulo se incluyen etiquetas donde se puede escribir el nombre de las señales importantes.

Numero de orden.

El numero de orden del FM 350-2 se muestra en la parte de abajo del panel frontal.

Expansión del Bus.

Expansión de la red de comunicación con el S7-300, donde se pueden conectar mas contadores, del mismo modo que se conecto el FM 350-2.

Luces de diagnostico y estado.

Cuenta con 1 luz de diagnostico, 8 para indicar el estado de las entradas digitales y 8 para las salidas digitales. (Catalogo Siemens, 2003).

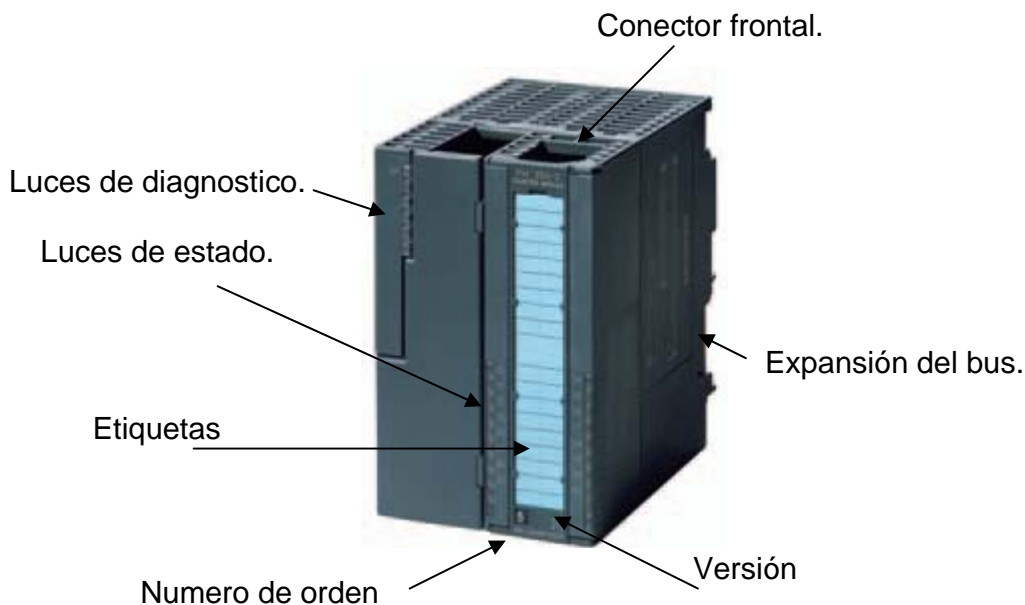


Figura 2.14 Módulo de contador FM 350-2 (Catalogo Siemens, 2003)

2.4.12 Programación.

Estructura de un programa.

Un programa de autómeta programable, generalmente esta compuesto por un conjunto de directivas de usuario, que serán interpretadas por el programa monitor, introducido por el fabricante en una zona de memoria no accesible para el usuario.

La forma de ejecución de un programa es normalmente cíclica. Los ciclos se repiten continuamente mientras se mantengan unas determinadas condiciones de inicio, mediante la forma de un bucle repetitivo del tipo DO WHILE, de la manera que se muestra seguidamente (García, 2001).

- DO
 - Instrucción nº 1.
 - Instrucción nº 2.
 -
 -
 - Instrucción nº m.
- WHILE CONDICIÓN START.

Para entender mejor la programación es necesario conocer algunos lenguajes de programación, así como funciones básicas, por lo que las veremos a continuación.

Algebra de Boole.

Muchos componentes utilizados en sistemas de control, como contactores y relés, presentan dos estados claramente diferenciados (abierto o cerrado, conduce o no conduce). A este tipo de componentes se les denomina componentes todo o nada o también componentes lógicos.

Para estudiar de forma sistemática el comportamiento de estos elementos, se representan los dos estados por los símbolos 1 y 0 (0 abierto, 1 cerrado). De esta forma podemos utilizar una serie de leyes y propiedades comunes con independencia del componente en sí; da igual que sea una puerta lógica, un relé, un transistor, etc.

Atendiendo a este criterio, todos los elementos del tipo todo o nada son representables por una variable lógica, entendiendo como tal aquella que sólo puede tomar los valores 0 y 1. El conjunto de leyes y reglas de operación de variables lógicas se denomina álgebra de Boole, ya que fue George Boole el que desarrolló las bases de la lógica matemática.

Operaciones lógicas básicas.

Sea un conjunto formado por sólo dos elementos que designaremos por 0 y 1. Llamaremos variables lógicas a las que toman sólo los valores del conjunto, es decir 0 o 1.

En dicho conjunto se definen tres operaciones básicas:

1. Suma lógica.

Denominada también operación "O" (OR). Esta operación responde a la siguiente tabla:

Cuadro 2.1 Operación OR.

a	B	a+b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

2. Producto lógico.

Denominada también operación "Y" (AND). Esta operación responde a la siguiente tabla:

Cuadro 2.2 Operación AND.

a	B	a*b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3. Negación lógica.

Denominada también operación "N" (NOT). Esta operación responde a la siguiente tabla:

Cuadro 2.3 Operación NOT.

A	a'
0	1
1	0

Propiedades del álgebra de Boole.

Las propiedades del conjunto en el que se han definido las operaciones (+, *, ') son las siguientes:

I. Propiedad conmutativa.

a) De la suma: $a+b = b+a$

b) Del producto: $a*b = b*a$

II. Propiedad asociativa.

a) De la suma: $(a+b)+c = a+(b+c) = a+b+c$

b) Del producto: $(a*b)*c = a*(b*c) = a*b*c$

III. Leyes de idempotencia.

a) De la suma: $a+a = a$; $a+a' = 1$

b) Del producto: $a*a = a$; $a*a' = 0$

IV. Propiedad distributiva.

a) De la suma respecto al producto: $a*(b+c) = (a*b) + (a*c)$

b) Del producto respecto a la suma: $a + (b*c) = (a+b) * (a+c)$

V. Leyes de Morgan.

a) $(a+b+c)' = a'*b'*c'$

b) $(a*b*c)' = a'+b'+c'$

Otras operaciones lógicas.

A partir de las operaciones lógicas básicas se pueden realizar otras operaciones booleanas, las cuales son:

NAND, cuya tabla correspondiente es:

Cuadro 2.4 Operación NAND.

a	B	$(a*b)'$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR, cuya tabla correspondiente es:

Cuadro 2.5 Operación NOR.

a	b	$(a+b)'$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

XOR, también llamada función OR-EXCLUSIVA. Responde a la tabla:

Cuadro 2.6 Operación XOR.

a	B	$a(+)b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Puertas lógicas.

Todas las funciones lógicas vistas hasta el momento poseen una representación normalizada, la cual se muestra en la figura siguiente:

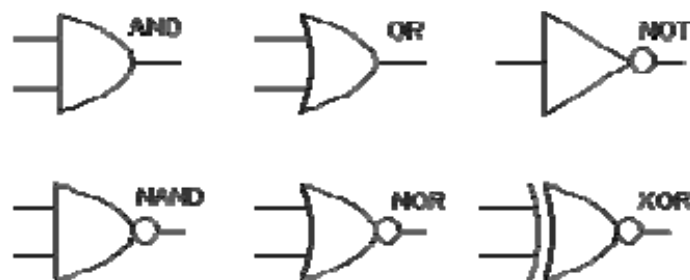


Figura 2.15 Puertas lógicas (ilustrados, 2003).

Toda puerta lógica consta de 1 o más entradas y 1 o 2 salidas (puede darse el caso de proporcionarse la salida y su negada). En todos los símbolos las entradas se encuentran a la izquierda y las salidas a la derecha. (Ilustrados, 2003).

Grafset.

El Grafset surge en Francia a mediados de los años 70, debido a la colaboración de algunos fabricantes de autómatas, como Telemecanique y Aper con dos organismos oficiales, AFCET (Asociación francesa para la cibernética, economía y técnica) y ADEPA (Agencia nacional para el desarrollo de la producción automatizada). Homologado en Francia, Alemania, y posteriormente por la comisión Electrónica Internacional (IEC 848, año 1988).

Actualmente es una herramienta imprescindible cuando se trata de automatizar procesos secuenciales de cierta complejidad con autómatas programables.

El Grafset es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar. Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

Todo automatismo secuencial o concurrente se puede estructurar en una serie de etapas que representan estados o subestados del sistema en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

(http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PROGRAMACION/GRAFSET/grafset.htm)

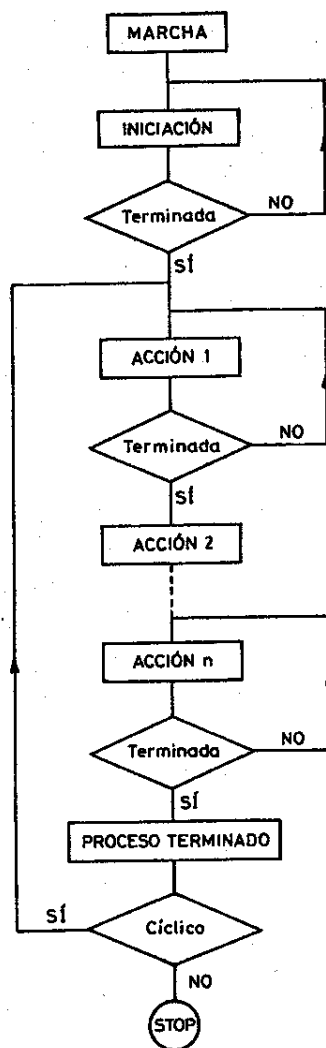


Figura 2.16 Estructura del Grafset.

Contactos.

Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoides, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

Los símbolos básicos son:

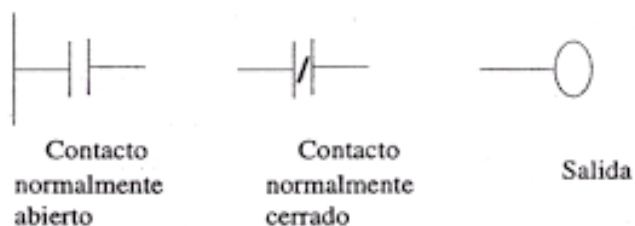


Figura 2.17 Símbolos de programación de contactos.

