

Manual de construcción y uso de **Reactor para producción de biodiésel** a pequeña escala

Serie Manuales 37

Fernando Acosta, Paula Castro, Elsa Cortijo



Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala

Fernando Acosta, Paula Castro, Elsa Cortijo

Acosta, Fernando

Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala/ Fernando Acosta, Paula Castro, Elsa Cortijo. - Lima: Soluciones Prácticas-ITDG; 2008

p. 54

ISBN: 978-9972-47-158-2

BIOMASA/ CULTIVOS ENERGÉTICOS / ENERGÍA DE LA BIOMASA / FUENTES DE ENERGÍA / BIODIÉSEL / TECNOLOGÍAS APROPIADAS / ACEITES Y GRASAS / METANOL / ALCOHOL / AGUA / CONSTRUCCIÓN / EQUIPO / INSUMO PRODUCTO / COMBUSTIBLES / TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA / ENERGÍA / CATALIZADOR / CONTROL DE CALIDAD/ USOS / PERÚ

224.3/ C28A

Clasificación SATIS. Descriptores OCDE

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2008-06519

Primera edición: 2008

©Soluciones Prácticas-ITDG

Razón social: Intermediate Technology Development Group, ITDG

Domicilio: Av. Jorge Chávez 275, Miraflores. Casilla postal 18-0620 Lima 18, Perú

Teléfonos: (51-1) 444-7055, 446-7324, 447-5127 Fax: (51-1) 446-6621

Correo-e: info@solucionespracticas.org.pe <http://www.solucionespracticas.org.pe>

Autores: Fernando Acosta, Paula Castro, Elsa Cortijo

Revisión: Javier Coello, Jorge Elliot

Colaborador: José Chiroque

Coordinación: Alejandra Visscher

Corrección de estilo: Dante Oliva, Jaime Vargas Luna

Diseño y diagramación: Axigraf

Supervisión gráfica: Carmen Javier

Impreso por: Forma e Imagen

Impreso en el Perú, junio 2008

Índice

1. Introducción.....	7
2. Conceptos generales.....	7
2.1. ¿Qué es el biodiésel?.....	7
2.2. Ventajas del biodiésel	7
3. Insumos y suministros.....	8
3.1. Aceite.....	8
3.2. Alcohol.....	8
3.3. Catalizador.....	8
3.4. Agua	8
3.5. Energía	8
3.6. Insumos opcionales.....	8
4.- Descripción de los equipos.....	8
5.- Construcción del equipo	10
5.1. Construcción del tanque de metóxido.....	10
5.2. Construcción del reactor.....	14
5.3. Construcción del condensador	14
5.4. Construcción de la estructura.....	15
5.5. Instalación de las tuberías.....	15
5.6. Construcción de decantador, sistema de purificación y secado	17
5.7. Instalación del sistema eléctrico	19
6. Operación de la planta y seguridad.....	20
6.1. Aceite usado; pretratamiento.....	20
6.1.1. Recepción.....	20
6.1.2. Filtrado.....	21
6.1.3. Almacenamiento y sedimentación de sólidos finos.....	22
6.1.4. Determinación de la humedad	22
6.1.5. Secado del aceite	22
6.1.6. Determinación de la acidez.....	22
6.1.7. Neutralización del aceite	23
6.2. Transesterificación.....	23
6.3. Control de calidad del proceso de transesterificación	24
6.4. Postratamiento del biodiésel (lavado, secado y filtrado).....	25
6.4.1. Lavado.....	25
6.4.2. Secado	25
6.4.3. Filtrado.....	26
6.5. Manejo de insumos químicos.....	26
6.5.1. Ropa y equipamiento de seguridad.....	26
6.5.2. Compatibilidad de materiales	26
7. Solución de problemas frecuentes.....	26
8. Anexos.....	31
Anexo 1: Estándares de calidad del biodiésel según normas técnicas internacionales y nacionales.....	31
Anexo 2: Cartillas de seguridad de insumos químicos utilizados en la producción de biodiésel	32
Metanol	32
Hidróxido de potasio (KOH).....	38
Hidróxido de sodio (NaOH).....	43
Anexo 3: Plano general del reactor.....	47
Anexo 4: Tanque de metanol A.....	48
Tanque de metanol B.....	49
Anexo 5: Reactor A.....	50
Reactor B.....	51
Anexo 6: Soporte de reactor	52

ABREVIATURAS EMPLEADAS

ACGIH:	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.
ASTM:	American Society for Testing Materials (Sociedad Estadounidense para pruebas de materiales).
CAS:	Chemical Abstracts Service (Servicio de Abstractos Químicos de EE UU).
cm:	Centímetro.
CO:	Monóxido de carbono.
CO ² :	Dióxido de carbono.
DIN:	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).
EPA:	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección al Medio Ambiente, EE UU).
gr:	Gramos.
GAL:	Galones.
HDPE:	High-density polyethylene (Polietileno de alta densidad).
Hg:	Mercurio.
HHAG:	Grupo de Evaluación de la Salud Humana.
hp:	Caballo de fuerza.
IARC:	Agencia Internacional para las Investigaciones sobre el Cáncer.
J:	Joule.
KOH:	Hidróxido de Potasio.
l:	Litros.
máx:	Máximo.
mg:	Miligramos.
mín:	Mínimo.
ml:	Mililitros.
mm:	Milímetros.
mm ² :	Milímetros cuadrados.
MSHA:	Administración de Salud y Seguridad de Minas (EE UU).
NAERG:	Guía Norteamericana de Respuestas a Emergencias.
NaOH:	Hidróxido de sodio.
NCI:	Instituto Nacional de Cáncer (EE UU).
NFPA:	Asociación Nacional para la Protección contra los Incendios (EE UU).
NIOSH:	Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacionales (EE UU).
NTP:	Programa Nacional de Toxicología (EE UU).
OSHA:	Administración de Salud y Seguridad Ocupacionales (EE UU).
PNTP:	Proyecto de Norma Técnica Peruana.
ppm:	Partes por millón.
Pulg:	Pulgadas.
rpm:	Revoluciones por minuto.
SO _x :	Óxidos de azufre.
TLV:	Valor umbral límite.
W:	Vatios.

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe los pasos para construir un reactor que permita producir 50 litros de biodiésel por lote. Este diseño se realizó en el marco de un trabajo conjunto llevado a cabo entre la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y el organismo de cooperación técnica internacional Soluciones Prácticas - ITDG, quienes vienen integrando esfuerzos desde el año 2003 en el desarrollo de modelos tecnológicos apropiados para la producción de biodiésel en zonas alejadas y con difícil acceso a combustibles líquidos.

El reactor que se describe en este manual es de tipo *batch*, y puede ser utilizado por pequeños productores de biodiésel con niveles máximos de producción de hasta 50 toneladas al año; fue diseñado en la UNALM, donde viene siendo utilizado regularmente. También veremos una lista de accesorios que debe tener el sistema para complementar el circuito que debe seguir el biodiésel en todo el proceso de producción.

Este manual está dirigido a todo interesado en la producción de biodiésel a pequeña escala, que cuente con la materia prima para producirlo. También es un documento que puede ser tomado como referencia para la construcción de un reactor para producción a pequeña escala, pudiéndose reemplazar materiales o modificar algunas partes o accesorios de acuerdo con el material que se tenga a disposición.

2. CONCEPTOS GENERALES

2.1. ¿Qué es el biodiésel?

Es un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, como aceites vegetales, empleado en motores de ignición de compresión, tanto como en calderas de calefacción. Dicho en términos más simples: el biodiésel es un combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales o grasas animales; asimismo, puede ser utilizado como sustituto o aditivo del diésel 2 convencional. El término *bio* hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; por su parte, *diésel* alude a su uso en motores de este tipo.

2.2. Ventajas del biodiésel

Respecto a la disminución de la contaminación del aire, dos son los principales efectos del uso del biodiésel: la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente de CO_2 , y la reducción de la mayoría de emisiones tóxicas o contaminantes. Dado que en el Perú el sector transporte constituye la principal fuente de estas emisiones, la producción de biodiésel está orientada a la mejora de las características de estas emisiones, reemplazando total o parcialmente el diésel convencional empleado por vehículos automotores.

El diésel y el biodiésel, a lo largo de todo su ciclo de vida, producen cantidades similares de CO_2 . La gran diferencia radica en que la mayor parte del CO_2 emitido por el segundo ha sido fijado previamente por las plantas oleaginosas utilizadas para su producción, que a lo largo de su vida han consumido mayor cantidad de CO_2 que la que emitirán una vez convertidas en biodiésel. Incluso, diversos estudios señalan que el biodiésel emite, finalmente, menos CO_2 que el fijado mediante el proceso de fotosíntesis por estas mismas plantas oleaginosas. Por ello, es posible afirmar que sustituyendo o complementando el diésel con el biodiésel se puede ayudar a combatir uno de los principales efectos del uso de combustibles fósiles: el problema del cambio climático.

El biodiésel, al ser un combustible oxigenado y no contener azufre, tiene una combustión más completa que su antecesor y, por ello, una composición notoriamente mejor en sus emisiones. Asimismo, el biodiésel, aún usado en mezclas de solo 10% por 90% de diésel convencional, reduce notablemente las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), compuestos aldehídicos como el formaldehído y el acetaldehído y, prácticamente, elimina las emisiones de benceno, que es un peligroso compuesto cancerígeno. La combustión del biodiésel produce menos humo visible y menos olores desagradables que su antecesor derivado del petróleo, por lo que su uso como sustituto o complemento del diésel puede contribuir a disminuir la polución del aire y los riesgos a la salud pública relacionados con ella.

3. INSUMOS Y SUMINISTROS

3.1. Aceite

El aceite es el principal insumo para la producción de biodiésel. Puede ser producido a partir de cualquier aceite o grasa de origen orgánico (animal o vegetal), incluyendo aceites residuales ya usados en frituras o recuperados de trampas de grasas, etc. Sin embargo, de la calidad de este insumo dependerá la necesidad de un pretratamiento más o menos complejo que hará el proceso más o menos caro. No es posible elaborar biodiésel a partir de aceites minerales como los lubricantes.

3.2. Alcohol

Se emplea alcohol metílico o metanol de 95% de pureza. La cantidad requerida para la elaboración de biodiésel es de aproximadamente el 15% ó 20% del volumen de aceite a procesar. Esta sustancia es tóxica cuando se ingiere, se inhala o tiene contacto con la piel, es altamente inflamable y arde con llama incolora. Su manipulación debe hacerse tomando todas las precauciones del caso.

De hecho, también se puede utilizar alcohol etílico o etanol, siempre y cuando sea anhidro o tenga una pureza de 99.5%.

3.3. Catalizador

El catalizador puede ser hidróxido de sodio (NaOH, soda cáustica) o hidróxido de potasio (KOH, potasa cáustica), de grado industrial, en escamas o en perlas. Se ha preferido el hidróxido de potasio pues presenta ventajas al momento de disolverlo en el alcohol: favorece una transformación más completa del aceite en biodiésel, en caso se desee purificar la glicerina para su venta; permite obtener un subproducto utilizable como fertilizante (fosfato de potasio); en caso de trabajar con grasas, la glicerina se mantiene en estado líquido al enfriar, mientras que el NaOH se solidifica y hace difícil su separación del biodiésel por decantación en el reactor.

La cantidad a aplicar de catalizador depende de la acidez del aceite a tratar. Tanto el NaOH como el KOH son corrosivos para diversos materiales, y resultan irritantes para la piel y las mucosas.

3.4. Agua

Se requiere agua corriente para el proceso de lavado del biodiésel. El efluente resultante es alcalino y tiene un contenido significativo de jabones, grasas y trazas de metanol.

3.5. Energía

Se necesita energía eléctrica (monofásica o trifásica, de 220 voltios) para los motores, bombas y otros equipos utilizados en el proceso de producción.

3.6. Insumos opcionales

Si de acuerdo con la normatividad nacional fuera necesario tratar el efluente antes de descargarlo al desagüe, se requerirá de sulfato de magnesio como floculante. También se puede utilizar una trampa de grasa para separar las emulsiones formadas durante el proceso de purificación.

Asimismo, para la neutralización y parcial purificación de la glicerina se requiere ácido fosfórico. Este ácido también puede ser utilizado para facilitar y mejorar los resultados de la tapa de lavado del biodiésel, aunque no resulta imprescindible.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

Tal como lo indican la *Tabla 1* y el *Gráfico 1*, el sistema cuenta con dos módulos, el reactor y un purificador; además de los tanques de almacenamiento de insumos químicos. A continuación, describiremos brevemente las partes.

El tanque de almacenamiento de aceite (T1) puede ser un cilindro de metal o de HDPE vertical abierto y con una tapa y un suncho, que sirve para limpiar y eliminar los restos de sólidos que queden en el aceite después de filtrarlo en el momento del almacenamiento. Por su parte, el tanque de metanol (T2) es el cilindro en el que venden el metanol industrial, que debe mantenerse siempre en un lugar fresco y seco, bajo sombra, y alejado de cualquier lugar donde se puedan generar chispas.

Los tanques T3 y T4 pertenecen al reactor. El primero es el tanque de producción de metóxido, que es donde se prepara el catalizador, y el segundo es el reactor en sí, donde se realiza el proceso de la transesterificación. Este cuenta con un panel eléctrico que controla los motores de agitación y la resistencia del reactor. Tal como se aprecia en el **Gráfico 2**, el panel tiene un display eléctrico, que marca la temperatura actual dentro del reactor, así como un sistema manual para fijar la temperatura máxima a la que el termostato deberá desconectar la resistencia. También están los tres interruptores de encendido y apagado de los motores (M1 para el tanque de metóxido, M2 para el reactor principal) y de la resistencia (R1). Cuando alguno de ellos está encendido se prende la luz roja inmediatamente superior. Finalmente, para seguridad de los equipos, se cuenta con tres fusibles, uno para cada motor y uno para la resistencia.

Tabla 1: Relación de equipos para la planta de biodiésel

Código	Descripción	Cantidad	Tamaño	Material
T1	Tanque de aceite	1	200 L	Acero o HDPE
T2	Tanque de metanol	1	200 L	Acero
T3	Tanque de metóxido	1	15 L	Acero inoxidable 304
T4	Reactor	1	70 L	Acero inoxidable 304
T5	Decantador	1	200 L	Acero
T6	Tanque de lavado/secado	1	200 L	Acero
BM1	Bomba metanol	1	-	Fierro
BM2	Bomba manual aceite	1	-	Fierro
B1	Bomba de transferencia	1	-	Fierro
F1	Filtro	1	-	HDPE, celulosa
C1, C2	Panel eléctrico	2	-	Metal
V1 - V13	Válvulas	13	-	Acero inoxidable 304

Gráfico 1: Esquema de la planta de producción de biodiésel

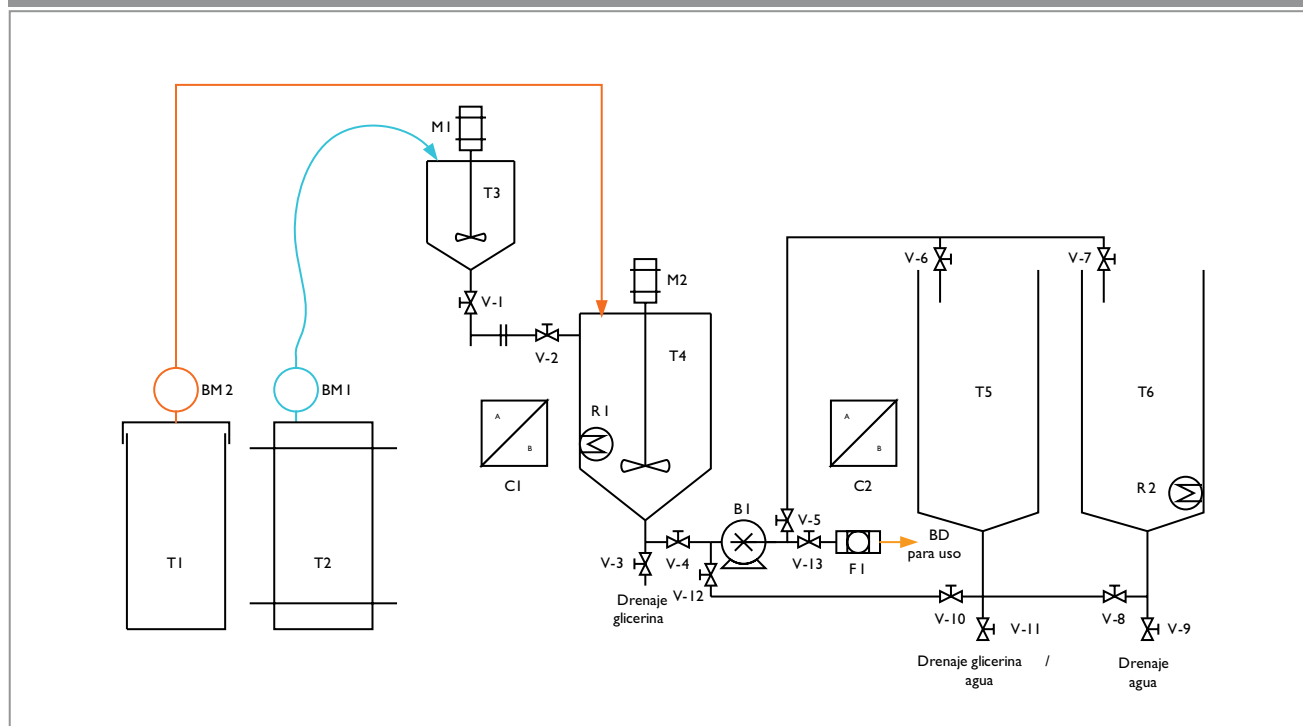
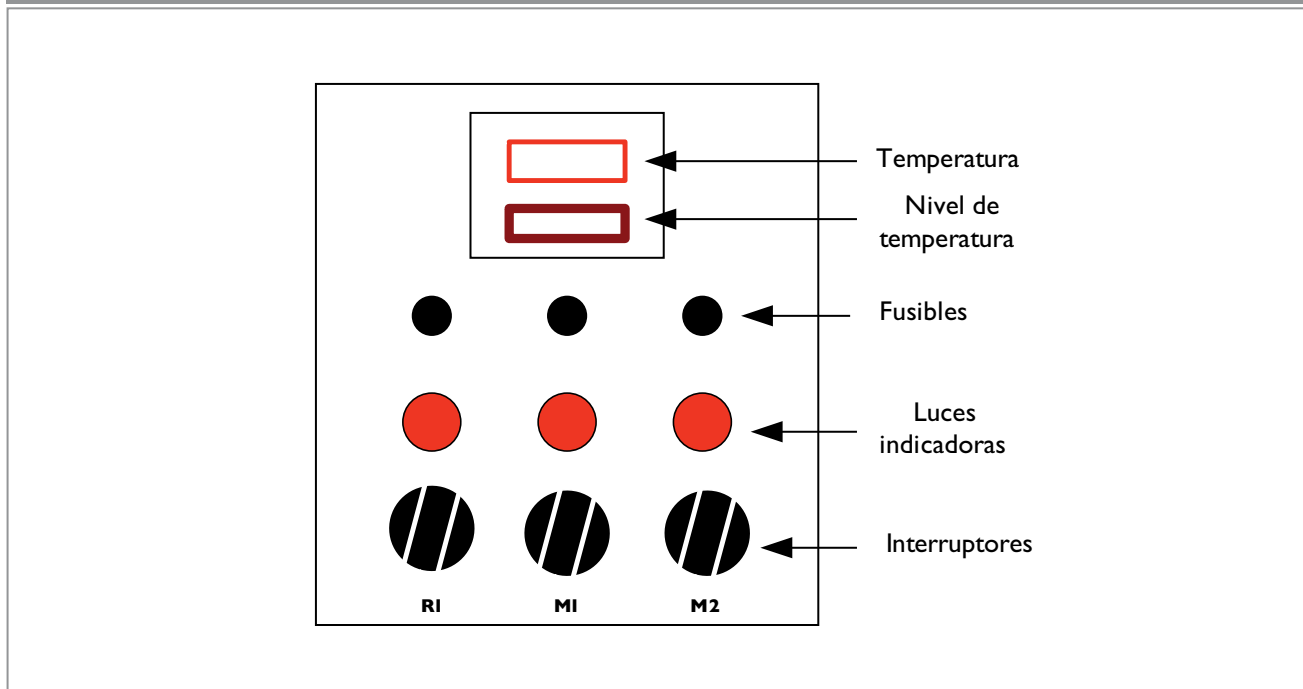


Gráfico 2: Panel eléctrico del reactor



Los tanques T5 y T6 pertenecen al módulo de purificación del biodiésel. Este módulo puede ser construido de manera opcional utilizando diferentes materiales. En el caso del equipo propuesto en este manual, el biodiésel producido por el reactor se trasvasa hacia ellos por la bomba B1. El primer tanque T5 puede ser utilizado como decantador, y el segundo tanque (T6) puede ser utilizado como lavador y secador. También los dos pueden usarse para cumplir las tres funciones. Es necesario preparar un panel eléctrico, que podría ser similar al utilizado en el módulo del reactor, para controlar la temperatura, las resistencias y la bomba.

5. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

La Tabla 2 muestra una lista de materiales que pueden utilizarse para la construcción del reactor, y sus características correspondientes. Algunas partes pueden construirse empleando otros materiales diferentes a los indicados, siempre y cuando sean compatibles con el biodiésel (Tabla 5) y los insumos que se necesitan para su elaboración. Es preferible trabajar con acero inoxidable para la construcción del reactor y no utilizar cobre, bronce, aluminio o fierro galvanizado, pues estos materiales no son compatibles con el biodiésel. Por último, la Tabla 3 muestra los materiales necesarios para construir la estructura y los tanques cónicos del sistema de purificación.

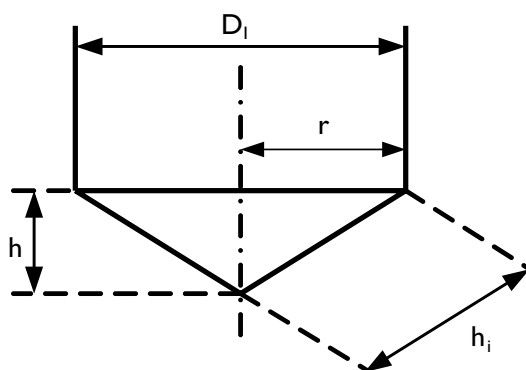
5.1. Construcción del tanque de metóxido

Se corta en la plancha de acero inoxidable un rectángulo de 785 *mm* por 290 *mm*, el cual se utilizará para la construcción del cilindro del tanque y, adicionalmente, se deberán preparar dos planchas circulares de 250 *mm* y 280 *mm* de diámetro, con las que se construirá la tapa y el cono del tanque.

Para la construcción del cono se mide y calcula el diámetro del borde exterior del cilindro. Esta medida es la más importante, por lo tanto tiene que ser precisa para evitar errores en los cálculos que se harán posteriormente para su construcción. En el Gráfico 3 se puede ver un esquema del fondo cónico, donde:

- D_1 es el diámetro del cilindro,
- r es el radio,
- h es la altura del cono, y
- h_i es la medida que indica el largo del cono o la altura inclinada.

Gráfico 3: Medidas del tanque y del cono



Para construir el cono, primero tenemos que hallar la medida de h_i , que se calcula mediante el teorema de Pitágoras:

$$h_i = \sqrt{r^2 + h^2}$$

h_i va a indicar el radio del círculo que deberá tener la plancha para construir el cono. La suma de $h_1 + h_i$ va a dar D_2 que es el diámetro del círculo que se debe hacer para construir el cono. En el Gráfico 4 se puede apreciar el corte que se debe hacer para poder preparar el cono antes de soldarlo.

Gráfico 4: Distancias de la circunferencia para formar el cono

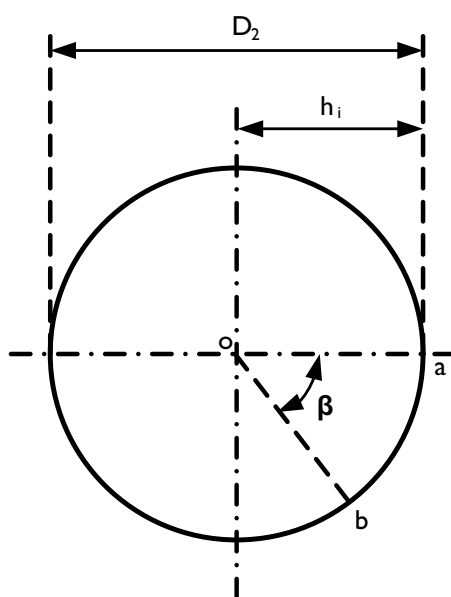


Tabla 2: Materiales necesarios para construir los reactores

N°	Concepto	Descripción	Dimensiones				Unidad	Cantidad
			Espesor	Largo	Ancho	Diámetro		
REACTOR								
1	Plancha	Acero inoxidable 304 L	2	2418	1219		mm	1
2	Tubería	Acero inoxidable 304 L				1/2"	pulgadas	1
3	Tubería	Acero inoxidable 304 L - cédula 10				4"	pulgadas	1
4	Varilla	Acero inoxidable 304 L				1/2"	pulgadas	1
5	Tee	Acero inoxidable 304				1/2"	pulgadas	3
6	Tapón	Acero inoxidable 304 macho				1/2"	pulgadas	1
7	Válvula	Acero inoxidable 304 de 2 cuerpos				1/2"	pulgadas	4
8	Tapón	Acero inoxidable 304 L, hembra				4"	pulgadas	2
9	Visor de nivel para caldera	Acero al carbón				1/2"	pulgadas	2
10	Tubo de cristal	Termo resistente, tamaño varia con tanque				1/2"	pulgadas	2
11	Tubo flexible	cobre				1/4"	pulgadas	1
12	Unión	Acero inoxidable 304 L		2"	1"	1/2"	pulgadas	10
13	Prisioneros	Acero inoxidable 304 L		2"		1"	pulgadas	4
14	Tornillos	Tornillo cabeza hexagonal, rosca total		1"		1/4"	pulgadas	
15	Tuercas	Hexagonal				1/4"	pulgadas	
16	Espiga	Acero al carbón				1/2"	pulgadas	4
17	Unión universal	Acero inoxidable 304				1/2"	pulgadas	1
ESTRUCTURA								
18	Ángulos	Alta resistencia grado 50 1.5x1.5x3/16	3/16"	6 m				3
19	Tubo de acero	ASTM A500		6,4 m		1 1/2"		1

Tabla 3: Materiales necesarios para construir el sistema de decantación y secador

N°	Concepto	Descripción	Dimensiones				Unidad	Cantidad
			Espesor	Largo	Ancho	Diámetro		
SISTEMA DE PURIFICACION								
20	Plancha de acero	ASTM A569	2	2400	1100		mm	2
21	Ángulos	Alta resistencia grado 50 2x2x3/16	3/16"	6 m				1
22	Tubo de acero	Serie estándar (S)				1/2"	pulgadas	1
23	Tee	Acero al carbón, roscada				1/2"	pulgadas	6
24	Unión universal	Acero al carbón, roscada				1/2"	pulgadas	2
25	Manguera	Vitón		6 m		1/2"		
26	Espiga	Acero al carbón				1/2"	pulgadas	4

Una vez preparada la pieza de diámetro D_2 se marca el centro, donde se colocará el niple para la tubería de descarga (punto o). Luego, para formar el cilindro del cono hay que calcular la sección del círculo que se tiene que eliminar para construirlo. Primero se debe calcular el perímetro del cilindro (P_1) y el del círculo con que se preparara el cono (P_2), ya que la base del cono debe tener exactamente el mismo diámetro, para lo que se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$P = D \times \pi$$

Una vez calculados los dos perímetros, se resta P_2 con P_1 , la diferencia de los perímetros (arco ab) nos va a indicar el sector que debe ser retirado del círculo para formar el cono. Por su parte, el ángulo del sector circular se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{ab}{P_2} \times 360$$

Una vez calculado, se procede a cortar el sector para formar el círculo. El volumen del cilindro (V_c) se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$V_c = \pi r^2 h$$

Por su parte, el volumen del cono (V_2) se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

Este mismo sistema de preparación del cono se va a utilizar también para la construcción del cono del reactor y de los tanques decantadores, lavadores y secadores. En el caso del tanque de metóxido se está escogiendo una altura del cono relativamente baja, con un ángulo de 29° . La altura del cono es de 63 mm desde la base del cilindro hasta la conexión con el niple. El conjunto del cilindro y el cono deben tener una altura aproximada de 353 mm .

Al momento de soldar el cono del tanque de metóxido hay que colocar y soldar una pequeña malla de acero inoxidable en su parte más estrecha, para impedir que el KOH o NaOH atoren la tubería, en caso el metóxido no se disuelva dentro del tanque. Luego, en el cono, se soldará una unión donde se colocará un niple.

En el cilindro, una vez soldado el cono, se mide y se marcan los lugares donde se harán los agujeros en los que irán los accesorios; se hacen los agujeros tomando las distancias que se indican en los Anexos 4 y 5 y se sueldan las uniones (hembra). Luego, con los sobrantes del metal, se preparan los soportes para los motores de acuerdo con lo que indican los planos del anexo señalado. Una vez terminados los soportes, se presentan con las tapas de los tanques T3 y T4 para marcar los lugares donde irán los pernos y donde se soldarán las tuercas.