(http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PROGRAMACION/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION/CONTACTOS/contactos.htm).

Accesorios para tubería de cobre.

Los accesorios son piezas que permiten la unión o adecuación de tuberías. Su tamaño variara según el diámetro de los tubos o tuercas que se utilizaron.

En los accesorios tenemos los siguientes:

1. Tuercas cónicas.
2. Conexiones "tee".
3. Niples.
4. Abrazaderas.
5. Anillo barril.
6. Abrazaderas, etc.

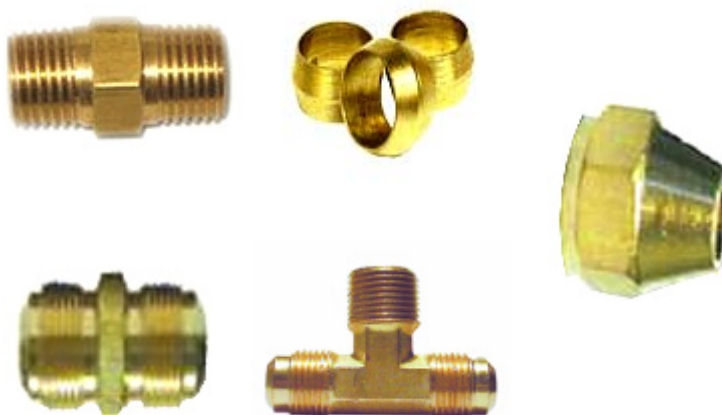


Figura 2.18 Accesorios para conexiones de tuberías.

2.5 Trabajos realizados para medir el consumo de combustible.

2.5.1 Medidor de combustible Tipo “MAX” (CENEMA).

Funcionamiento.

Antes de iniciar el proceso para la toma de la medición del consumo de combustible es necesario asegurarse que el diesel que fluye se encuentre a una temperatura aprox. de 40°C, por lo que existen sensores “termopar”, los cuales se encargan de la medición de la temperatura. Por lo tanto el sistema cuenta con un calentador y enfriador, de tal forma que ambos permitan que la temperatura siempre se encuentre a los 40°C.

Este sistema de medición de combustible, se suministra de 2 depósitos de diesel uno de 80lts y el otro de 300lts. Cada depósito cuenta con sensores ultrasónicos, los cuales emiten un pulso de sonido; para así mandar la señal de que están llenos o vacíos, es decir; miden el tiempo y la distancia que se encuentra el diesel para así conocer el nivel del depósito.

Una vez que se inicia el proceso de medición en el laboratorio, se obtienen los valores de las temperaturas, rpm, potencia, torque y nos da la información del consumo de combustible, a través de la computadora.

Diagrama del funcionamiento del Flujometro Max.

Calculando el flujo del fluido utilizando el flujometro Max Volumétrico con frecuencia de salida y un sensor RTD.

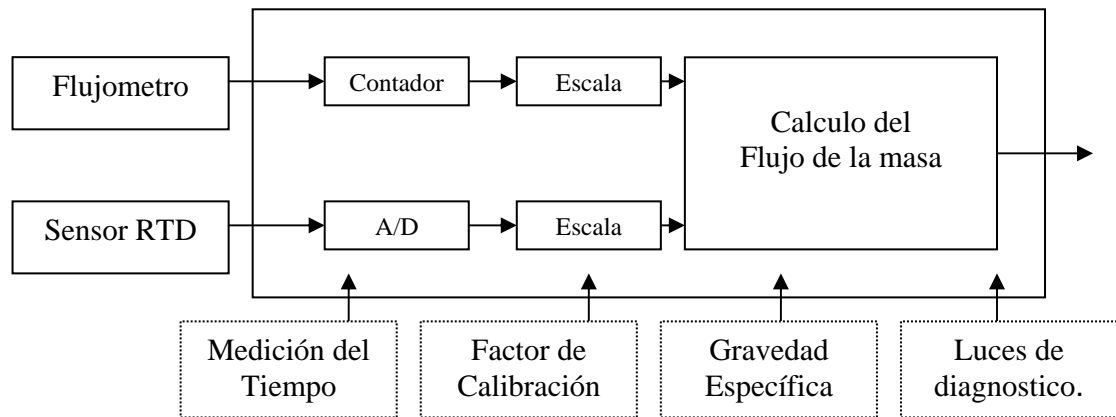


Figura 2.19 Funcionamiento del flujómetro "Máx."

Escala Volumétrica del Flujómetro:

$$V(l/h) = \left\{ \frac{(3600)(f(Hz))}{(K - factor(pulsos / L))} \right\}$$

Donde:

V : Tasa de flujo del Volumen.

f : Frecuencia o pulsos de salida por segundo desde el flujómetro.

$K - factor$: Factor de Calibración o pulsos de salida por litros.

Calculo del Flujo de la Masa.

$$M = [(V)(\rho_{T_0})(1 + a(T_0 - T))]$$

Donde :

M : Tasa de flujo de la masa.

V : Tasa del flujo Volumétrico.

ρ_{T_0} : Densidad de la temperatura T_0 .

a : Coeficiente de Expansión Volumétrica de la temperatura T_0 .

T_0 : Temperatura a la cual la densidad del combustible fue medida.

T : Temperatura del combustible medido por el RTD sensor.

La densidad típica y el coeficiente de expansión para el combustible de diesel:

$$\rho_{T_0} = 7.73 \text{ E-01 kg/cm.} \quad a = 8.83 \text{ E-04(1/}^\circ\text{C)}$$

Los valores son aproximados a la $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Los valores exactos deben ser requeridos por el proveedor del combustible (Max Machinery, Inc., 1990).

2.5.2 Medidor de combustible “Buret específico” (CENEMA).

Funcionamiento.

En cada volumen conocido de diesel cuenta con su válvula de paso, dentro de la cual se encuentran unos sensores fotoeléctricos, los cuales su función es medir el tiempo en que se tarda en consumir este volumen de diesel conocido.

La información de estos sensores es proporcionada en el panel de control, dentro del cual muestra el tiempo que se tarda en consumir los volúmenes conocidos. Estos volúmenes son: 10, 25, 50, 100, 200 y 400 ml. Entonces su funcionamiento para la toma de la lectura del consumo de combustible, cuando empieza a activarse el foco del 10 ml, y te muestra en la pantalla el tiempo en que se consumió, y así continua hasta mostrar todos los tiempos de todos los volumen conocidos. Por lo que es necesario recabar esta información de forma escrita, para lo cual se obtiene la siguiente tabla:

Cuadro 2.7 Cálculo de consumo total del Buret específico.

Volumen (ml)	10	25	50	100	200	400
Tiempo (seg.)	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
Consumo (Lt/hr)	$(10/T_1)^*$ 3.6	$(10/T_2)^*$ 3.6	$(10/T_3)^*$ 3.6	$(10/T_4)^*$ 3.6	$(10/T_5)^*$ 3.6	$(10/T_6)^*$ 3.6

Por lo tanto, solamente es necesario calcular el flujo del combustible con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo} = \left(\frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right) * 3.6$$

Por lo que una vez obtenido el consumo (Lt/hr) de cada volumen conocido, solamente es necesario sumar todos los consumos de combustible para así obtener el consumo final.

El Consumo Volumétrico es Lt/hr, pero el consumo de combustible indicado por la norma es el consumo másico.

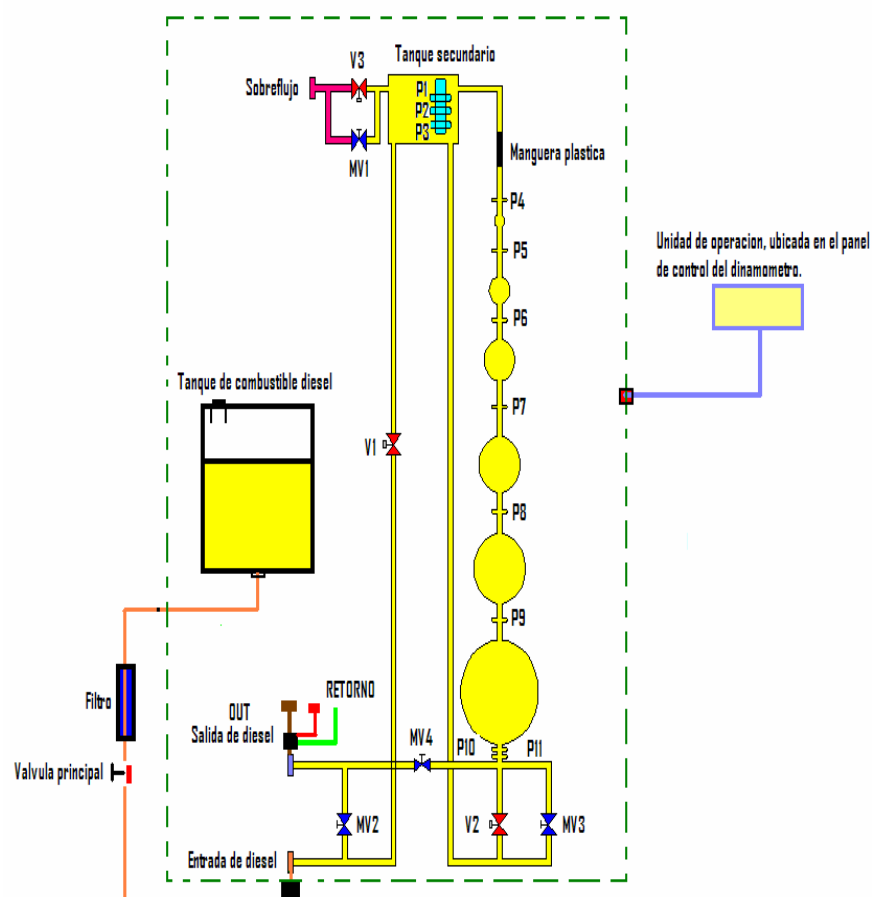


Figura 2.20 Flujómetro "Buret específico"