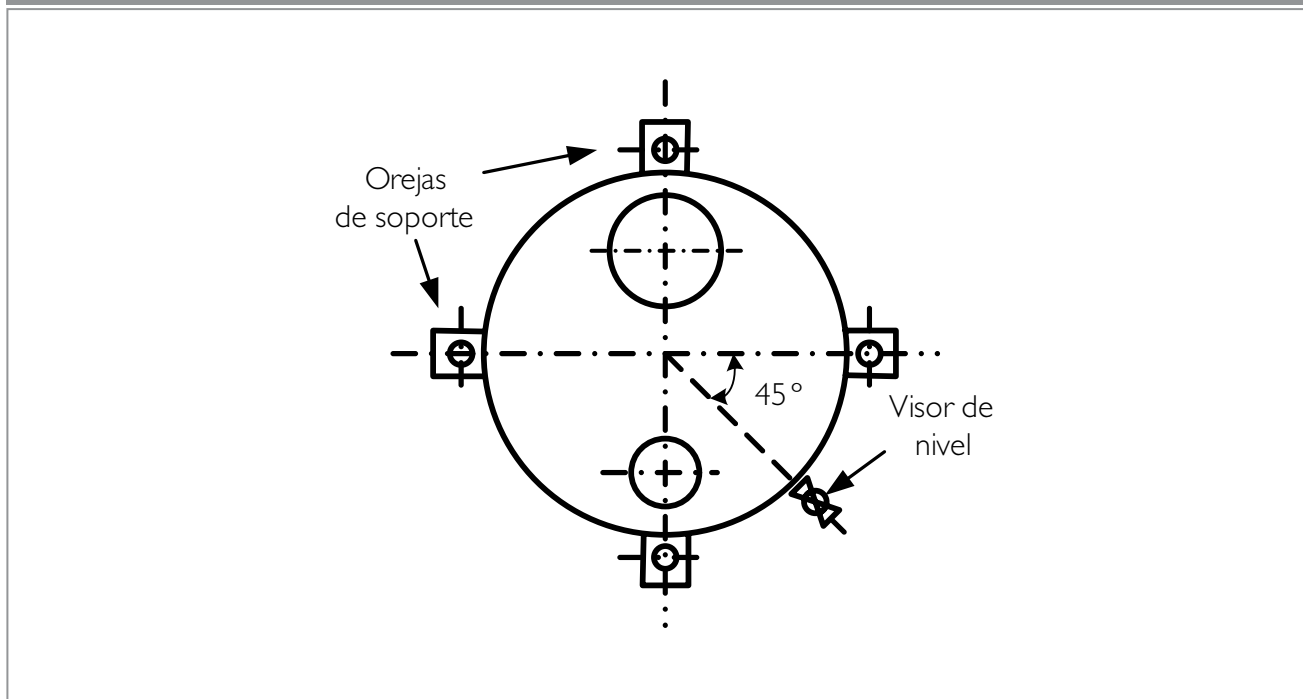
El motor se coloca en el soporte correspondiente. En caso los motores tengan dimensiones mayores, se trabajará tomando como referencia estas dimensiones para hacer un soporte adecuado. La inclinación de dicha plataforma tiene un ángulo para que no entre perpendicularmente en el reactor. Esta posición está dada para evitar la formación de un vórtice en el fluido, a fin de evitar que la mezcla pueda escapar por las tapas y que los tanques sean más altos.

Al eje del motor se le coloca un prisionero de acero inoxidable de $32.5 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ de largo, para sujetar una varilla de $\frac{1}{2}$ ". Con otro prisionero de las mismas dimensiones se prepara la aleta o el agitador; con un retazo de una plancha de acero inoxidable de 5 mm ; se cortan dos rectángulos de $50 \times 30 \text{ mm}$, los cuales se sueldan al prisionero con un ángulo de 45° . Este se sujeta a un extremo de la varilla, tal como se indica en los planos de los Anexos 4 y 5.

Antes de soldar las tapas se hace el agujero para el ingreso de productos, la tapa y el soporte donde irá el agitador. Junto con este último, además, se hacen los agujeros donde irán los pernos. Es preferible soldar las tuercas para los pernos en la parte interna de la tapa, para así facilitar el ensamble; en caso contrario, será casi imposible sujetar el soporte para el agitador con el tanque de metóxido.

Cuando ya se tiene listo el tanque, se sueldan cuatro orejas en la parte inferior, en la línea del cono, las cuales sirven para fijar el tanque a la estructura. Ellas se deben colocar de tal manera que no interfieran con el visor de volumen, de preferencia a 45° respecto de este, como se indica en el Gráfico 5.

Gráfico 5: Vista superior del tanque de metóxido



5.2. Construcción del reactor

La construcción del reactor se hace de la misma manera que el tanque de metóxido. La diferencia, además del tamaño, estriba en que en la parte posterior del tanque se deben preparar los agujeros para colocar la termocupla y la resistencia; los planos respectivos se pueden apreciar en el Anexo 5. En el caso de la resistencia, esta debe ir en la parte baja del cilindro, preferentemente entre 50 y 80 *mm* sobre la línea del cono; la termocupla debe estar 50 *mm* por encima de la resistencia en la misma línea.

Antes de soldar la tapa al cuerpo del cilindro, se debe colocar una pequeña unión en el centro de la tapa, donde irá la conexión que va al serpentín para condensar el alcohol, en caso se quiera recuperar el exceso de alcohol que se le añade al aceite para hacer la reacción. Los soportes, a su vez, también se colocan de la misma manera y con el mismo ángulo que en el tanque de metóxido.

5.3. Construcción del condensador

El condensador se construye utilizando un tubo de 76 *mm* (3"), que puede ser de acero inoxidable o de PVC. Al tubo, en caso sea de acero, se le debe hacer un par de agujeros de 1/2" y se le suelda dos de uniones, a las cuales se les colocará una espiga para luego poder conectar la manguera por donde entrará y saldrá el agua de refrigeración.

Para el caso del tubo de acero, los bordes se deben roscar; luego se prepara una tapa roscada también, con un agujero en el medio del diámetro exacto del exterior del tubo de cobre que se vaya a utilizar. En las tapas se prepara un sistema de reten para evitar la pérdida del agua, que se puede conseguir en las ferreterías.

Se calcula la distancia que habrá entre la salida del reactor y el condensador; se deja esa medida libre en el tubo de cobre y el resto se enrolla en un tubo de menor diámetro hasta llegar al largo del tubo de 3" donde irá colocado. El tubo enrollado se coloca dentro del tubo de acero de 3", después se colocan las tapas y se aseguran al tubo de cobre con los retenes. Al tubo se le sueldan dos orejas para luego colocarlo en la base del reactor. Se puede apreciar esto en los planos del Anexo 5.

5.4. Construcción de la estructura

La estructura del reactor se hace utilizando ángulos de 1.5" x 1.5" x 3/16" y tubos de 1 1/2". Tal como lo indica el Anexo 6 aquella sirve para soportar el reactor y el tanque de metóxido. Si observamos que existen problemas al instalar los visores de nivel al momento de presentar los tanques en la estructura, entonces se prepara un par de cubos con los sobrantes de los ángulos y se sueldan donde van las orejas. Esto último sirve para levantar los tanques y que no haya problemas al momento de la instalación.

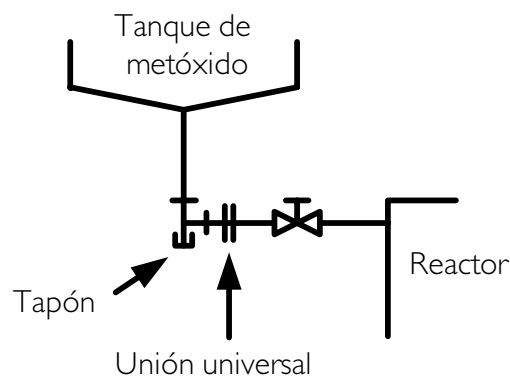
5.5. Instalación de las tuberías

La conexión en el reactor se divide en tres partes, las cuales describimos seguidamente:

- **Conexión del tanque de metóxido reactor**

Esta es una conexión de acero inoxidable en todo el tramo, cuya función es dejar pasar el metóxido al reactor. Consta de dos válvulas, una unión universal, una tee y un tapón. La tubería sale del tanque de metóxido y se conecta a una válvula de bola, la cual sirve para contener el metanol en el tanque del reactor. En la parte inferior hay una tee, con un tapón, que al retirarse sirve para limpiar la tubería en caso de que el hidróxido las atore o se quiera utilizar el tanque de metóxido para hacer un *batch* de biodiésel con una pequeña cantidad de aceite. El tubo horizontal cuenta con una universal, para poder desarmar la tubería en caso haya algún problema y otra válvula que sirve para que en caso se haga otro *batch* de biodiésel este no pase al reactor.

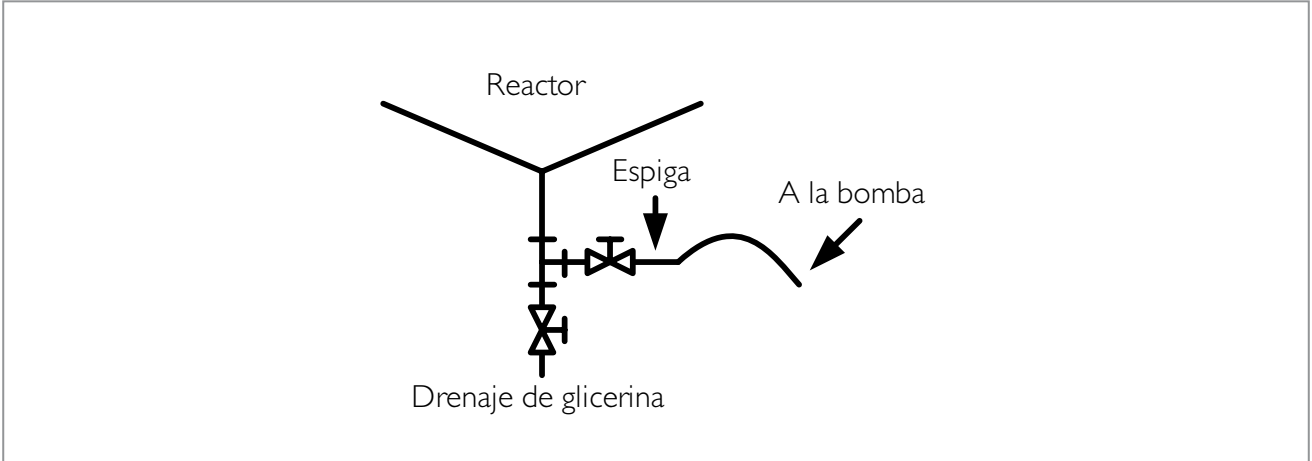
Gráfico 6: Conexión tuberías entre tanques



- **Salida del reactor**

La purga del reactor tiene dos salidas: una para eliminar o drenar la glicerina (en caso se use el reactor como decantador) y la otra va a la bomba para trasvasar el decantador o a los tanques de lavado. En este caso, estamos ante una instalación sencilla a una tee y dos válvulas de acero inoxidable. Antes de conectarse a la bomba se instala una tee más, la cual servirá para recircular el biodiésel lavado y pasarlo al secador o, en todo caso, succionar el biodiésel del tanque de secado para luego pasarlo por el filtro y tenerlo listo para su utilización.

Gráfico 7: Conexiones a la salida del reactor

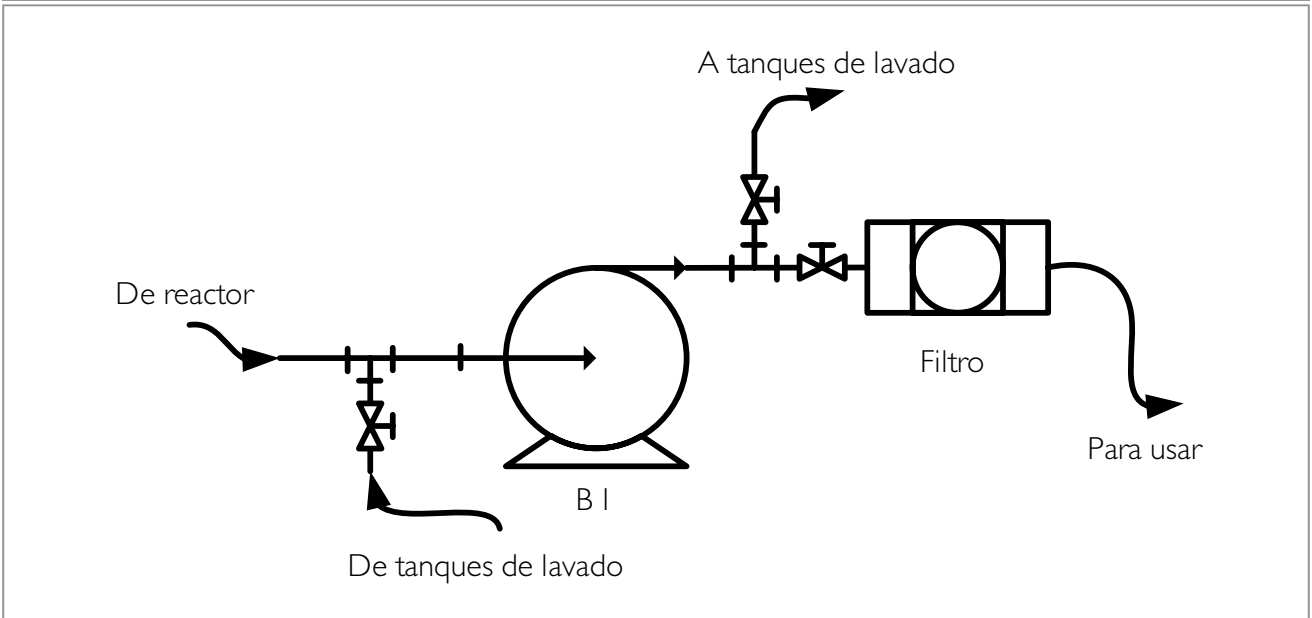


- **Salida de la bomba y recirculación**

A la salida de la bomba se coloca una tee en una de las salidas. Se instala una válvula y, seguida de esta, una espiga que puede ser de acero al carbón, pero no de plástico ya que su tiempo de vida sería muy corto; luego se coloca una manguera que va a llevar el biodiésel a la parte superior de los cilindros donde se va a trasvasar. Es preferible poner, a la salida de la válvula, una manguera de nitrilo o vitón, que llegue hasta 10 centímetros por dentro del cilindro para evitar salpicaduras.

A la salida de los tanques, al igual que en el caso del reactor, se coloca una tee, la cual va conectada a dos válvulas: la inferior es la purga de agua o glicerina y la lateral se conecta a una tubería a su vez conectada a la bomba. Esta tubería sirve para recircular el biodiésel y para enviarlo al proceso de filtrado.

Gráfico 8: Conexión de la bomba



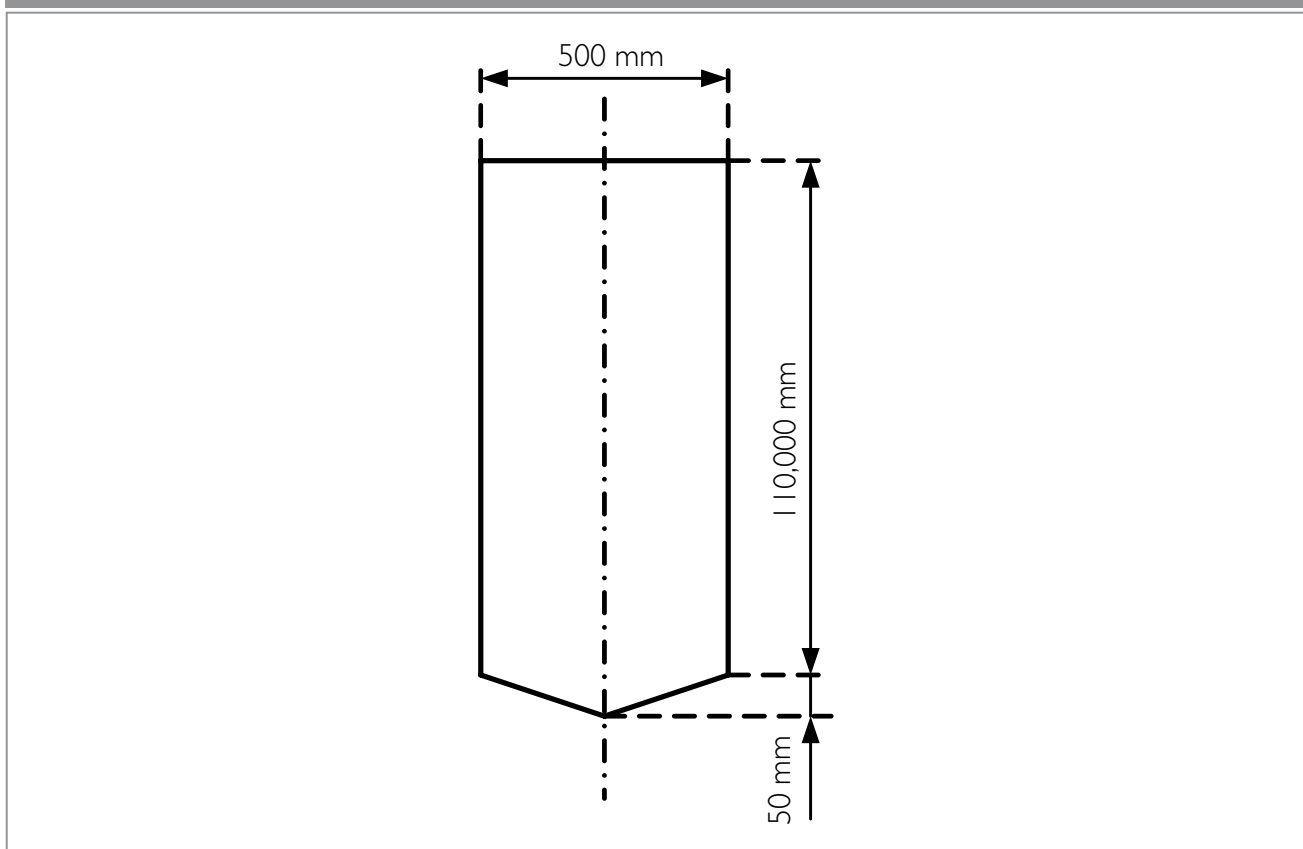
5.6. Construcción del decantador, sistema de purificación y secado

Los equipos para estos módulos pueden construirse con los materiales que vamos a indicar a continuación, aunque también podrá utilizarse material reciclado, como cilindros de HDPE que hayan tenido otros usos, cilindros de 55 GAL que pueden reacondicionarse, entre otros.

Todo el sistema se puede basar en uno o dos cilindros de 200 litros de capacidad, los cuales pueden cumplir las mismas funciones dependiendo de cómo sean instalados. Estas funciones serían las de decantar, lavar y secar; en el caso de ser dos cilindros, estas funciones podrían repartirse.

Las dimensiones de los cilindros se indican en el Gráfico 9, el fondo cónico sirve para ayudar en la decantación de la glicerina y la separación del agua en el caso del lavado. Opcionalmente, se puede colocar un visor de nivel en el cual se podrá ver la separación de fases.

Gráfico 9: Dimensiones de los cilindros de lavado



Para el caso del secador; se puede usar el mismo cilindro, pero se le pueden instalar un par de resistencias en la parte inferior del cilindro, lo más cercano a la línea del cono. En la parte inferior se le soldará un nicle, al cual irá conectada una tee y las válvulas de purga y de recirculación a la bomba. La instalación de las tuberías se hace como se indica en el Gráfico 10. Por su parte, la estructura se hace con los mismos ángulos usados para el reactor de 2" x 2" x 3/16". Pero con las dimensiones que indica el Gráfico 11 (en milímetros), este puede ser para uno o dos tanques.

Las uniones de las tuberías, en algunas partes, pueden hacerse con mangueras para facilitar su movilidad y adaptabilidad. Asimismo, también se pueden utilizar mangueras para hacer el trasvase desde la bomba hasta los tanques T5 y T6, aunque a la salida de estos, en la parte inferior; sí es necesario que sea un sistema sólido. La unión de estas tuberías con la bomba, como en los otros casos, también podrá hacerse por medio de una manguera.

Gráfico 10: Instalación de tuberías en el sistema de purificación

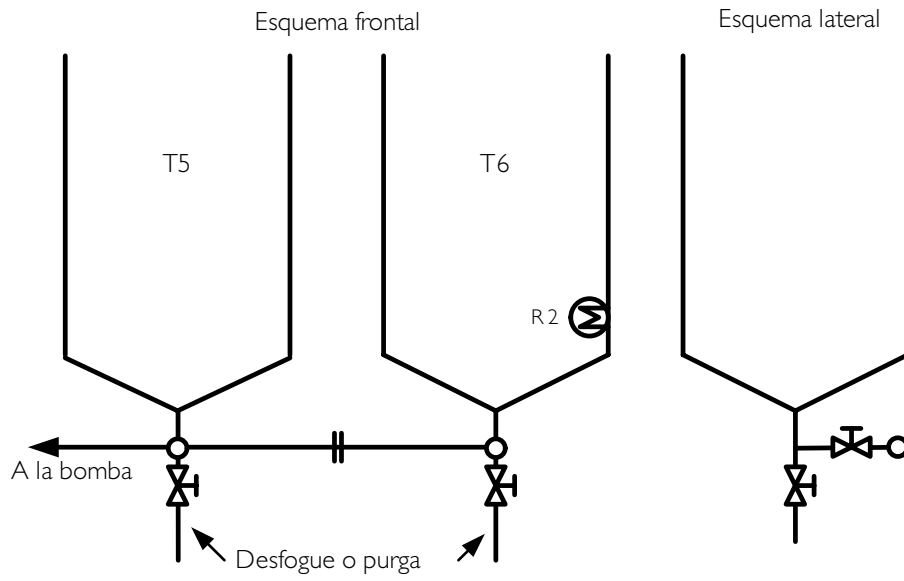
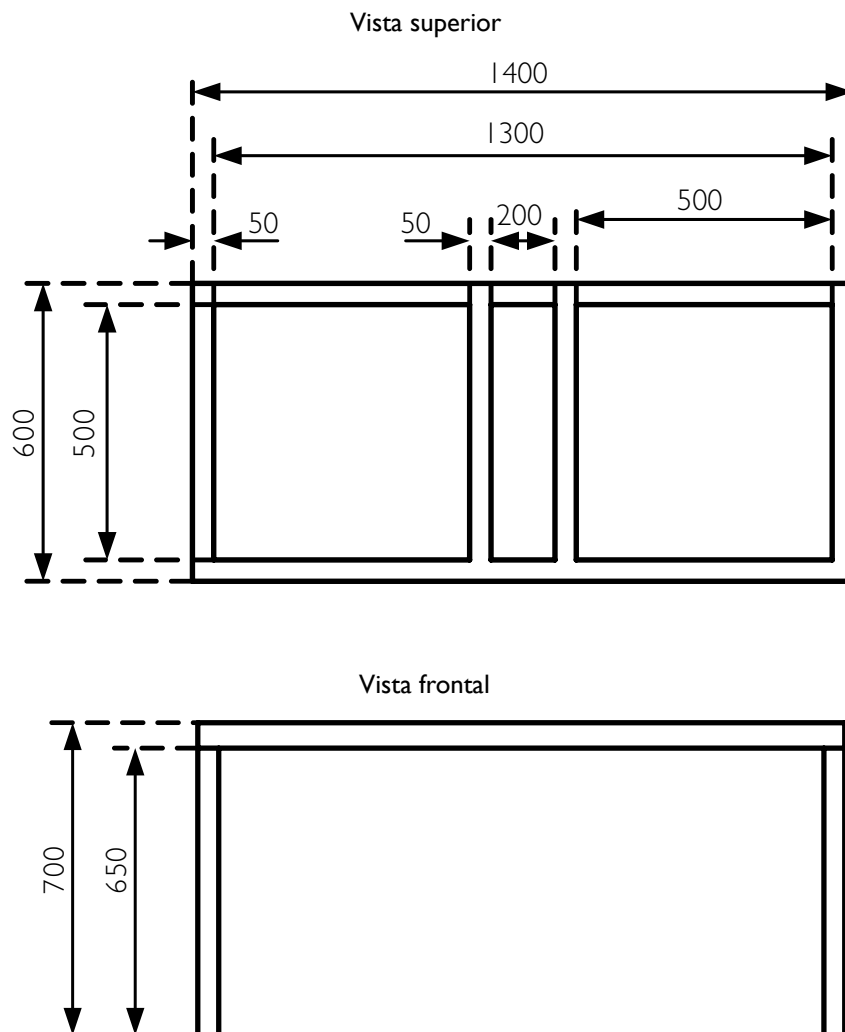


Gráfico 11: Dimensiones de la estructura del sistema de purificación



5.7. Instalación del sistema eléctrico

En el diseño de cualquier planta debe considerarse el abastecimiento de energía para el funcionamiento de los diferentes equipos, requerimiento de potencia que está relacionado con la dimensión de la planta; considerando esto y definiendo el punto de alimentación hay que hacer un diagrama de instalaciones eléctricas para alimentar los equipos. Las instalaciones eléctricas de la planta, para la instalación de los motores, una electro bomba y una resistencia eléctrica, se muestran en el Gráfico 12; este mismo esquema se puede utilizar para el tablero del sistema de purificación, en caso se construya. Es importante tener un sistema eléctrico adecuado y seguro, usando cables y accesorios que den garantía a la instalación, a fin de evitar posibles accidentes.

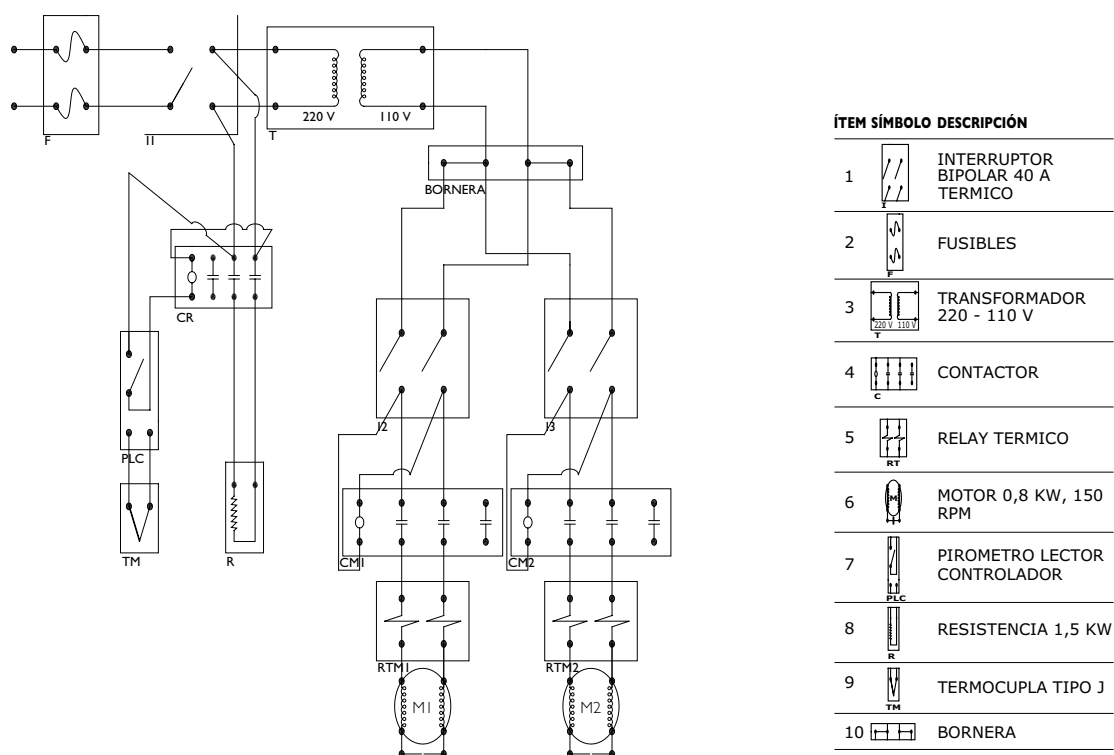
En caso se construyan los dos tableros, es recomendable instalarlos de manera independiente, tal como se muestra en el Gráfico 1: el primer tablero, en el reactor (C1), con el que se controlarán los motores, el termostato del reactor (T4) y la resistencia (R1); el segundo tablero de control (C2), que sirve para controlar la bomba (B1), la resistencia (R2) y el termostato, se colocará en el sistema de purificación. El sistema eléctrico del reactor se instala de acuerdo con el esquema mostrado en el Gráfico 12. La Tabla 4, seguidamente, muestra los materiales necesarios para la construcción del tablero de control del reactor de biodiésel.