2.5.3 Flujometro totalizador

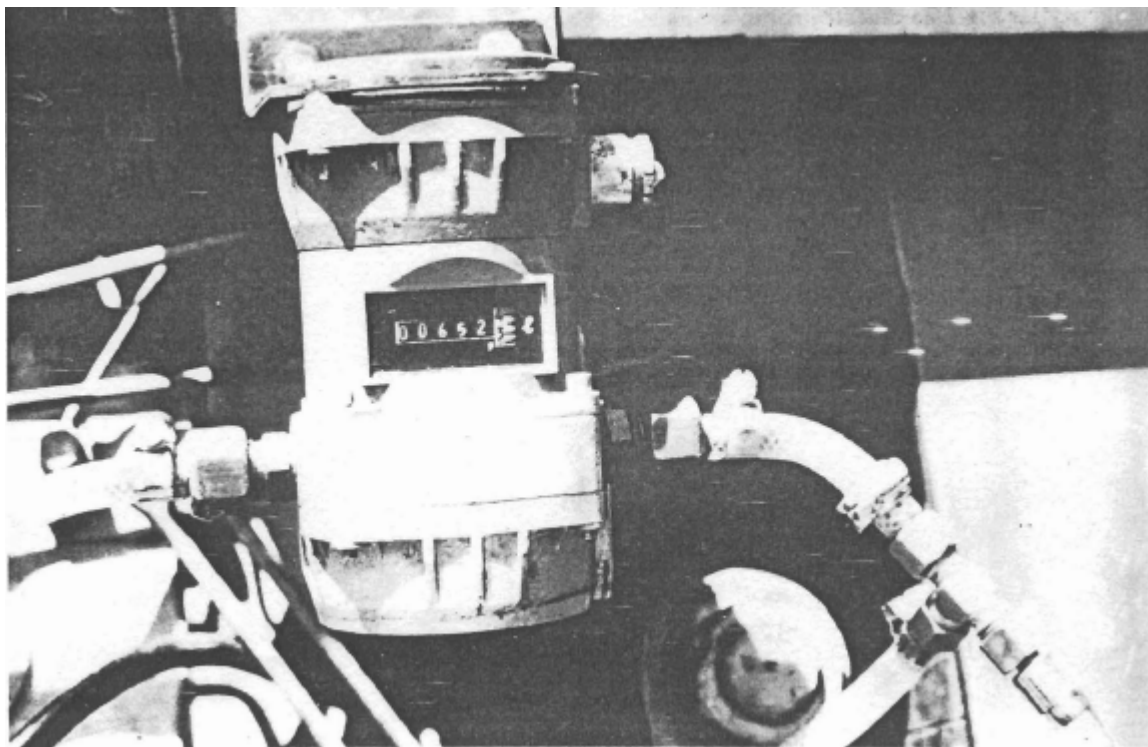


Figura 2.21 Flujometro totalizador instalado en el sistema de combustible de un tractor.

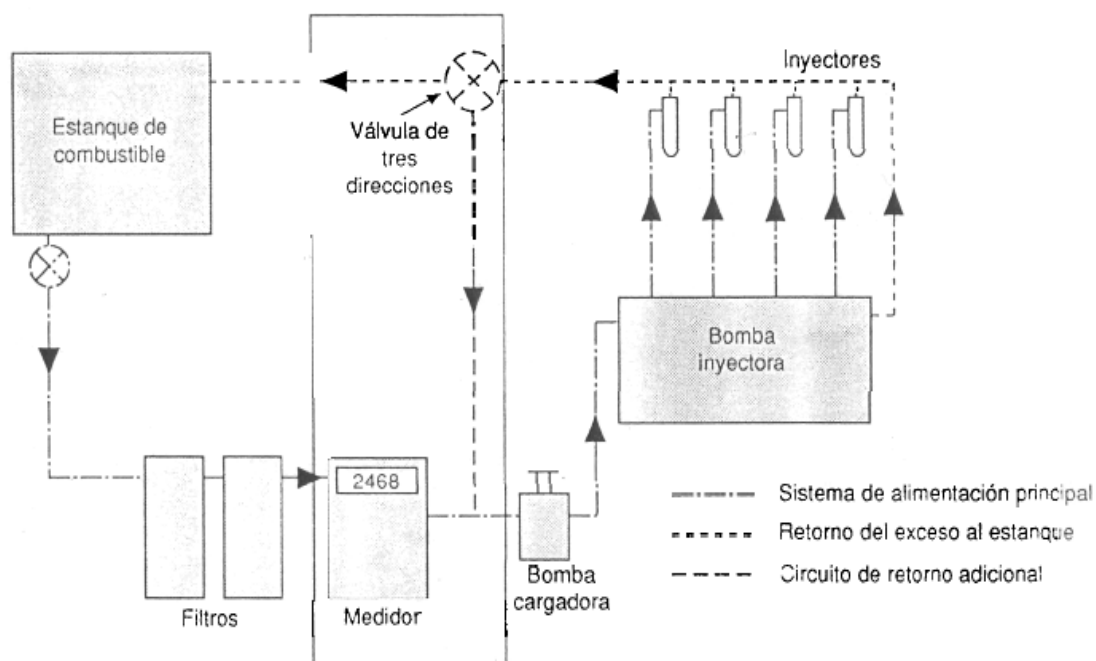


Figura 2.22 Medidor instalado en un sistema típico de combustible de un tractor.

Los medidores apropiados que dan lecturas directas de tasa de flujo son usados para pruebas en sistemas hidráulicos. La Fig. 2.7 muestra como se instala un medidor en línea de flujo del sistema hidráulico de un tractor. En casos de tractores con sistemas de "circuito cerrado", el medidor debe ser del tipo que resista la presión del abastecimiento de la bomba auxiliar al cual está conectado el flujo de retorno. Antes de conectar el equipo de prueba a este tipo de circuito hidráulico, debe buscarse con el fabricante del tractor información sobre métodos de prueba (FAO, 1994).

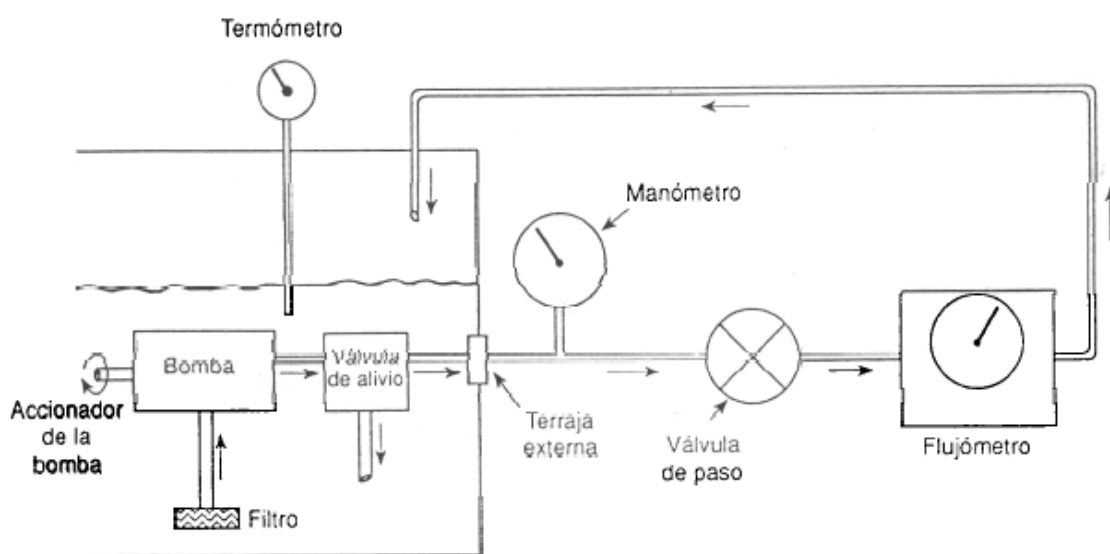


Figura 2.23 Arreglo para la prueba de potencia del sistema hidráulico del tractor.

2.5.4 Medición de gasto de combustible en 2 probetas.

Yilmaz, (2004), realizó una prueba para medir el consumo de combustible utilizando 2 probetas, una de 250 ml y la otra de 500 ml, la cual sirvió para hacer los ajustes al tanque de combustible y la preparación para la medición, después de que se terminó el combustible de la probeta de 500 ml, se cambió la alimentación a la probeta de 250 ml, tomando el tiempo al terminarse el combustible de esta última probeta; posteriormente para reducir el error, se tomaron lecturas al consumirse 50 y 100 ml, teniendo como resultado menor de 2% de error (medio seg. en 30 seg.). En la

medición de 250 ml, se obtuvo un error por debajo del 1% (0.5 ml en 250 ml de combustible consumido).

Experimento algunos problemas como la presión de la bomba del combustible a más de 10 psi, causando burbujas excesivas, pero al final obtuvo una formula para medir el consumo de combustible a diferentes velocidades:

$$mpg = (20/2000) * N * 96.77 / FRC$$

Donde:

N = Velocidad del motor, rpm.

FRC = Combustible consumido a N rpm, ml/min.

96.77 = Combustible consumido a 2000 rpm. y un torque de 40 lb-ft, ml/min.