Tabla 4: Equipos y accesorios para sistema eléctrico del reactor

N°	Concepto	Descripción	Potencia	Voltaje	Amperaje	Cantidad
1	Motor eléctrico	Con variador de velocidad entre 200 y 700 rpm	1/2 hp	110 ó 220		1
2	Motor eléctrico	Con variador de velocidad entre 200 y 700 rpm	1/4 hp	110 ó 220		1
3	Bomba centrífuga	Monofásica	1/2 hp	220		1
4	Termocupla tipo "J"	Con rosca de 1/2", lectora hasta 100°C				1
5	Display	Lee y controla la temperatura				1
6	Fusibles	Protege motores y resistencia			2 y 10	3
7	Botoneras	Para arranque y parada				3
8	Caja de metal	15 x 45 x 30 cm				2
9	Interruptor	Térmico			30	1
10	Contactador	Para protección de resistencia			6 - 10	1
11	Relay térmico	Para control de temperatura (termostato)			6 - 10	1
12	Resistencia	Monofásica, con rosca de 2"	1500 w	220		1
13	Borneras	Tipo riel DIN, para cable N° 14				2

Gráfico 12: Esquema de la instalación eléctrica

ESQUEMA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA



6. OPERACIÓN DE LA PLANTA Y SEGURIDAD

El proceso de producción de biodiésel se resume en el flujograma mostrado en el Gráfico 13. Dentro de este flujograma cada una de las actividades unitarias se realiza como veremos seguidamente.

6.1. Aceite usado: pretratamiento

La primera operación es la purificación del aceite de cocina usado. Luego del proceso de fritura, el aceite puede venir con restos sólidos de comida, tantos gruesos (filtrables) como finos (separables más fácilmente por decantación), con agua de los alimentos y con un grado de degradación variable (según la temperatura y el tiempo que se ha usado para freír). Para cada lote de aceite, lo ideal es primero filtrarlo y luego verificar si contiene agua y determinar su índice de acidez, que indicará cuán degradado está y cuánto catalizador se deberá utilizar en la transesterificación.

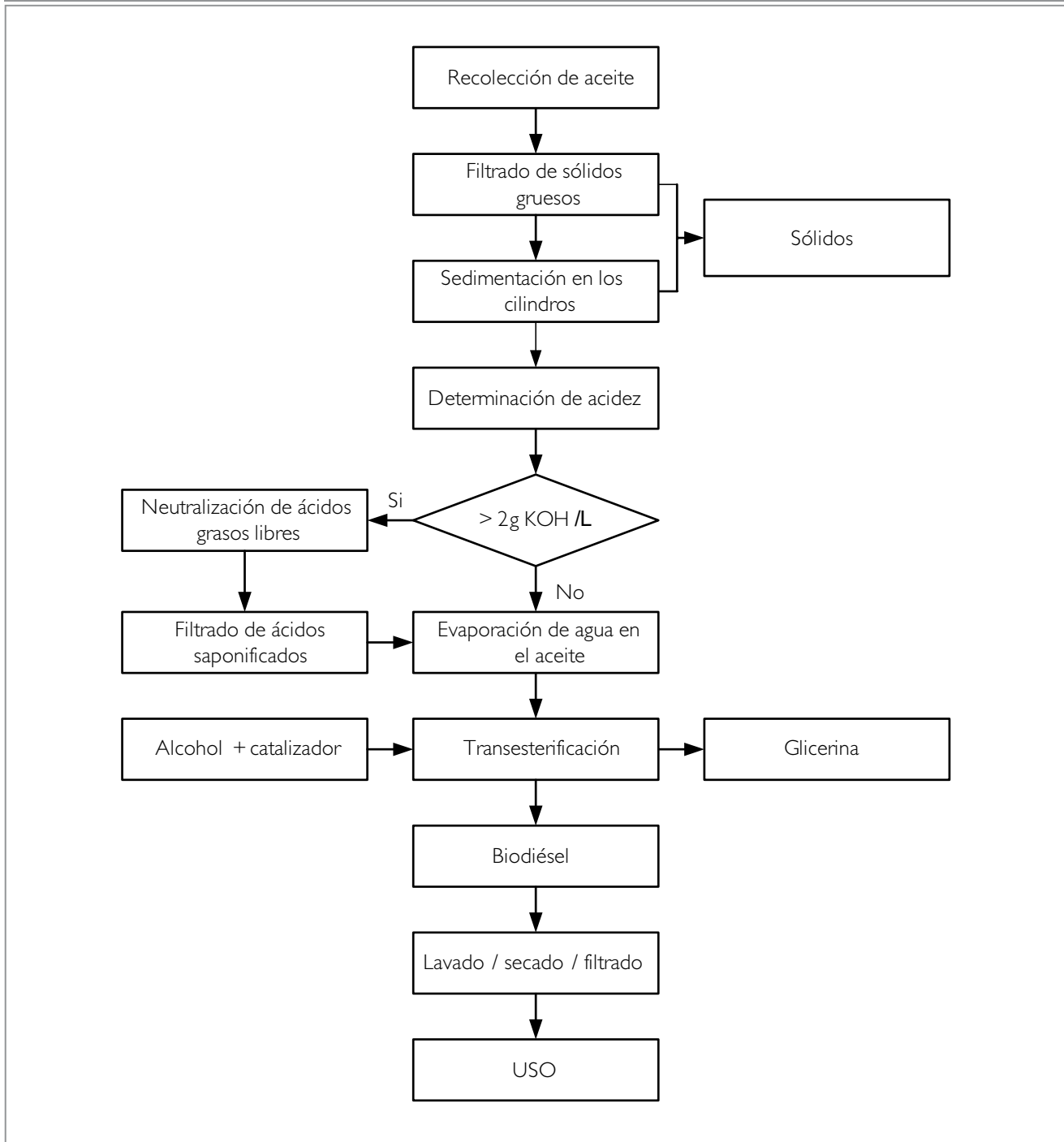
6.1.1. Recepción

- El aceite debe ser recibido en cilindros o depósitos de plástico o metal. En caso de ser producción propia, este debe ser almacenado, preferentemente, en cilindros o baldes de 20 a 50 litros, para una fácil manipulación de estos.
- Por lo general, rápidamente se depositan en el fondo restos sólidos de comida.
- En lo posible hay que tratar de no remover los restos sólidos de comida, para no ensuciar el aceite ni dificultar el filtrado.
- Es preferible llevar un registro de la cantidad y calidad del aceite recibido, con la finalidad de poder conocer las características del aceite recibido por cada proveedor.

6.1.2. Filtrado

- La operación de filtrado del aceite se realiza manualmente, con ayuda de una bomba manual.

Gráfico 13: Flujograma del proceso de producción de biodiésel



- Se pasa el aceite a través de una malla metálica y un filtro grueso, lo cual sirve para separar las partículas gruesas que se encuentran en suspensión en el aceite, y se conduce el aceite filtrado al cilindro de almacenamiento T I.
- Si el aceite es muy viscoso, el filtrado se facilita calentándolo ligeramente.
- Luego del filtrado, se registra para cada envase la tara de sólidos remanentes y la tara del envase vacío.
- Los sólidos se almacenan en baldes o latas para destinarlos al compostaje o alimentación animal.

6.1.3. Almacenamiento y sedimentación de sólidos finos

- El aceite filtrado se almacena en uno de los cilindros de plástico destinados a este fin (T1).
- Se debe mantener el cilindro tapado para evitar el ingreso de impurezas, como polvo o insectos.
- En el fondo del tanque se irán depositando sólidos finos que formarán una especie de lodo. Así, periódicamente, será necesario limpiar el tanque para descargar tal impureza.
- El lodo será separado y destinado al compostaje o alimentación animal.

6.1.4. Determinación de la humedad

- Se toma una muestra pequeña de aceite de no más de medio litro, se pone en una cocina o plancha eléctrica y se calienta hasta llegar a los 100 °C. Si el aceite empieza a burbujear, a crepitar o crujiir, es indicador de que contiene agua; entonces habrá que secarlo antes de transformarlo en biodiésel.

6.1.5. Secado del aceite

Como veremos seguidamente, el secado del aceite se puede realizar de dos maneras, aunque resulta más recomendable la segunda:

- Se emplea un cilindro de 50 GAL abierto. Se calienta hasta 90°C y se deja que concluya el proceso de burbujeo y crujiido; es importante un cuidadoso control de la temperatura para evitar que se queme el aceite, se acidifique o se rancie. No se recomienda utilizar el secador de biodiésel ya que quedaría sucio con aceite; es preferible emplear un recipiente que tenga base cónica, con un desfogue en el centro del cono, con la finalidad de ir purgando el agua que se vaya separando del aceite cuando se calienta. Esto ahorra tiempo y energía.
- Empleando el mismo reactor de biodiésel (T4), se calienta hasta aproximadamente 60 ó 70 °C y después se deja sedimentar. Por diferencia de densidades, el agua se depositará al fondo y se podrá separar manualmente por la válvula de drenaje inferior. Después de esto, el aceite está listo para la transesterificación.

6.1.6. Determinación de la acidez

Este paso es muy importante para saber qué cantidad de catalizador es necesaria para la reacción. Se necesita un equipamiento básico de laboratorio para medir pesos y volúmenes exactos.

Materiales necesarios:

- Equipo para titulación: bureta, soporte, vaso pequeño, matraz.
- Pipetas de 1 ml y 10 ml.
- Solución al 0.1% de KOH en agua destilada (1 gr de KOH diluido en 1 l de agua destilada).
- Fenolftaleína.
- Etanol.
- Muestra de aceite.

Procedimiento:

- Tomar 1 ml de muestra de aceite con la pipeta y ponerlo en el matraz.
- Diluir con 10 ml de etanol. Mezclar bien. Si no se diluye totalmente, calentar ligeramente.
- Aplicar 5 gotas de fenolftaleína y volver a mezclar.

- Llenar la bureta con solución de KOH 0.1%.
- Dejar caer la solución de la bureta a la mezcla de aceite y alcohol gota a gota hasta que el color se torne rosado (este procedimiento se denomina titulación).
- Anotar el gasto de KOH. Llamaremos a este valor X.
- Repetir la prueba un mínimo de tres veces para asegurar que los resultados sean exactos.

Significado de la prueba:

- La cantidad X de KOH gastado en la titulación indica la acidez del aceite, causada por la presencia de ácidos grasos libres, liberados cuando se fríe en exceso. Esta es también la cantidad de catalizador necesaria para neutralizar la acidez del aceite, la cual se expresa de esta manera: "X gramos de KOH / litro de aceite".
- Si X es menor a 2 gr KOH/litro, entonces se puede hacer la transesterificación directamente. En este caso, la cantidad de catalizador a utilizar sería de 7+X por cada litro de aceite que se vaya a procesar.
- Si X es mayor a 2 gr KOH/litro, puede haber problemas de formación de jabones, lo cual interferiría en la producción de biodiésel. Se requerirá entonces neutralizar el aceite.

6.1.7. Neutralización del aceite

- Se pone el aceite en un recipiente grande, de preferencia de acero inoxidable, y nunca de aluminio, pues este se corroe de forma rápida con el KOH o el NaOH.
- Por cada litro de aceite a procesar, disolver X gramos de KOH en 20 ml de agua. Este procedimiento debe hacerse con cuidado, utilizando guantes y lentes de protección, pues el KOH es irritante y podría quemar las manos.
- Cuando la solución esté bien disuelta, esta se debe agregar lentamente y con mucho cuidado al aceite, removiendo con constancia.
- Se verá que se empiezan a formar pequeños grumos, que son jabones producidos al reaccionar el KOH con los ácidos grasos libres.
- Después de que todo esté bien mezclado, filtrar nuevamente el aceite a fin de separar el jabón que se formó.
- Por último, volver a titular el aceite para determinar si disminuyó la acidez. Si esta es menor a 2 gr KOH/litro, se procederá a la transesterificación.

6.2. Transesterificación

- Los siguientes pasos se deben tomar en cuenta al momento de operar el reactor:
- Asegurarse de que todas las válvulas que entran al reactor (T4) y salen de él están cerradas (V1, V2, V3 y V4).
- Transferir el aceite desde el tanque de almacenamiento hasta el reactor T4, mediante la bomba manual correspondiente (BM2) y la manguera de aceite, y a través de la tapa superior del reactor.
- Encender la resistencia (R1) y el motor de agitación del reactor (M2) y calentar el aceite hasta 50°C con agitación constante.
- Usar un mínimo de 40 litros de aceite o una cantidad que cubra por completo la resistencia para que esta no se malogre. Una vez lleno el reactor con la cantidad de aceite, taparlo.
- Mezclar en el tanque de metóxido (T3) el catalizador (potasa cáustica, KOH) con el alcohol (metanol) en las proporciones calculadas con el método de la titulación. El metanol se transfiere con ayuda de la bomba manual de metanol (BM1). Tapar bien, encender el motor M1 y agitar hasta que la potasa se disuelva (mínimo 15 minutos).

- Evitar respirar vapores del alcohol o la potasa, ni tocarlos con las manos, ya que ambos son dañinos.
- Es preferible poner teflón en la rosca de las tapas de los tanques T3 y T4 para evitar escape de los gases formados por el metanol y el hidróxido de potasio en los tanques.
- Evitar dejar la potasa en contacto con el aire mucho tiempo porque se humedece y carbonata, perdiendo su actividad catalítica.
- Registrar las cantidades de insumos utilizados (aceite, metanol y catalizador) y cualquier otro parámetro que afecte la reacción.
- Cuando el aceite llegue a los 50°C, se debe abrir las válvulas que comunican el tanque de metóxido con el reactor (V1 y V2).
- Cuando se haya transferido todo el metóxido al reactor, volver a cerrar ambas válvulas.
- Dejar la mezcla en agitación por 1.5 horas manteniendo una temperatura constante.
- Apagar el equipo y dejar reposar hasta el día siguiente (mínimo 8 horas). En caso de hacer varios lotes al día, pasar la mezcla utilizando la bomba de transferencia (B1) al tanque decantador (T5).
- Luego del reposo, se habrán separado dos productos: el biodiésel (arriba) y la glicerina (abajo).
- Drenar primero la glicerina abriendo las válvulas V3 (en caso se haya decantado en el reactor) o V11 en caso se haya utilizado el decantador. Almacenar la glicerina en una galonera aparte. La glicerina se reconoce por su color marrón oscuro y porque es bastante viscosa (espesa). Al drenar, no forma espuma. Cuando el líquido se empieza a aclarar y hacer menos espeso, es que ya está saliendo una mezcla de glicerina y biodiésel. En este momento, se debe cerrar la válvula que se esté utilizando, esperar unos segundos a que el contenido del reactor se asiente y, luego, volver a abrirla ligeramente, para drenar lo último que quede de glicerina.
- En el proceso de drenaje de la glicerina, usar una máscara protectora para vapores y evitar respirar cualquier emanación, ya que la glicerina sigue conteniendo cantidades significativas de metanol. Es preciso utilizar guantes.
- Transferir el biodiésel al tanque de lavado utilizando la bomba. Para esto, cerrar la válvula V3, V6, V12 y V13; luego, abrir las válvulas V4, V5 y V7. Prender la bomba, y apagarla apenas empiece a succionar aire.
- En caso de haber usado el decantador (T5), el biodiésel se puede lavar en el mismo tanque o se puede transferir al secador y realizar ahí el lavado. Para esto se cierran las válvulas V4, V6, V8, V9, V11 y V13, y se abren las válvulas V10, V12, V5 y V7; y se hace el trasvase utilizando la bomba B1.

6.3. Control de calidad del proceso de transesterificación

Para verificar que la transesterificación se haya realizado con éxito, se deben controlar dos puntos:

- Se debe observar una separación de fases marcada de biodiésel y glicerina. Si no hay separación, entonces no ha habido reacción. En este caso se debe evaluar cuál es el motivo de este problema (ver sección Solución de problemas frecuentes).
- Observar que la prueba de lavado del biodiésel sea exitosa. La prueba de lavado consiste en tomar una pequeña muestra de biodiésel (100 a 200 ml), ponerla en una botella limpia de vidrio o plástico, agregar aproximadamente la misma cantidad de agua, agitar por 10 a 15 segundos hasta que el agua y el biodiésel se mezclen completamente, y dejar reposar por algunos segundos. Si se da una separación rápida de ambos líquidos (30 minutos aproximadamente), significa que el biodiésel es de buena calidad. Si se separan, pero entre ambas fases hay una capa de espuma o jabón, se puede continuar con el lavado de todo el lote añadiendo ácido fosfórico al agua para facilitar la separación, y se debe procurar mejorar el proceso de transesterificación. Si el agua y el biodiésel no se separan adecuadamente, sino que permanecen mezclados formando una emulsión lechosa, quiere decir que el proceso de transesterificación no ha sido completo (ver sección Solución de problemas frecuentes, punto 7).

6.4. Postratamiento del biodiésel (lavado, secado y filtrado)

6.4.1. Lavado

Se realizarán tres lavados durante los tres días posteriores a la transesterificación. La metodología para cada lavado es la siguiente:

- Agregar 25 litros de agua al tanque de lavado al que previamente se ha transferido el biodiésel.
- Soltar la piedra aireadora hasta el fondo del tanque de lavado y conectar la bomba de aire con las mangueras destinadas a tal fin.
- Prender la bomba de aire y dejar funcionar por lo menos durante 6 horas.
- A última hora de la tarde o a primera hora del día siguiente desconectar la bomba de aire.
- Dejar reposar por varias horas hasta que el agua se asiente al fondo.
- Drenar el agua sucia por la válvula V9 y desechar.
- Cuando se haya drenado toda el agua de lavado, volver a echar otros 25 l de agua al tanque y conectar de nuevo la bomba de aire. En la tarde volver a desconectar.
- Al siguiente día drenar el agua, volver a echar 25 litros de agua limpia y conectar la bomba de aire. En la tarde volver a desconectar.
- Cuando se separa el agua de lavado, en algún momento empezará a salir una mezcla de biodiésel con agua, posiblemente en forma de emulsión (color blanco a amarillo lechoso). Colectar esta emulsión en un balde o recipiente aparte y dejar reposar por 2 a 3 días. Lentamente, se separará una capa de biodiésel en la parte superior. Recuperar este biodiésel y mezclarlo con el que se esté lavando. Desechar el agua con el jabón restante.

6.4.2. Secado

El secado se realizará una vez se hayan terminado los tres lavados y se haya dejado tiempo suficiente (mínimo 6 a 8 horas) para que el agua y el biodiésel se separen completamente. En este momento se transferirá el biodiésel al tanque de secado (T6) por medio de una manguera conectada a la válvula V10.

- Primero verificar que salga biodiésel y no agua, y que el biodiésel esté relativamente transparente, no mezclado con agua. Si esto no es así, puede deberse a dos causas:
 - Demasiada agua en el tanque y por lo tanto aún estamos drenando la capa de agua en lugar de drenar la capa de biodiésel. En este caso, utilizando la válvula V11 drenar un poco de agua de lavado (aprox. 5 litros) y descartar.
 - Una capa de emulsión, es decir mezcla de biodiésel con agua, que se produce por la presencia de impurezas. Esta emulsión (líquido de color lechoso, amarillento o blancuzco) se debe separar del biodiésel limpio. En este caso, drenar la emulsión en un balde por la válvula V10 hasta que empiece a salir biodiésel limpio y dejar reposar durante unos días para que el biodiésel se vaya separando en la parte de arriba. Este biodiésel se recupera y el resto se puede descartar.
- Una vez que se tenga buen biodiésel saliendo por la válvula V10, conectar una manguera desde V10 hasta V7 y otra manguera desde V8 hasta el tanque de secado; abrir las válvulas V10, V7 y V8; y encender la bomba. Se debe cuidar que las demás válvulas estén cerradas).
- Después de realizar el lavado, se prende la resistencia R2 y se calienta el biodiésel manteniendo una temperatura constante de 90 °C, evitando llegar a temperaturas mayores a 100 °C pues el biodiésel se degrada y acidifica. Mientras se va calentando, hay que purgar poco a poco el secador abriendo la válvula V9 para eliminar el agua que se vaya acumulando en la base, con esta operación se ahorra tiempo y energía.

- El biodiésel estará totalmente seco cuando:
 - No se vea formación de burbujas ni se oigan crujidos del agua hirviendo.
 - El líquido esté totalmente translúcido (y se pueda ver el fondo). Si está un poco turbio, es que aún tiene agua o jabón.

6.4.3. Filtrado

- Luego del secado, el biodiésel se filtra para evitar todo tipo de impurezas.
- Asegurarse de que el biodiésel no esté demasiado caliente antes del filtrado (la temperatura no debe superar los 50°C).
- Se abren las válvulas V8, V12 y V13 y se filtra el biodiésel utilizando la Bomba B1. Una vez filtrado está listo para ser utilizado puro o mezclado con diésel 2.
- Poner una galonera o conectar la salida a un depósito de almacenamiento a la salida del filtro.
- Rotular y controlar adecuadamente la cantidad obtenida. Asimismo, llevar el registro de la cantidad de biodiésel obtenido en cada lote.

6.5. Manejo de insumos químicos

Es muy importante tener en cuenta que se está trabajando con insumos químicos peligrosos: el metanol es altamente inflamable y tóxico por inhalación, ingestión y contacto; el KOH es corrosivo, irritante si se inhala el polvo y quema la piel si se toca. Por ello, la adecuada selección de ropa y equipamiento de seguridad, así como de los materiales que estarán en contacto con estos químicos, es fundamental. En el Anexo 2 se encuentran las cartillas de seguridad de los insumos químicos utilizados para la producción de biodiésel.

6.5.1. Ropa y equipamiento de seguridad

- Guantes:
 - Emplear guantes de jebe (o de preferencia de nitrilo) todo el tiempo que se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.
 - Enjuagar los guantes de jebe inmediatamente con abundante agua luego de manipular el KOH o NaOH, porque estas sustancias atacan el caucho.
 - Emplear guantes de cuero cuando se trabaje con superficies calientes.
- Máscara:
 - Usar máscara con respirador para gases orgánicos y para partículas.
 - Utilizarla obligatoriamente cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.
- Lentes protectores:
 - Usar lentes de protección cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.
- Mandil:
 - Uso obligatorio todo el tiempo.
- Botas:

Tabla 5: Compatibilidad de algunos materiales con las sustancias que intervienen en la producción de biodiésel

Material	KOH	NaOH	Etanol	Metanol	Glicerina	Ácidos grasos	Aceite de soya	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Diésel 2
Acero inoxidable 316	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Acero inoxidable 304	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	Regular	Excelente
Acero al carbono	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Hierro forjado	Buena	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Latón	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Buena	Regular	N/A	Efecto severo	N/A	Excelente
Aluminio	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Excelente
Bronce	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Cobre	Buena	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	N/A	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Titanio	Efecto severo	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Regular	Efecto severo	Buena
Grafito	Regular	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Magneto cerámico	Excelente	N/A	N/A	Excelente	N/A	N/A	N/A	Regular	Excelente	N/A
PVC	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Efecto severo	Excelente
CPVC	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Excelente
Polipropileno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Excelente
Poliétileno de baja densidad	Excelente	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Efecto severo	Excelente	Buena	Buena	Regular
Policarbonato	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Excelente	Buena	N/A	Excelente	Efecto severo	Excelente
Poliuretano	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Regular
Caucho natural	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo
Nitrilo (Buna N)	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	Regular	Excelente
Teflón®	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Neopreno	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Regular	Buena	Efecto severo	Buena
Silicona	Regular	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Efecto severo
PVDF (Kynar®)	Excelente	Efecto severo	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Epoxy	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Nylon	Regular	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Efecto severo	Excelente
Viton®	Buena	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

- Botas de jebe.
- Extintores:
 - Se debe contar con extintores de espuma o de polvo seco en todo lugar donde se almacene y/o manipule metanol, aceite y biodiésel, o mezclas de ellos.
 - Ubicarlos en lugares de fácil acceso y adecuadamente marcados.
- Saco de arena:
 - Como medida extra para casos de incendio, contar con un saco o barril lleno de arena en un lugar visible y adecuadamente marcado.
- Ducha de emergencia:
 - Contar con ducha de emergencia para casos de derrame o salpicadura con metanol o con soluciones concentradas de KOH, NaOH o ácidos.
 - Asimismo, contar con dispositivo de lavado de ojos para los mismos casos.

6.5.2. Compatibilidad de materiales

En la Tabla 5 se presenta una relación de materiales comunes según su compatibilidad con las sustancias utilizadas en la producción de biodiésel. Tener en cuenta este listado para fines de compra de repuestos y envases, ampliación de la planta, etc.

7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS FRECUENTES

A continuación, se da una lista de posibles problemas que se pueden presentar durante la producción de biodiésel y las soluciones propuestas a los mismos:

Tabla 6: Problemas frecuentes y soluciones

Problema	Posible causa	Solución
No se da separación entre biodiésel y glicerina luego de la transesterificación.	No se agregó suficiente metanol al aceite.	Revisar el registro de insumos utilizados y verificar que la cantidad de metanol utilizada sea al menos de un 20% del aceite usado. Si hay duda al respecto, añadir más metanol al lote de biodiésel, calentar a 50 °C y mezclar por 1 hora más.
	No se agregó suficiente catalizador para que se diera la reacción.	Revisar el registro de insumos utilizados y verificar que la cantidad de catalizador corresponda a lo requerido según la acidez del aceite. Si hay dudas al respecto, añadir más catalizador disuelto en una pequeña cantidad de metanol al lote de biodiésel, calentar a 50 °C y mezclar por 1 hora más.
	Alguno de los insumos (metanol o catalizador) se encuentra vencido o no es el apropiado.	Verificar los envases de los insumos para determinar que sean los apropiados, se encuentren dentro de la fecha de expiración, tengan buen estado y estén adecuadamente guardados (el NaOH o KOH no deben estar en contacto con el aire o agua). Hacer una prueba pequeña de biodiésel para verificar si ahí funcionan los insumos.
	La determinación de acidez del aceite no se hizo adecuadamente, por lo que falta o sobra catalizador en la reacción.	Volver a titular el aceite para verificar que su acidez sea la correcta y corregir la cantidad de catalizador añadido en caso haga falta.
Cuando se hace la prueba de lavado, se forma una emulsión de biodiésel y agua que no se puede separar.	No se dejó la mezcla reaccionar durante suficiente tiempo.	Volver a calentar a 50 °C la mezcla de aceite, metanol y catalizador y dejar en agitación durante 1 hora más.
	No se agregó suficiente catalizador para que la reacción sea completa.	Revisar el registro de insumos utilizados y verificar que la cantidad de catalizador corresponda a lo requerido según la acidez del aceite. Si hay duda al respecto, añadir más catalizador disuelto en una pequeña cantidad de metanol al lote de biodiésel, calentar a 50 °C y mezclar por 1 hora más.
	No se agregó suficiente metanol al aceite y la reacción no ha sido completa.	Revisar el registro de insumos utilizados y verificar que la cantidad de metanol utilizada sea al menos un 20% del aceite usado. Si hay duda al respecto, añadir más metanol al lote de biodiésel, calentar a 50 °C y mezclar por 1 hora más.
	La determinación de acidez del aceite no se hizo adecuadamente, por lo que falta o sobra catalizador en la reacción.	Volver a titular el aceite para verificar que su acidez sea la correcta, y corregir la cantidad de catalizador añadido en caso haga falta. Volver a poner la mezcla a reaccionar durante 1 hora más.
	Alguno de los insumos (metanol o catalizador) se encuentra vencido o no es el apropiado, y la reacción no ha sido completa.	Verificar los envases de los insumos para comprobar que sean los apropiados, se encuentren dentro de la fecha de expiración, se encuentren en buen estado y adecuadamente guardados (el NaOH o KOH no deben estar en contacto con el aire o agua). Hacer una prueba pequeña de elaboración de biodiésel para corroborar si funcionan los insumos.
Cuando se abre la válvula inferior del reactor para sacar la glicerina, no sale nada.	La tubería de salida del reactor se puede haber obstruido con glicerina o jabón solidificados.	Utilizando guantes de jebe y con un balde debajo, introducir un alambre por la tubería de salida y tratar de remover la sustancia que haya quedado atorada.

En la transesterificación, en lugar de biodiésel y glicerina, se obtiene un producto lechoso o jabonoso.	El aceite o alguno de los insumos contenían agua, por lo que se produjo jabón en lugar de biodiésel.	Este lote de aceite se pierde. Controlar adecuadamente la calidad de los insumos antes del proceso.
Cuando enciendo el motor de agitación del reactor, este no gira.	El reactor se encuentra desconectado.	Verificar la conexión a la toma de corriente.
	El fusible se quemó.	Verificar el estado del fusible correspondiente ubicado en la parte delantera del panel de control del reactor y, de ser necesario, reemplazarlo por uno nuevo.
	El motor está atascado.	Apagar el interruptor del motor y, manualmente, dar un par de vueltas al eje del motor para desatascarlo. Volver a encender el interruptor.
	Hay un problema eléctrico en el reactor.	Llamar a un técnico especializado para revisar el sistema eléctrico.