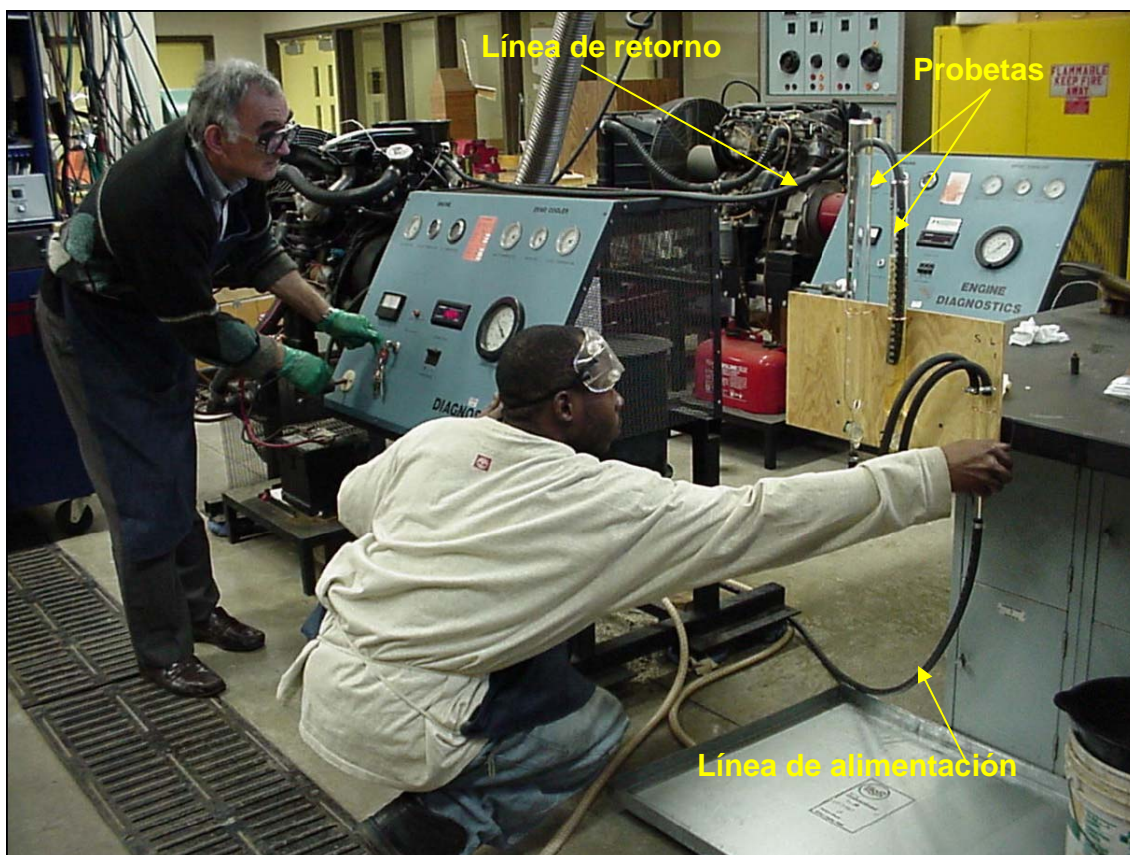


Figura 2.24 Medición de consumo de combustible en 2 probetas.

2.5.5 Determinación de consumo de combustible evaluando un solo paso del incorporamaster.

Upadhyaya, *et al*, (2004), hizo una prueba para medir el ahorro del consumo de combustible en 5 suelos usando el incorporamaster, que es un equipo de labranza de un solo paso, obteniendo ahorros de consumo de combustible en rangos mayores de 19% a 80 % con una media de 50% y en rangos de tiempo menor desde 67% a 83% con una media de 72%.

Para ello utilizo un sistema de medición de combustible con una probeta graduada, un recipiente externo, 2 válvulas hidráulicas conectadas a la probeta. El procedimiento para la medición fue marcar los niveles de los dos recipientes, contabilizar el tiempo que tarda en consumirse, y después con un manómetro se toma la lectura del flujo que se necesitó para poner los recipientes en el nivel que tenían antes de la prueba, (ver fig. 2.12.4).

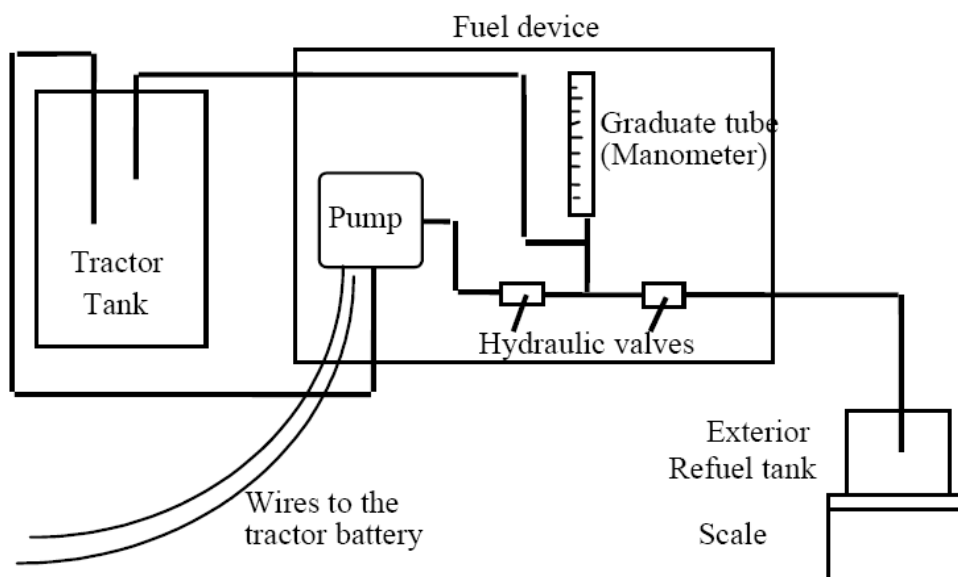


Figura 2.25 Sistema de medición del consumo de combustible.

2.5.6 SimTrans: Computadora simuladora del consumo de combustible.

SimTrans es una computadora creada por el Departamento de Agricultura de la Universidad de Natal en África del Sur, diseñada para predecir el desempeño de vehículos de transporte (Lyne, de la Harpe, Hansen y Clark, 1996). El programa fue diseñado para determinar el consumo del combustible de los vehículos diesel viajando a través de una ruta específica. El propósito de este proyecto fue empezar una investigación en la posibilidad de utilizar SimTrans para predecir el desempeño de tractores agrícolas.

Un tractor Massey Ferguson 399, fue sometido a pruebas de medición de combustible en diferentes velocidades o potencias, obteniendo resultados similares a los que arrojo la simulación con SimTrans. (De la Harpe, *et al* 1998).

2.5.7 Medidor de combustible rustico para tractores estacionarios.

Para motores estacionarios se puede construir un aparato simple (Fig. 1.3). El tubo vertical claro que forma la columna de combustible debe tener una capacidad aproximada de 0.5 L y la escala calibrada. Después de llenar la columna de una fuente separada, se cierra la llave y la operación de la válvula de tres direcciones dirigirá el abastecimiento hacia el motor desde el estanque principal a la columna. Después de medir el tiempo para un volumen dado, se revierte la secuencia para rellenar la columna. La medición es en (ml/s o L/s), (Smith, *et al*, 1994).

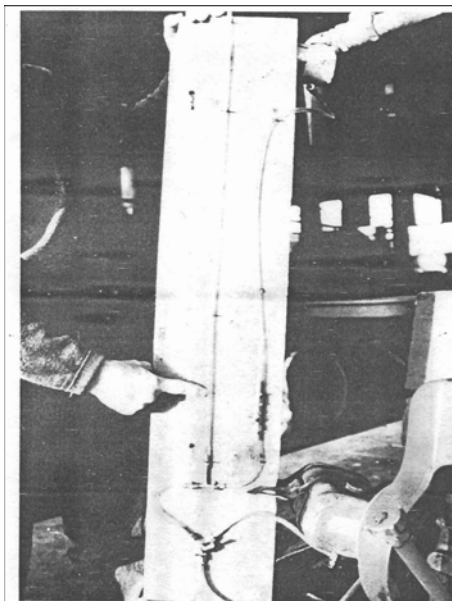


Figura 2.26 Aparato de bajo costo para medir el consumo de combustible de un motor.

El siguiente modelo es parecido, pero se puede aplicar en motores diesel como en motores a gasolina.

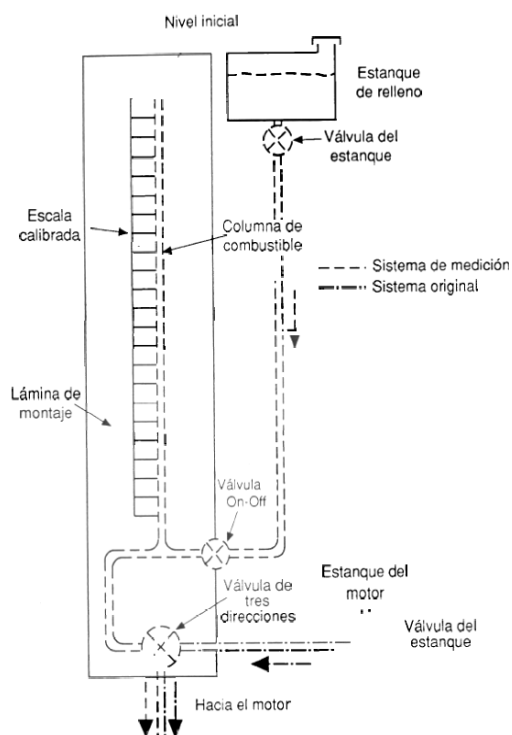


Figura 2.27 Construcción de un aparato para medir combustible en motores a gasolina y diesel.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología del Diseño.

Diseñar es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan propicia la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar. (Shigley y Mischke, 2002).

La metodología utilizada para el diseño, fue la de diseño en ingeniería mecánica de los autores mencionados en el párrafo anterior.

En el desarrollo de esta metodología de diseño también se apoyara con los software de dibujo: AUTOCAD 2006, Pro/ENGINEER 2.0, de diagramas de procesos industriales MICROSOFT VISIO 2003.

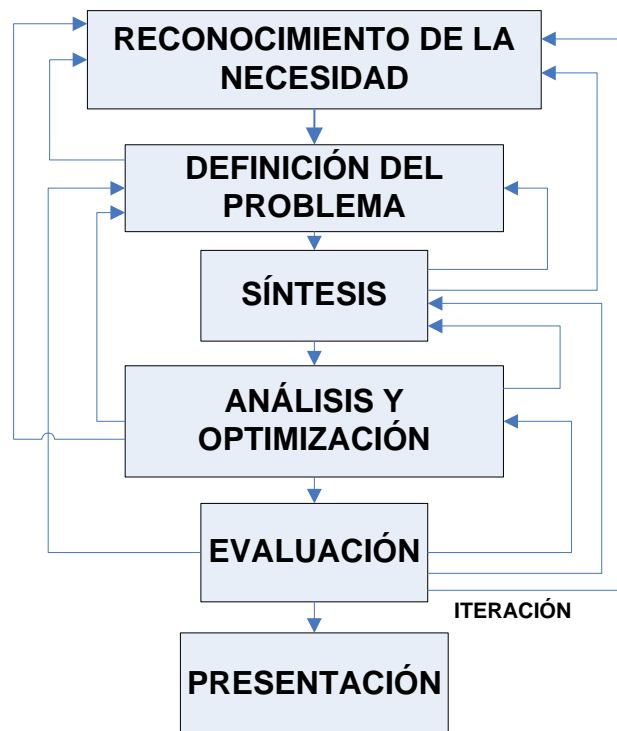


Figura 3.1 Método Shigley/Mischke, (2002).