8. ANEXOS

Anexo I: Estándares de calidad del biodiésel según normas técnicas internacionales y nacionales

N°	PROPIEDAD	PRINCIPALES NORMAS			UNIDADES
		PNTN 321.125:2007	ASTM D 6751 - 7	EN 14214:2002	
1	Contenido de calcio y magnesio, combinado	5 máx	5 máx		ppm (µg/g)
2	Punto de inflamación (copa cerrada)	93 mín	130.0 mín	120.0 mín.	°C
3	Control de alcohol				
	1. Contenido de metanol	0.2 máx		0.2 máx	% volumen
	2. Punto de inflamación	130.0 mín			°C
4	Agua y sedimento	0.050 máx	0.050 máx		% volumen
5	Viscosidad cinemática a 40 °C	1.9 - 6.0	1.9 - 6.0	5.00 máx	mm ² /s
6	Ceniza sulfatada	0.020 máx	0.020 máx	0.020 máx	% masa
7	Azufre	0.0015 máx	0.05 máx	0.001 máx	% masa (ppm)
8	Corrosión a la lamina de cobre	N° 1	N° 3 máx	N° 1	
9	Número de cetano	47 mín	47 mín	51.0 mín	
10	Punto de nube	reportar	reportar		°C
11	Residuo de carbón	0.050 máx	0.050 máx	0.30 máx	% masa
12	Número de acidez	0.50 máx	0.50 máx	0.50 máx	Mg KOH
13	Glicerina libre	0.020 máx	0.020 máx	0.02 máx	% masa
14	Glicerina total	0.240 máx	0.240 máx	0.250 máx	% masa
15	Contenido de fósforo	0.001 máx	0.001 máx	0.0001 máx	% masa
16	Temperatura de destilación, 90% recuperado	360 máx	360 máx		°C
17	Contenido de sodio y potasio, combinado	5 máx	5 máx	6.0 mín	ppm (µg/g)
18	Estabilidad a la oxidación	3 mín	3 mín		horas
19	Contenido de éster			96.5 mín	% (m/m)

Anexo 2: Cartillas de seguridad de insumos químicos utilizados en la producción de biodiésel

METANOL: HOJA DE SEGURIDAD

FÓRMULA	H ₄ O, CH ₃ OH
PESO MOLECULAR	32.04 g/mol
COMPOSICIÓN	C: 37.48 %, H: 12.58 % y O: 49.93 %
SINÓNIMOS	Alcohol metílico, hidrato de metilo, hidróxido de metilo, metilol, carbinol, alcohol de madera

RESUMEN DE LOS RIESGOS

- El metanol puede afectarle al respirarlo y cuando pasa a través de su piel.
- El metanol es un teratógeno. Trátese a esta sustancia *con mucho cuidado*.
- El metanol puede irritar los ojos y causar visión borrosa y/o ceguera.
- Respirar el metanol puede irritar la nariz, la boca y la garganta, y causar tos y respiración con silbido.
- El contacto puede causar irritación de la piel. La exposición repetida o prolongada puede causar resecaamiento y grietas en la piel.
- Es posible que el metanol cause daño al hígado.
- La exposición a concentraciones altas puede causar dolor de cabeza, náuseas, vómitos y mareo. Puede causar la muerte.
- El metanol es un *líquido inflamable* y presenta un *peligro de incendio*.

GENERALIDADES

El metanol es un líquido incoloro, venenoso, con olor fuerte parecido al etanol y cuando está puro puede tener un olor repulsivo; arde con flama no luminosa. Es utilizado industrialmente como solvente y como materia prima en la obtención de formaldehído, metil-ter-butyl éter, ésteres metílicos de ácidos orgánicos e inorgánicos. También es utilizado como anticongelante en radiadores de autos; en gasolinas y diesel; en la extracción de aceites de animales y vegetales, y agua de combustibles de automóviles y aviones; en la desnaturalización de etanol; como agente suavizante de plásticos de piroxilina, y otros polímeros; y como solvente en distintas industrias.

El metanol se obtiene por destilación destructiva de madera a altas temperaturas; por hidrogenación catalítica de CO a presión y temperatura altas, con catalizadores de cobre-óxido de cinc; por oxidación de hidrocarburos y como subproducto en la síntesis de Fischer-Tropsch.

NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

CAS:	67-56-1
UN:	1230
NIOSH:	PC 1400000
RCRA:	U154
NOAA:	3874
STCC:	4909230
RTECS:	PCI400000
HAZCHEM CODE:	2 PE
NFPA:	Salud: 1 Reactividad: 0 Fuego: 3

El producto está incluido en CERCLA, 313
MARCAJE: Líquido inflamable, venenoso.

SINÓNIMOS EN OTROS IDIOMAS

Inglés: Methanol, Methyl alcohol Wood spirit, Biekeski's solution, Colonial spirit, Columbian spirit, Pyroxylic spirit, Wood naphta.

Francés: Alcool méthylique

Alemán: Methylalkohol

Polaco: Metylowy alcohol

Italiano: Metanolo, Alcool metilico

PROPIEDADES QUÍMICAS

Este producto reacciona violentamente con bromo, hipoclorito de sodio, dietil-cinc, disoluciones de compuestos de alquil-aluminio, trióxido de fósforo, cloruro cianúrico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, sodio, ter-butóxido de potasio y perclorato de plomo. En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, anhídridos, agentes oxidantes, agentes reductores y metales alcalinos.

PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS

Densidad (g/ml): 0.81 g/ml (0/4°C), 0.7960 (15/°C), 0.7915 (20/4°C), 0.7866 (25/4°C).

Punto de fusión: -97.8°C.

Punto de ebullición (°C): 64.7 (760 mm de Hg), 34.8 (400 mm de Hg), 34.8 (200 mm de Hg), 21.2 (100 mm de Hg), 12.2 (60 mm de Hg), 5 (40 mm de Hg).

Índice de refracción a 20°C: 1.3292

Densidad de vapor (aire = 1): 1.11

Punto de inflamación (Flash point): 12°C.

Punto de congelación: -97.68°C.

Temperatura de ignición: 470°C.

Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 6-36.5

Temperatura crítica: 240°C.

Presión crítica: 78.5 atm

Volumen crítico: 118 ml/mol

Temperatura de autoignición: 380°C.

Tensión superficial (din/cm): 22.6

Calor específico (J/g K): 1.37 (vapor a 25°C) y 2.533 (líquido a 25°C).

Presión de vapor (mm de Hg): 127.2 (a 25°C).

Viscosidad (cP): 0.541 (líquido a 25°C).

Conductividad térmica (W/m K): 0.202 (a 25°C).

Formación de azeótropos con muchos compuestos.

Solubilidad: miscible con agua, etanol, éter, benceno, cetonas y muchos otros disolventes orgánicos. Disuelve una gran variedad de sales inorgánicas; por ejemplo: 43% de yoduro de sodio, 22% de cloruro de calcio, 4% de nitrato de plata, 3.2% de cloruro de amonio y 1.4% de cloruro de sodio.

NIVELES DE TOXICIDAD

RQ: 5000

IDLH: 25000 ppm

LDLo (oral en humanos): 4.28 mg/kg

LD₅₀ (oral en ratas): 5628 mg/kg

LC₅₀ (inhalado en ratas): 64000 ppm/4h

LD₅₀ (en piel con conejos): 15800 mg/kg

Niveles de irritación a piel de conejos: 500 mg/24 h, moderada

Niveles de irritación a ojos de conejos: 40 mg, moderada

Estados Unidos:

TLV TWA: 260 mg/m³ (200 ppm)

TLV STEL: 310 mg/m³ (250 ppm)

Reino Unido:

Periodos largos: 260 mg/m³ (200 ppm)

Periodos cortos: 310 mg/m³ (250 ppm)

Francia:

VME: 260 mg/m³ (200 ppm)

VLE: 1300 mg/m³ (1000ppm)

Alemania:

MAK: 260 mg/m³ (200 ppm)

MANEJO

Vestimenta

Evite todo contacto de la piel con el alcohol metílico. Se debe usar ropa y guantes antidisolventes; asimismo, toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, gorros y cascos) debe estar limpia, disponible y emplearse cada día de trabajo. ACGIH califica el caucho de nitrilo o viton como material de protección muy bueno.

Protección de los ojos

Cuando trabaje con líquidos, emplee gafas a prueba de salpicaduras de sustancias químicas y un escudo de protección de cara, o protección respiratoria con pieza facial de cara completa. No deben usarse lentes de contacto al utilizar metanol.

Manipulación

Donde sea posible, limitar las operaciones a un lugar cerrado con ventilación de escape local en el lugar de las emisiones químicas. Si no se usa un lugar cerrado o ventilación de escape local, deben usarse respiradores (máscaras protectoras), y el lugar debe estar siempre bien ventilado.

Donde sea posible, bombear el alcohol metílico líquido en forma automática desde los tambores u otros recipientes de almacenamiento a los recipientes de procesamiento. Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, utilizar propipetas, y **nunca aspirar con la boca**. Asimismo, no se debe comer, fumar o beber donde se manipula, procesa o almacena el metanol, pues se puede tragar la sustancia química.

Debe haber un lavado cuidadoso de manos antes de comer o fumar; inmediatamente después de exponerse al alcohol metílico y al término de la jornada de trabajo. Asimismo, resulta importante lavarse las partes del cuerpo que hayan podido estar en contacto con el metanol aunque usted no esté seguro si se produjo o no un contacto con la piel.

Si existe la posibilidad de exposición de la piel, deben suministrarse instalaciones para duchas de emergencia. Los trabajadores cuya ropa haya sido contaminada por el alcohol metílico deben cambiarse inmediatamente y ponerse ropa limpia.

ALMACENAMIENTO

Cuando se trata de cantidades grandes, el metanol debe almacenarse en recipientes de acero al carbón rodeado de un dique, y con sistema de extinguidores de fuego a base de polvo químico seco o dióxido de carbono; en el caso de cantidades pequeñas,

entonces puede manejarse en recipientes de vidrio. Sea como fuere, el metanol siempre debe mantenerse en recipientes bien cerrados, en áreas frías y bien ventiladas, alejado de fuentes de ignición y protegido de la luz directa del sol. Asimismo, **está terminantemente prohibido fumar o prender fuego abierto donde se usa, maneja o almacena metanol.**

De otra parte, se debe evitar el contacto con **oxidantes fuertes** (tales como cloro, bromo y flúor) porque se producen reacciones violentas. De igual modo, los envases de metal utilizados durante la transferencia de alcohol metílico deben estar conectados a tierra y unidos. Los cilindros deben estar equipados con válvulas automáticas, tapas de presión al vacío y parallamas. Se debe usar equipo y herramientas que no produzcan chispas, especialmente al abrir y cerrar envases de alcohol metílico.

TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transporte terrestre:

Marcaje: 1230

Líquido inflamable

Código HAZCHEM: 2 PE

Transporte aéreo:

Código ICAO/IATA: 1230 Clase: 3 (6.1)

Cantidad máx. en vuelos comerciales: 1 l

Cantidad máxima en vuelos de carga: 60 l

Transporte marítimo:

Código IMDG: 3087 Clase: 3.2

Marcaje: Líquido inflamable.Veneno.

RIESGOS

Riesgos de fuego y explosión:

Es un producto inflamable. Sus vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden viajar a una fuente de ignición, prenderse y regresar al área donde se produjeron en forma de fuego. Los contenedores pueden explotar. Al incendiarse, se producen gases venenosos como el formaldehído.

Riesgos a la salud:

El envenenamiento puede efectuarse por ingestión, inhalación o absorción cutánea. Ello se debe, posiblemente, a su oxidación en ácido fórmico o formaldehído, que se sabe que puede ser inhibida por etanol, pues el etanol es metabolizado de manera muy específica y desintoxica al organismo de metanol por medio de la respiración. Después de la muerte, el efecto más grave de este producto es la ceguera permanente. Veamos, seguidamente, un conjunto de riesgos posibles y sus efectos.

- **Inhalación:** La exposición a una concentración mayor de 200 ppm produce dolor de cabeza, náusea, vómito e irritación de membranas mucosas. Concentraciones muy altas pueden dañar el sistema nervioso central y causar problemas en la visión. Los efectos del metanol son acumulativos y una exposición constante, aún a bajos niveles, puede causar muchos de los efectos mencionados arriba, así como daño al hígado. Estos efectos varían con cada individuo.
- **Contacto con ojos:** Tanto los vapores como el líquido son muy peligrosos, pues se ha observado que el metanol tiene un efecto específico sobre el nervio óptico y la retina.
- **Contacto con la piel:** El contacto directo produce dermatitis y los efectos típicos (mencionados arriba) de los vapores de metanol que se absorben por la piel.
- **Ingestión:** El envenenamiento por este medio se lleva a cabo frecuentemente por etanol adulterado y sus efectos dependen de la cantidad ingerida, pues, como se mencionó arriba, el etanol afecta el metabolismo del metanol. Generalmente, una dosis de 25 a 100 ml resulta fatal. Al principio se produce una narcosis similar a la producida por el etanol, pero después de 10 a 15 horas se presentan daños más graves sobre el sistema nervioso central, específicamente sobre el nervio óptico y, finalmente, se presentan los efectos agudos ya mencionados.

- **Carcinogenicidad:** No se ha observado un incremento en los casos de cáncer en trabajadores expuestos a metanol, en estudios epidemiológicos.
- **Mutagenicidad:** Resultó ser no mutagénico en estudios con *Salmonella typhimurium* y no indujo el intercambio de cromátida hermana.
- **Peligros reproductivos:** En estudios con concentraciones altas de vapor (10 000 ppm) se incrementan las malformaciones congénitas, las cuales incluyen órganos urinarios y cardiovasculares. A concentraciones de 5 000 ppm no se observaron estos efectos.

ACCIONES DE EMERGENCIA

Primeros auxilios:

- **Inhalación:** Mover a la víctima a un área bien ventilada y mantenerla abrigada. Si no respira, dar respiración artificial y oxígeno.
- **Ojos:** Lavarlos con agua o disolución salina neutra en forma abundante durante al menos 15 minutos, abriendo los párpados con los dedos.
- **Piel:** Lavar la zona dañada inmediatamente con gran cantidad de agua y jabón. En caso necesario, quitar la ropa contaminada rápidamente.
- **Ingestión:** No inducir el vómito. Pueden utilizarse de 5 a 10 gr de bicarbonato de sodio para contrarrestar la acidosis provocada por este producto y en algunos casos, se ha informado de hemodiálisis como método efectivo para este tipo de envenenamiento.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

Control de fuego:

- Usar agua en forma de neblina, pues los chorros de agua pueden ser inefectivos.
- Enfriar todos los contenedores involucrados con agua. El agua debe aplicarse desde distancias seguras.
- En caso de fuegos pequeños, puede utilizarse extinguidores de espuma, polvo químico seco y dióxido de carbono.

Fugas y derrames:

- Utilizar el equipo de seguridad mínimo (bata, lentes de seguridad y guantes) y, dependiendo de la magnitud del siniestro, utilizar equipo de protección completo y de respiración autónoma.
- Alejar cualquier fuente de ignición del derrame.
- Ventilar el área del derrame o escape.
- Evitar que el metanol llegue a fuentes de agua y drenajes. Para ello construir diques con tierra, bolsas de arena o espuma de poliuretano, o bien, construir una fosa.
- Para aminorar los vapores generados, utilizar agua en forma de rocío y almacenar el líquido. Si el derrame es al agua, airear y evitar su movimiento mediante barreras naturales o bombas para controlar derrames y succionar el material contaminado.
- Absorber los líquidos mediante materiales como la vermiculita, arena seca, tierra, etc. y depositarlos en recipientes herméticamente cerrados. Tener la precaución debida pues el material utilizado para absorber puede quemarse; asimismo, este y el agua contaminada deben almacenarse en lugares seguros y desecharlos posteriormente de manera adecuada.
- En el caso de derrames pequeños, el líquido puede absorberse con papel y llevarse a una área segura para su incineración o evaporación, después se debe lavar el área con agua.