3.1.1 Identificación de la necesidad.

El reconocimiento de la necesidad empieza en el momento en que alguien quiera satisfacer una demanda humana, Descubre una dificultad o descontento hacia alguna actividad, funcionamiento de algún dispositivo o las condiciones bajo las cuales se vive, trabaja y desarrolla la persona. Por lo general, la necesidad se reconoce o se identifica repentinamente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen casi al mismo tiempo. La identificación de la necesidad se realiza con facilidad después de que alguien la ha planteado (Palma, 2006).

En la introducción de este trabajo se había señalado que el Departamento de Maquinara Agrícola de la UAAAN no cuenta con equipo actualizado para la realización de pruebas de medición de consumo de combustible a los tractores, ya que actualmente se han llevado acabo una serie de pruebas o diseños manuales que siguen teniendo errores considerables, siendo también riesgosos en algunos casos.

3.1.2 Definición del problema.

En este caso, se tiene la necesidad de contar con un medidor electrónico de combustible para cuantificar el consumo de combustible de los tractores en distintas actividades de labranza; esto permitirá al Departamento de Maquinaria Agrícola y a la UAAAN prestar un servicio para evaluación de Maquinaria y al mismo tiempo proporcionar información que le sea útil al productor para la toma de decisiones al comprar ciertas maquinas.

Para lograr lo anterior se necesita contar con un medidor de combustible electrónico el cual se diseñara con materiales existentes en el mercado.

3.1.3 Síntesis.

Para facilitar el diseño del medidor electrónico, primero se realizó el diseño y la construcción de un medidor manual para el consumo de

combustible. La finalidad fue evaluar las desventajas que presenta, de tal forma que pueda servir de base como ya se mencionó, para el diseño de un medidor electrónico de combustible.

3.2 Diseño del medidor manual de consumo de combustible.

3.2.1 Criterios de diseño.

Estos criterios fueron seleccionados basándonos en las características que deseamos que tenga nuestro proyecto.

- Fácil calibración.
- Eficiente y eficaz.
- Económico (de bajo costo).
- Fácil de desarmar.

3.2.2 Diseño del sistema de medición.

3.2.2.1 Tanque de combustible.

El combustible es almacenado dentro de un tanque, el cual va acoplado en el tractor, y es a través de el que se suministra el combustible al sistema. Para lograr la sustitución del tanque se debe considerar que la mayoría de los tractores en México son de 70 a 80 HP por lo que en otros países se estima el consumo de 4 a 12 L/h dependiendo de la carga aplicada, por lo que se sugiere hacer mediciones de consumo de combustible en intervalos de 1 minuto, para lo cual necesitamos un contenedor entre 10 y 100 ml., y este será el que sustituya al tanque de combustible, además debe poseer características que permitan realizar directamente lecturas visuales de volumen en el contenedor.

3.2.2.2 Ductos o líneas de conducción del combustible.

Se sustituirán algunos tramos de tubería, para poder acoplar válvulas, electroválvulas, etc., la sugerencia es que sean de las mismas dimensiones

que los conductos originales, también deben de ser capaces de unirse mediante accesorios como tees, tuercas cónicas, etc.

3.2.2.3 Válvulas.

Las permitirán manipular el paso del combustible hacia el sistema, teniendo en cuenta que serán de un flujo aproximado al que circula por las líneas originales del tractor, de diámetro similar a la tubería, y que puedan ser operadas manualmente, es decir, que se facilite su manipulación.

3.2.2.4 Manguera para combustible.

En algunas conexiones es necesario contar con más flexibilidad, por lo tanto la utilización de manguera para la circulación del combustible ayudara a crear cierta flexibilidad, tomando en cuenta el diámetro de los conductos a los que se va a unir.

3.3 Diseño del medidor electrónico de consumo de combustible.

De acuerdo al desempeño del sistema manual en mediciones realizadas con el tractor trabajando en campo, a los componentes del prototipo manual se le adapta los siguientes accesorios para el sistema electrónico:

3.3.1 Sensor de Nivel.

El sensor de nivel deberá ser de tipo sonda, es decir, que pueda introducirse al recipiente que usaremos para abastecer el combustible al sistema, para así registrar el nivel de combustible en intervalos muy cortos, de tal forma que la medición sea precisa.

3.3.2 Electroválvulas.

Para las electroválvulas, se seguirán las especificaciones que se mencionaron en las válvulas del medidor manual. Tomando en cuenta que la

carga que proporciona la batería del tractor es de 12 V., se sugiere sean de ese voltaje. Otro factor que se debe analizar es si deben ser monoestables o biestables.

3.3.3 Controlador Lógico programable.

El PLC debe de tener una alimentación de corriente similar a la carga proporcionada por la batería del tractor, y contar con suficientes entradas y salidas para las electroválvulas, el sensor de nivel, etc.

La dimensión y el peso deben ser considerados, de tal forma que sea posible la implantación en el tractor.

3.3.4 Accesorios para acoplamiento de los componentes en el tractor.

Se deberá diseñar una base para poder acoplar el recipiente o el componente que alimentará al sistema de combustible del tractor, debiendo ser capaz de soportar el peso del combustible y el sensor de sonda que introduciremos.

Otro accesorio será el que utilizaremos para montar el PLC. Se sugiere que este al un lado del operador, para que pueda ir tomando las mediciones o bien pueda arrancar el programa del PLC al momento que se decida.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo los criterios y especificaciones hechas en el diseño del medidor de combustible en el capítulo anterior, se tiene lo siguiente:

4.1 Componentes del medidor manual.

4.1.1 Sistema para medición del nivel de combustible.

Para sustituir el tanque de combustible del tractor se utilizó una probeta graduada de plástico transparente de 1 L. de capacidad.

La probeta fue montada a una altura mas abajo en relación al tanque de combustible, de manera que pueda ser llenada por diferencia de presión, se agujeró de la base para colocar un niple que permitiera unirla al sistema propuesto, así como orificios en los lados hexagonales de la base, para fijarla a la placa diseñada para su acoplamiento.

En la pre-evaluación del sistema manual, se generó un exceso de espuma dentro de la probeta imposibilitando la lectura del nivel, debido a que el conducto de retorno fue en un principio acoplado en la parte superior de la probeta, entonces se tomó la decisión de incluir un segundo recipiente con capacidad de 1L, que sería el encargado de recolectar el combustible que no es utilizado en la cámara de combustión y regresa al tanque de combustible del tractor.

La medición fue hecha tomando la lectura de un volumen conocido de la probeta, previamente el recipiente de retorno está vacío, entonces se pone a trabajar el tractor y después de cierto tiempo se detiene, el combustible que se recolectó en el recipiente de retorno se vacía nuevamente a la probeta, se toma una segunda medición del nivel de la probeta, entonces por diferencia de las dos lecturas se conocerá el consumo total de combustible en cierto tiempo.

La probeta servirá para el medidor manual y el medidor electrónico.

4.1.2 Líneas de conducción del combustible.

El material que se utilizó fue el cobre de 5/16", ya que nos presenta una ductilidad buena, belleza exterior y demás características mencionadas en la revisión de literatura.

Los accesorios necesarios fueron: tees de 5/16", tuercas cónicas de 5/16", etc., siendo necesario la aplicación de terminaciones cónicas a la tubería para facilitar la unión.

Los conductos y accesorios se podrán utilizar en ambos medidores.

4.1.3 Válvulas.

Se utilizaron 4 válvulas de bola de 5/16", estas cuentan con una palanca, facilitando así su operación de modo manual, además están roscadas en los extremos para facilitar el acoplamiento a los conductos.

Debido al problema que se tuvo con la medición de consumo de combustible en la etapa preliminar con la probeta, se hizo la distribución de las válvulas de la siguiente forma:

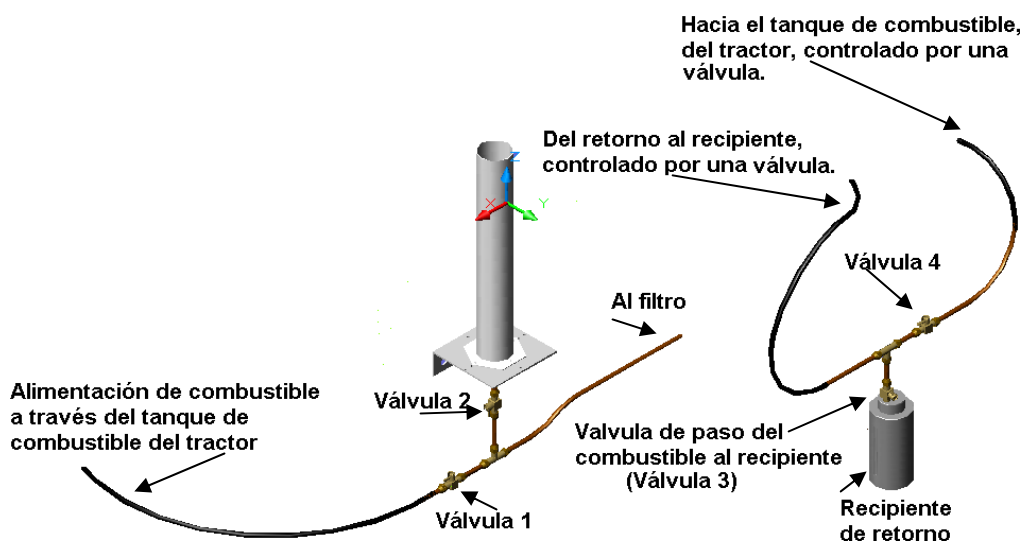


Figura 4.1 Diseño del medidor manual de consumo de combustible.

1. La primera válvula permite o bien obstruye el paso del combustible desde el tanque al sistema.
2. La segunda válvula esta ubicada por debajo de la probeta, de tal forma que permite que esta sea llenada por diferencia de presión, o bien que pueda alimentar el sistema propuesto, auxiliándose con una conexión tee.
3. La tercera válvula se colocó en el conducto de retorno, uniendo el recipiente destinado para la captación del retorno a través de una tee.
4. La cuarta válvula fue colocada después de la tee que une al recipiente de retorno con el sistema, de tal manera que cuando no se este midiendo el consumo de combustible la válvula se pueda quedar abierta, al igual que la primera válvula, para que el tractor pueda seguir funcionando sin ningún problema, o bien pueda ser usado para otras actividades.

Otro problema en cuanto a la operación de estas válvulas, fue que se necesito de la ayuda de por lo menos cuatro personas: el conductor, la persona que manipula las válvulas de entrada, la que acciona las válvulas de retorno y la persona que toma el tiempo, siendo de alto riesgo para las personas que manipulaban las válvulas, ya que era necesario colocarse en medio de las llantas del tractor y al mismo tiempo había variación en la sincronización de abertura y cierre de válvulas.

4.1.4 Manguera de combustible.

Se utilizó manguera fuel emisión para combustible de 5/16", logrando así mayor flexibilidad en puntos como por ejemplo: la unión del tanque de combustible con el sistema propuesto.

La manguera fuel emisión puede ser usada para los dos sistemas de medición de combustible.

4.2 Componentes del medidor de combustible electrónico.

4.2.1 Sensor de nivel.

Para el medidor electrónico, el sensor de nivel que se propone es el sensor de nivel leveltrak, debido a que tiene un sensor de sonda que puede introducirse en la probeta, donde por acción de pulsos proporcionara la lectura del nivel de combustible en distintos periodos de tiempo, pudiendo hacer una lectura cada 128 ms, según el programa que se elabore en el PLC.

4.2.2 Electroválvulas.

Para el medidor electrónico se utilizaran electroválvulas monoestables Balluff para gasolina y gas LP, modelo 111 de 12 V, las cuales resisten una presión de 0 a 30 psi, además de resistir las inclemencias del ambiente y altas temperaturas.

4.2.3 Controlador Lógico Programable.

El PLC que se sugiere es el S7- 300, por su amplia flexibilidad, además se caracteriza por lo fácil de sus labores de configuración y programación en el STEP 7.

Al igual se sugiere el modulo de contaje FM 350-2, ya que ambos equipos ofrecen la posibilidad que en un futuro se pueda ampliar el proyecto, para no solo cuantificar el consumo de combustible, sino que también puedan medirse otros parámetros importantes en la mecanización agrícola.

4.2.4 Accesorios para acoplamiento de los sistemas.

Los accesorios que fue necesario diseñar y construir fueron.

1. Una placa de 150 x 155 x 50 mm. con espesor de 3 mm, formando un ángulo de 90°.

2. Se aconseja construir un cajón para el montado del PLC, tomando en cuenta las dimensiones del PLC a utilizar, así como el espacio disponible en el tractor.
3. También será necesario construir una estructura que soportara el cajón del PLC.

4.2.5 Pre-evaluación del medidor de combustible manual.

Como ya se ha hablado de la pre-evaluación del medidor manual de consumo de combustible que sirvió de base para el diseño conceptual del medidor de consumo de combustible electrónico, el material que se utilizó fue:

1. Tractor New Holland 6810 Turbo.
2. Cronometro.
3. Arado New Holland ARH-803/ 3 discos.
4. Rastra integral John Deere.

Resultados utilizando el arado.

Cuadro 4.1 Consumo de combustible utilizando arado de discos.

Volumen de combustible (ml).	Tiempo (s).	Tasa de consumo de combustible (L/h).	motor (rpm) y marcha utilizados.	Media del CC c/carga y s/carga (L/h).
90	52,13	6,22		
70	54,50	4,62	Con carga	5,66
90	52,67	6,15		
60	54,10	3,99		
50	47,58	3,78	Sin carga	3,84
50	48,15	3,74		

Resultados con rastra.

Cuadro 4.2 Consumo de combustible utilizando rastra integral.

Volumen de combustible (ml)	Tiempo (s)	Tasa de consumo de combustible (L/h)	Velocidad del motor (rpm) y marcha utilizados
30	48,46	2,23	Con carga
10	52,69	0,68	Sin carga

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los objetivos y a la hipótesis planteada en esta investigación se concluye lo siguiente

- Fue posible el diseño y la construcción del medidor manual para determinar el consumo de combustible en tractores agrícolas.
- Fue posible el diseño conceptual del medidor electrónico para determinación del consumo de combustible.
- Es necesario recabar más información para tomar una buena decisión en cuanto a la elección del PLC, para economizar la construcción del medidor electrónico de consumo de combustible.
- Es de suma importancia llevar acabo la construcción y evaluación del sistema propuesto para comprobar y/o rechazar lo afirmado en este trabajo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- García Moreno, Emilio (2001). "Automatización de procesos industriales", Universidad politécnica de Valencia, editorial alfaomega, México.
- Gaytán Tomas, Cadena Martín & De la Peña Elizabeth. (2005). "Evaluación del Desempeño y Calidad de trabajo del Tractor Víctor 300". Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Harpe E. R., Lyne P. W. L. & Hansen A. C. (1998). "Simtrans: un modelo de computadora para predecir la realización de los tractores en superficies duras". Universidad de KZN (Sur de África).
- Levy W., (1967). "el petróleo en México y en el mundo", consejo nacional de ciencia y tecnología, México.
- Liljedahl, J. B., Carleton, W. M., Turnquist, Paul K., Smith, David W. (1984). "Tractores diseño y funcionamiento", editorial Limusa, México.
- Luna (2004). "Diseño, Construcción y Calibración de una celda de carga monolítica tipo anillo circular enfocada a pruebas en la barra de tiro del Tractor Agrícola". Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Macías S.A., Ramos Z. J. (2002). "medición del consumo de combustible bajo distintas tareas de producción", Universidad de Granma. Cuba.
- Manual Siemens (2002). "Para soluciones de automatización centradas en ingeniería de fabricación, simatic S7-300"

- Manual Siemens (2003). "FM 350-2 counter function module, installation and parameter assignment"
- Murillo Soto F. (1985). "Equipo Agrícola Selección y Administración" 1ª Edición, Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto, Tecnológico de Costa Rica.
- Palma, Rosas B. (2006). "Rediseño Conceptual y Adaptación de una Zanjadora a una Motosegadora 650. Tesis, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- Shingley Joseph, Edgard / Mischke Charles R., (2002) "Diseño en Ingeniería Mecánica" Editorial Continental, México.
- Smith D.W., Sims B.G., O'Neal D.H., (1994) "Principios y practicas de prueba y evaluación de maquinas y equipos agrícolas". Boletín de servicios agrícolas de la FAO 110, Roma, Italia.
- T. Cardoso (2005) "Controlador Lógico Programable", Universidad de las palmas de gran canaria, España.
- Upadhyaya S. K., Lancas K. P, Santos A. G. and N. S. Raghuwanshi (2004). "Evaluation of one-pass tillage equipment versus conventional tillage system", Universidad de California.
- Yilmaz E. (2004). "Motor, Servicio del sistema de dinamómetro y medición del Consumo de Combustible". University of Mayrland Eastern.

PAGINAS WEB

AFC (2004). En su página web: <http://www.afcvalves.com/main.html>, Consultada el 25 de noviembre de 2006.

Asociación Nacional de la industria Química, (2006) "Aplicaciones del PVC", en su página web: <http://www.aniq.com>. Consultada el día 12 de marzo de 2006.

Gates de México, en su página web: <http://www.gates.com.mx/seccion02.asp?segundonivel=12&subseccion=2> Consultada el 12 de noviembre de 2006.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Probeta_\(qu%C3%ADmica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Probeta_(qu%C3%ADmica)) , Consultada el 12 de Mayo de 2006.

http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20 Consultada el día 28 de Octubre de 2006.

<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpZEEVZkykdDoJLQLH.php> Consultada el día 12 de noviembre de 2006.

<http://www.lasber.com/es/productos.php>. Consultada el día 10 de octubre de 2006.

<http://www.prodigyweb.net.mx/degcorp/Quimica/Cobre.htm>). Consultada el día 7 de octubre de 2006.

http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PROGRAMACION/GRAF CET/grafcet.htm). Consultada el día 13 de noviembre de 2006.

http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PROGRAMACION/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION/CONTACTOS/contactos.htm). Consultada el día 13 de noviembre de 2006.

Ifm electronic (2006). En su página web, <http://www.ifm.info/ifmmx/web/dsfs!LK1023.html>). Consultada el 10 de octubre de 2006.

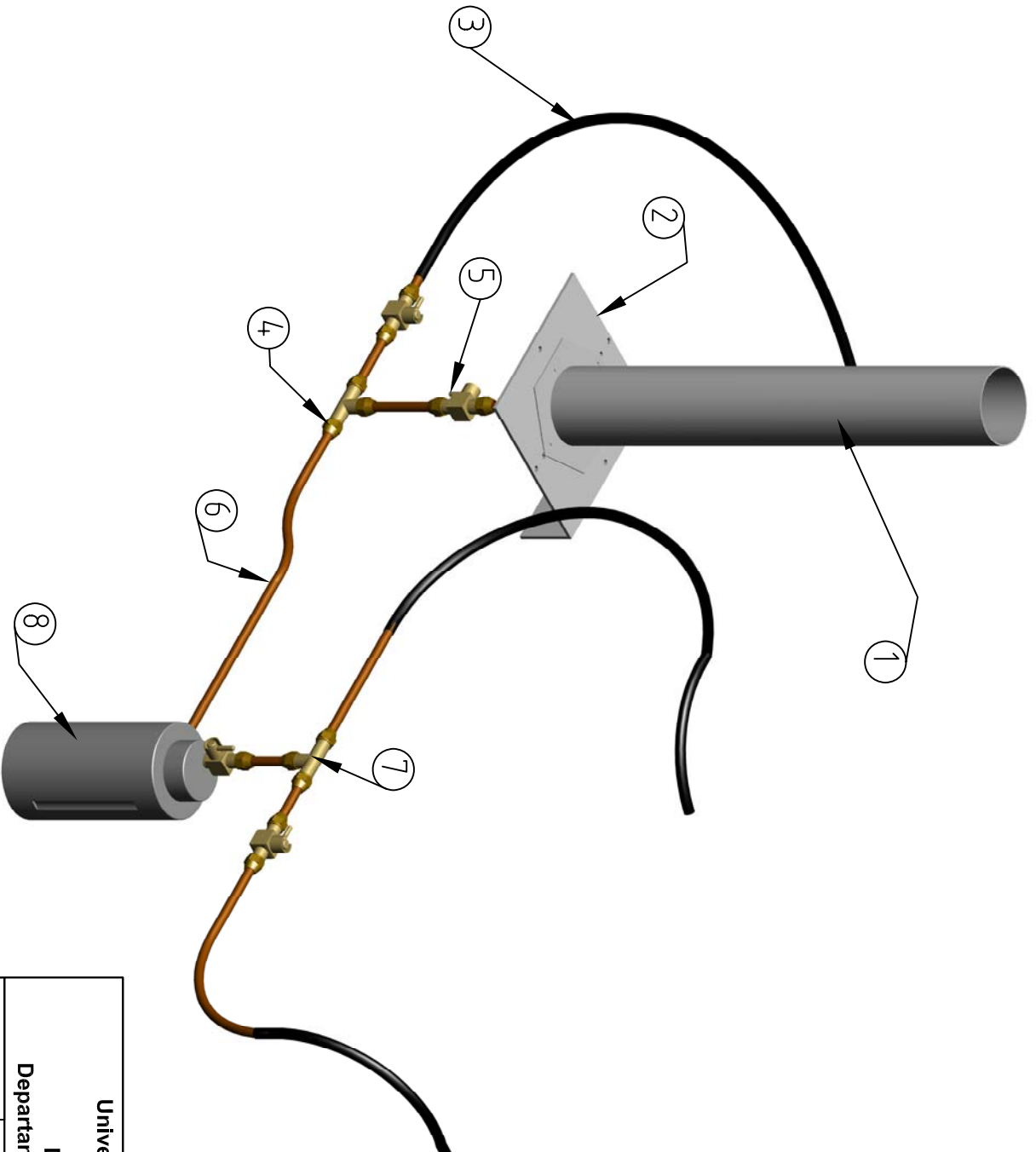
Inifap (2006). "Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA)" en la pág. www.inifap.gob.mx. Consultada el día 25 de mayo de 2006.

King Engineering Corp. (2003). En su página web: <http://www.king-gage.com>. Consultada el 10 de octubre de 2006.

Maprinca, Cafivi y Teive, "Válvula de bola flotante" en su página: <http://www.mctca.com/flotante.htm>. Consultada el día 24 de Abril de 2006.

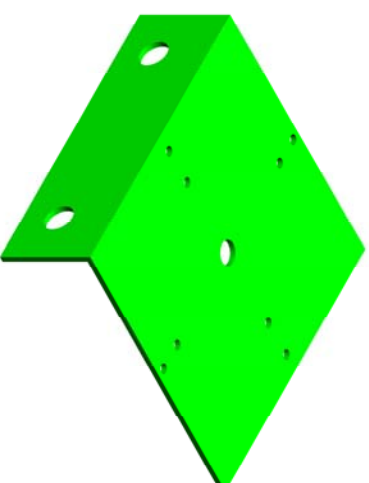
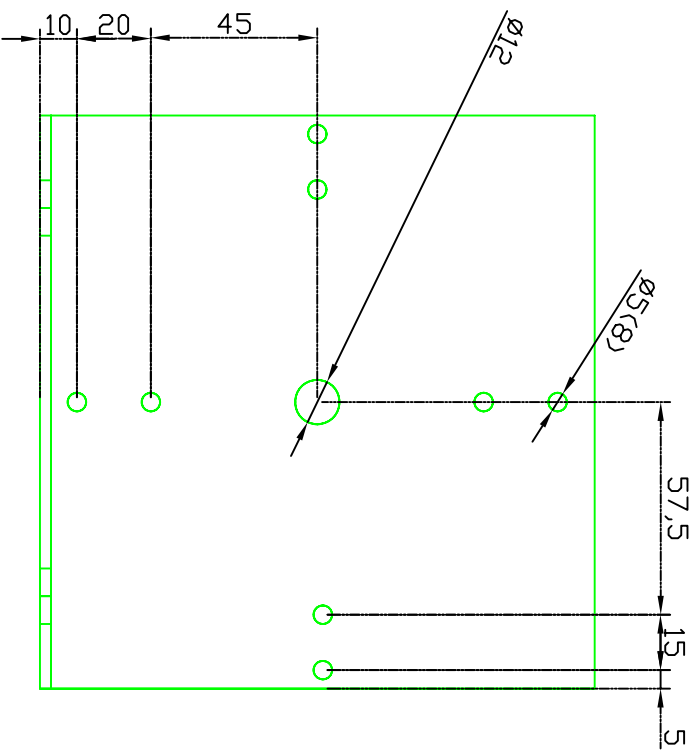
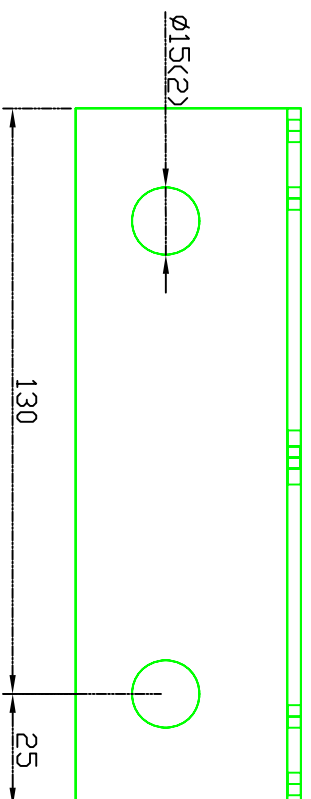
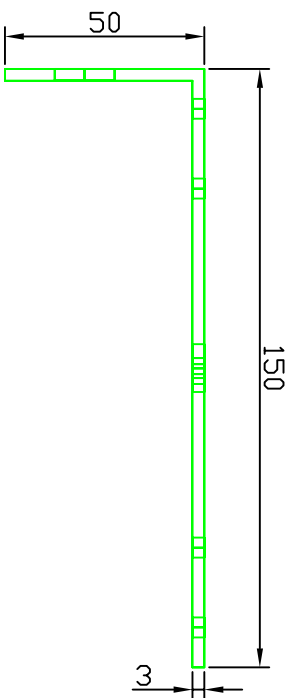
ANEXO A

ANEXO B



LISTA DE MATERIALES	
1	Probeta graduada de 1000 ml.
2	Placa base. (ver plano 2)
3	Manguera fuel emision de 5/16"
4	Tuerca conica para gas de 5/16" (12)
5	Llave de bola de 5/16" (4)
6	Tubo de cobre de 5/16" (9)
7	Conexion "T" de 5/16" (2)
8	Recipiente de retorno de 1000 ml.

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Ingeniería Departamento de Maquinaria Agrícola			
Cantidad:	Nombre del dibujo:	Numero:	
1	Arreglo basico de un medidor manual	1	
Dibujo:	Reviso:		
Elias Hernandez Garcia	M.C. B. Elizabeth de la Peña C.		
Escala:	Cota:	Fecha:	
S/E	Milímetros	22 - Noviembre - 06	



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"
División de Ingeniería
Departamento de Maquinaria Agrícola

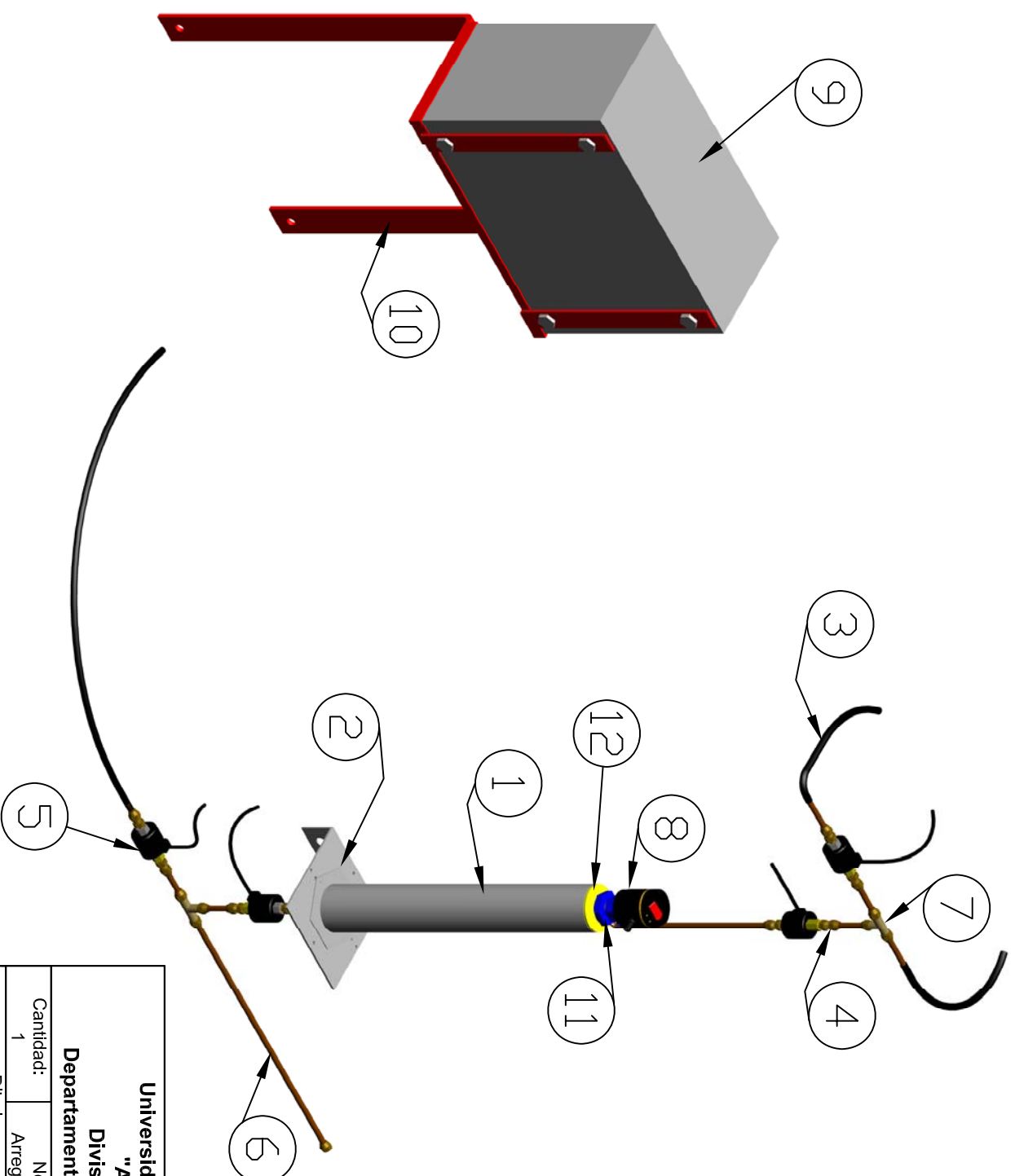
Cantidad:	Nombre del dibujo:	Numero:
1	Placa base	2

Dibujó:	Revisó:
Elias Hernández Garcia	M.C. B. Elizabeth de la Peña C.

Escala:	Cota:	Fecha:
S/E	Milímetros	22 - Noviembre - 06

LISTA DE MATERIALES

1	Probeta graduada de 1000 ml.
2	Pieza base (ver plano 2)
3	Manguera fuel emision de $\frac{5}{16}$ "
4	Tuerca conica para gas de $\frac{5}{16}$ " (14)
5	Electrovalvula $\frac{5}{16}$ " (4)
6	Tubo de cobre de $\frac{5}{16}$ " (10)
7	Conexion "T" de $\frac{5}{16}$ " (2)
8	Sensor de nivel Leveltrak
9	Cajon para PLC. (ver plano 4)
10	Estructura para cajon del PLC. (ver plano 5).
11	Tuerca especial para sensor de nivel
12	Tapon de probeta
13	Niple $\frac{5}{16}$ " para electrovalvula



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

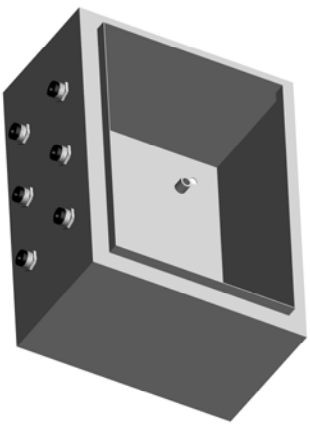
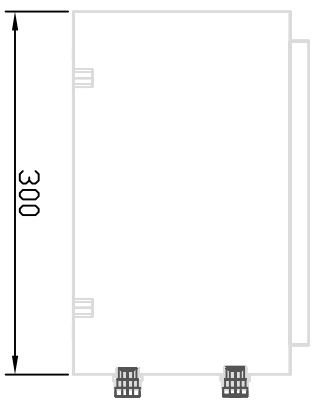
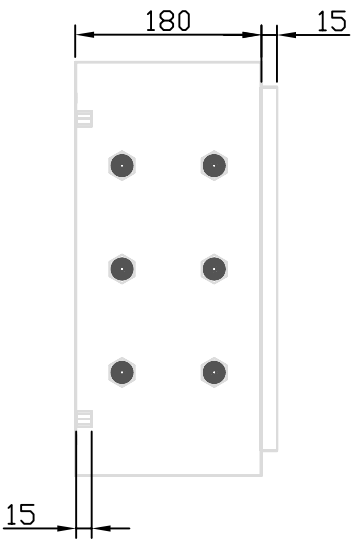
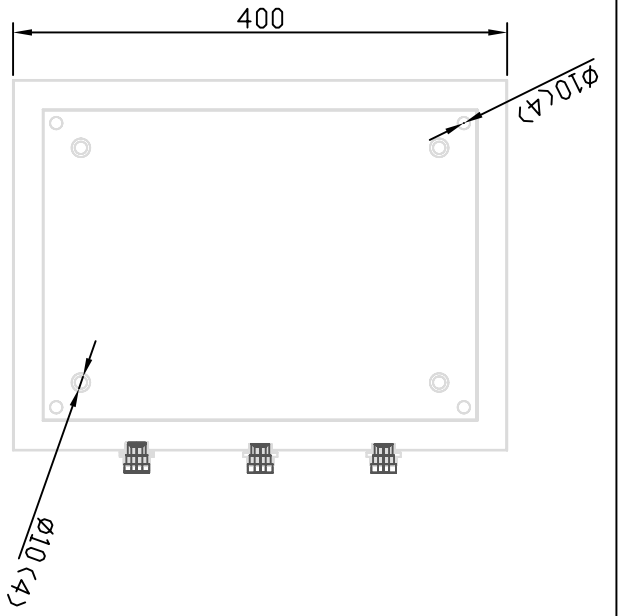
División de Ingeniería

Departamento de Maquinaria Agrícola

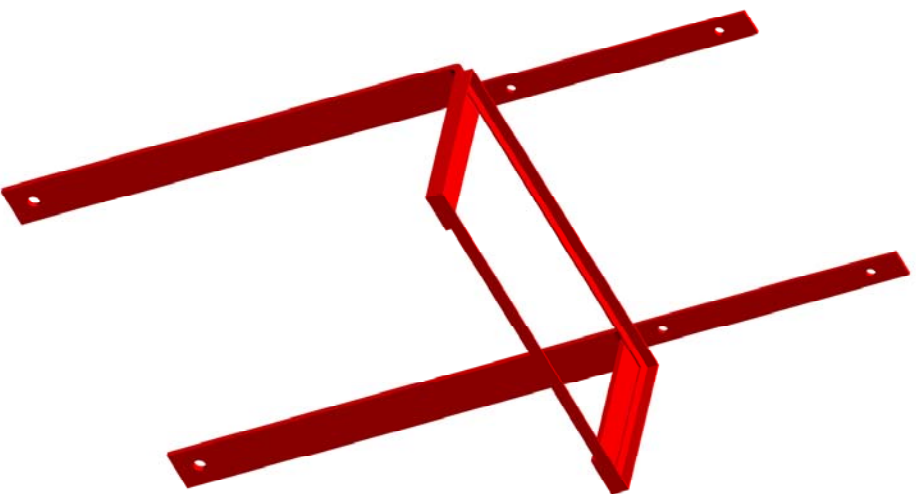
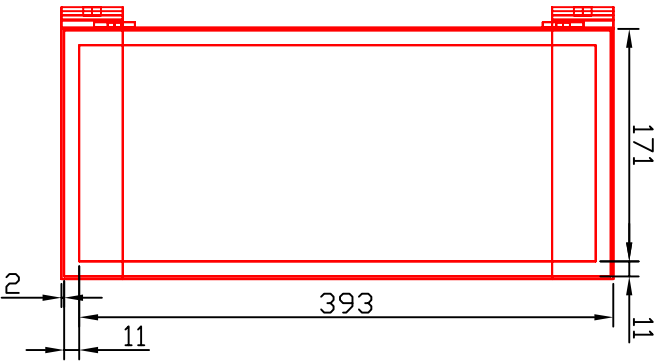
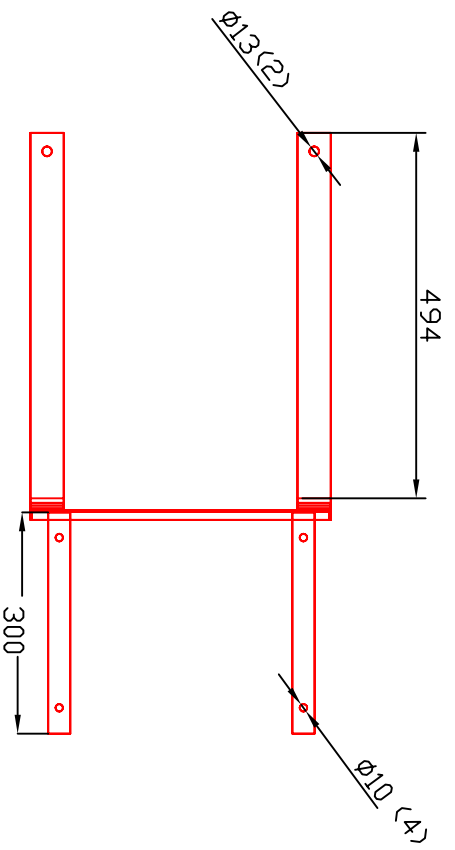
Cantidad: 1 Nombre del dibujo: Arreglo general propuesto Numero: 3

Dibujo: Elias Hernández García Revisor: M.C. B. Elizabeth de la Peña C.

Escala: S/E Cota: Milímetros Fecha: 22 - Noviembre - 06



Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Ingeniería Departamento de Maquinaria Agrícola			
Cantidad:	Nombre del dibujo:	Numero:	
1	Cajon para PLC.	4	
Dibujó:		Revisó:	
Elias Hernández García		M.C. B. Elizabeth de la Peña C.	
Escala:	Cota:	Fecha:	
S/E	Milímetros	22 - Noviembre - 06	



Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Ingeniería Departamento de Maquinaria Agrícola			
Cantidad:	Nombre del dibujo:	Numero:	
1	Estructura para cajon del PLC	5	
Dibujo:		Reviso:	
Elias Hernández Garcia		M.C. B. Elizabeth de la Peña C.	
Escala:	Cota:	Fecha:	
S/E	Milímetros	22 - Noviembre - 06	