- Evitar que el metanol llegue a espacios cerrados o confinados donde puede haber riesgos de explosión.

Desechos:

En el caso de cantidades pequeñas, puede dejarse evaporar o incinerarse en áreas seguras. Para volúmenes grandes, se recomienda la incineración controlada junto con otros materiales inflamables.

DEFINICIONES

ACGIH es la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales. Recomienda el valor umbral límite de exposición (llamado TLV) a sustancias químicas en el lugar de trabajo.

EPA es la Agencia de Protección al Medio Ambiente, la agencia federal estadounidense responsable de regular peligros ambientales.

HHAG es el Grupo de Evaluación de la Salud Humana de la agencia federal EPA.

IARC es la Agencia Internacional para las Investigaciones sobre el Cáncer; grupo científico que clasifica los productos químicos según su potencial de causar cáncer.

MSHA es la Administración de Salud y Seguridad de Minas, la agencia federal estadounidense que regula la minería. También evalúa y aprueba los respiradores (máscaras protectoras).

NAERG es la Guía Norteamericana de Respuestas a Emergencias. Ha sido realizada en conjunto por Transport Canada, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos y la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México. Es una guía para casos de emergencia que permite realizar una identificación rápida de los riesgos genéricos y específicos que pueden resultar en caso de ocurrir un incidente en la transportación de material peligroso, a fin de proteger a las personas involucradas así como al público en general en la etapa inicial de respuesta al incidente.

NCI es el Instituto Nacional de Cáncer; una agencia federal estadounidense que determina el potencial de causar cáncer que tienen las sustancias químicas.

NFPA es la Asociación Estadounidense para la Protección contra los Incendios. Clasifica las sustancias de acuerdo con el riesgo de explosión o de incendio.

NIOSH es el Instituto Estadounidense para la Salud y Seguridad Ocupacionales. Examina equipos, evalúa y aprueba los respiradores, realiza estudios sobre los peligros en el lugar de trabajo y propone normas a OSHA.

NTP es el Programa Estadounidense de Toxicología que examina los productos químicos y revisa las evidencias de cáncer.

El **número CAS** es asignado por el Servicio de Abstractos Químicos (Chemical Abstracts Service) para identificar una sustancia química específica.

OSHA es la Administración de Salud y Seguridad Ocupacionales de los Estados Unidos, que adopta y hace cumplir las normas de salud y seguridad.

TLV es el valor umbral límite, el límite de exposición en el lugar de trabajo recomendado por ACGIH.

Un **carcinógeno** es una sustancia que causa cáncer.

Una sustancia **combustible** es un sólido, líquido o gas que se quema.

Una sustancia **corrosiva** es un gas, líquido o sólido que causa daños irreversibles al tejido humano o a los envases.

Una sustancia **inflamable** es un sólido, líquido, vapor o gas que se enciende fácilmente y se quema rápidamente.

Una sustancia **miscible** es un líquido o gas que se disuelve uniformemente en otro.

Un **mutágeno** es una sustancia que causa mutaciones. Una mutación es un cambio en el material genético de una célula del cuerpo. Las mutaciones pueden ocasionar defectos de nacimiento, abortos o cáncer.

La **presión de vapor** es la medida de la facilidad con que un líquido o sólido se mezcla con el aire en su superficie. Una presión de vapor más alta indica una concentración más alta de la sustancia en el aire y por lo tanto aumenta la probabilidad de inhalarla.

El **punto de inflamabilidad** es la temperatura a la cual un líquido o sólido desprende vapor que puede formar una mezcla inflamable con el aire.

Una sustancia **reactiva** es un sólido, líquido o gas que puede causar una explosión bajo ciertas condiciones o en contacto con otras sustancias específicas.

Un **teratógeno** es una sustancia que causa defectos de nacimiento al dañar el feto.

HIDRÓXIDO DE POTASIO: HOJA DE SEGURIDAD

FÓRMULA	KOH
PESO MOLECULAR	56.1047 g/mol
COMPOSICIÓN	KOH: 84.50 – 90.5 %, H ₂ O: 9.50 – 15.50 %
SINÓNIMOS	Potasa cáustica

RESUMEN DE LOS RIESGOS

- Puede causar quemaduras a los ojos, piel y membranas mucosas.
- Puede causar daño ocular permanente.
- La inhalación del polvo o aerosol puede causar daño pulmonar severo.
- Puede reaccionar violentamente con agua, ácidos y otras sustancias.
- Es altamente corrosivo.

GENERALIDADES

El hidróxido de potasio es un sólido blanco sin ningún olor especial, que presenta en cristales, escamas, briquetas y se utiliza generalmente en solución acuosa. Se utiliza en la manufactura de vidrio, en jabones, fertilizantes, limpiadores industriales, electroplateado, procesos químicos en general y la industria petrolera.

NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

CAS: 1310-58-3
UN: 1813
RTECS: TT2100000
NFPA: Salud: 3 Reactividad: 1 Fuego: 0
MARCAJE: Corrosivo. No usar agua. Gases venenosos se producen en un incendio. Los contenedores pueden explotar en un incendio.

SINÓNIMOS EN OTROS IDIOMAS

Inglés: Potassium hydroxide, Lye, Caustic potash, Potassa, Potassium hydrate
Francés: Potassium hydroxyde, potasse caustique
Alemán: Kalilumhydroxid
Italiano: Idrossido di potassio

PROPIEDADES QUÍMICAS

El hidróxido de potasio es estable químicamente. Absorbe dióxido de carbono y humedad del aire.

Reacciona con:

- aire,
- agua,
- ácidos,
- metales, y
- otros.

Se debe evitar el contacto directo con agua y ácidos para evitar reacciones violentas. El producto es corrosivo para la lata, aluminio, zinc y aleaciones conteniendo estos metales, y reacciona con ellos si se encuentran en polvo. Evitar el contacto con cuero, lana, ácidos, compuestos halogenados orgánicos, o compuestos orgánicos nitrogenados. Se puede formar monóxido de carbono si el KOH entra en contacto con azúcares reductores, productos alimenticios y bebidas en espacios cerrados, y puede producir la muerte.

PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS

Gravedad específica (agua=1): 2.044 (20 °C).

Presión de vapor (*mm* de *Hg*): 60 (a 1013 °C).

Densidad de vapor (aire = 1): no aplicable.

Tasa de evaporación: no aplicable.

% de volátiles en peso: 0.

Punto de ebullición (°C): 1320 (760 *mm* de *Hg*).

Punto de congelación: 400°C.

Punto de fusión: no disponible.

Solubilidad en agua (% p/p): completamente soluble.

pH: 0.01 mol/litro tiene pH 12.0

Temperatura de descomposición térmica: no disponible.

NIVELES DE TOXICIDAD

LD₅₀ (oral en ratas): 365 mg/kg.

Niveles de irritación a piel de conejos (50 mg, 24 h): severa.

Niveles de irritación a ojos de conejos a las 24 h: severa.

Exposición dérmica humana:

Sin importar la concentración, la severidad del daño y el grado de irreversibilidad del mismo se incrementan con la duración del tiempo de contacto. Un contacto prolongado con hidróxido de potasio, incluso diluido (>2%), puede causar un alto grado de destrucción de tejidos. El periodo de latencia luego del contacto con la piel, durante el cual no hay sensación de irritación, también varía con la concentración.

Consideraciones ecotoxicológicas:

Este material no es biodegradable y produce una leve toxicidad a organismos acuáticos en pruebas de laboratorio. Por ser fuertemente alcalino, cuando se descarga a aguas superficiales el KOH ocasiona un incremento del pH de las mismas, dependiendo de su capacidad de amortiguamiento. Los organismos acuáticos se estresan a niveles de pH por encima de 9, aunque muchas especies son tolerantes a niveles de pH de alrededor de 10. Este compuesto no es bioacumulable en organismos, aunque se deben tomar precauciones para evitar su descarga accidental al ambiente.

Límites de exposición en Estados Unidos:

TLV: 2 mg/m³ (turno de 10 horas).

PEL: 2 mg/m³ (concentración máxima instantánea).

MANEJO

Vestimenta

- Utilizar guantes resistentes a los químicos, como caucho, neopreno o vinilo.
- Utilizar ropa de protección para minimizar contacto con la piel, cerrada en el cuello y las muñecas.
- Lavar las ropas contaminadas y secar antes del reempleo.
- Desechar los zapatos que no puedan ser descontaminados.

Protección de los ojos

Utilizar gafas de protección química.

Protección respiratoria

No es necesaria bajo condiciones normales de uso. En caso de que se puedan producir contaminantes aerotransportados, usar un respirador aprobado.

Manipulación

Utilizar equipo de protección personal cuando se trabaje con KOH. Se debe contar con una ducha de seguridad y con equipo de lavado de ojos cerca del lugar de trabajo. No se requiere equipo de ventilación especial para las condiciones normales de uso, pero siempre se debe evitar la inhalación de polvo y se recomienda el empleo de sistemas adecuados de ventilación local (extractores de aire).

Se puede formar gas de monóxido de carbono (CO) si el hidróxido entra en contacto con productos alimenticios o de bebida en espacios cerrados; este gas es venenoso y puede causar la muerte. En estos casos sí se requeriría de ventilación especial.

Los contenedores, incluso cuando están vacíos, retienen residuos y vapores del producto, y deben ser manejados como si estuvieran llenos. De igual modo, resulta importante evitar que entre en contacto con los ojos, piel o vestimenta. No se debe ingerir.

Es importante mantener el KOH alejado de ácidos, para evitar posibles reacciones violentas. Asimismo, si el producto es añadido muy rápidamente, o sin agitar, y se concentra en el fondo del envase de mezclado, se puede generar un exceso de calor que resulta en peligro de ebullición y salpicaduras, y una posible erupción inmediata y violenta de solución altamente cáustica.

Después de toda manipulación, debe haber un aseo a fondo, pues la exposición puede causar quemaduras que no son visibles ni dolorosas inmediatamente.

Instrucciones de mezclado y manipulación

- Cuando el producto es mezclado con agua se genera un calor considerable, por ello resulta importante seguir los siguientes pasos cuando se hagan soluciones:
- Usar siempre la ropa y gafas de protección.
- Nunca añadir agua al producto. Siempre añadir el producto, con agitación constante, lentamente a la superficie de agua tibia, para asegurar que el producto se disuelve completamente mientras se añade.
- El producto puede reaccionar explosivamente con ácidos, aldehídos y muchos otros compuestos orgánicos, por eso añadirlo muy gradualmente mientras se agita constantemente.
- Siempre vaciar y limpiar los recipientes de todos los residuos de cualquier sustancia antes de poner ahí el KOH, para evitar posibles reacciones violentas entre este producto y los residuos desconocidos.
- Evitar el contacto con aluminio, lata, zinc y aleaciones de estos metales; asimismo, evitarlo también con cuero, lana, ácidos, compuestos orgánicos halogenados y compuestos orgánicos nitrogenados.

ALMACENAMIENTO

- Mantener los contenedores bien cerrados y rotulados apropiadamente.
- Mantener los recipientes cerrados excepto cuando se transfiere material.
- Almacenar en una zona fresca y ventilada lejos de materiales incompatibles (ver sección anterior).

TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transporte terrestre:

Marcaje: UN1813

Hidróxido de potasio, sólido

Transporte aéreo:

Código ICAO/IATA: 1813 Clase: 8 (9.2)

RIESGOS

Riesgos de fuego y explosión:

El hidróxido de potasio no es combustible ni inflamable. Sin embargo, el contacto directo con agua o ácidos fuertes puede causar una reacción exotérmica violenta.

Riesgos a la salud:

- **Rutas de ingreso:** Inhalación e ingestión.
- **Órganos que pueden ser afectados:** Ojos, piel, tracto respiratorio, tracto gastrointestinal.
- **Irritabilidad:** Líquidos, vapores o polvo pueden ser irritantes para los ojos, piel y tracto respiratorio.
- **Carcinogenicidad:** Ninguna conocida.

Exposición de corto plazo (aguda):

- **Inhalación:** La exposición al vapor, polvo o líquido puede producir quemaduras del tracto respiratorio. Exposiciones severas pueden resultar en neumonía química.
- **Contacto con ojos:** El contacto puede causar daño severo, incluyendo quemaduras y ceguera. La severidad de los efectos depende de la concentración y de la rapidez con que se lavan los ojos después de la exposición.
- **Contacto con la piel:** Es corrosivo. El contacto puede causar quemaduras y destrucción de tejidos. La irritación puede ocurrir luego de un periodo inicial de latencia (retraso entre el momento de la exposición y el momento en que se inicia la irritación). Este periodo de latencia puede variar entre muchas horas para una solución diluida (0.04%) y minutos para soluciones más concentradas (25-50%). El contacto prolongado o repetitivo, incluso en concentraciones diluidas, puede causar un alto grado de destrucción de tejidos.
- **Ingestión:** Corrosivo. Causa quemaduras severas y perforación total del tejido de membranas mucosas de la boca, garganta y estómago.
- **Exposición repetida (crónica):** No hay efectos crónicos conocidos.

ACCIONES DE EMERGENCIA

Primeros auxilios:

- **Inhalación:** Mover a la víctima a un área bien ventilada y con aire fresco. Si la respiración es dificultosa, conseguir una persona entrenada para que administre oxígeno. Si la respiración cesa, administrar respiración artificial. Buscar atención médica inmediatamente.
- **Ojos:** Inmediatamente enjuagarlos con una corriente de agua directa durante al menos 15 minutos, abriendo los párpados con los dedos para asegurar una irrigación completa de todo el ojo y el tejido de los párpados. El lavado dentro de los primeros segundos es esencial para lograr una máxima efectividad. Buscar atención médica inmediatamente.
- **Piel:** Enjuagar exhaustivamente con agua fresca bajo una ducha y quitar la ropa y calzado contaminados. Desechar el calzado que no sea de caucho. Lavar la ropa antes de volver a usarla. Buscar atención médica lo más pronto posible.
- **Ingestión:** Nunca suministrar algo vía oral a una persona inconsciente. No inducir al vómito. Dar grandes cantidades de agua (de ser posible, múltiples vasos de leche). Si el vómito ocurre espontáneamente, mantener las vías respiratorias limpias y dar más agua. Buscar atención médica inmediata.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

Control de fuego:

El KOH no es inflamable ni combustible. Sin embargo, en caso de que haya fuego en las cercanías de su lugar de almacenamiento tomar las siguientes medidas:

- Mantener frescos los recipientes expuestos al fuego mediante aplicación de agua en forma de neblina.
- Usar agua para refrescar los contenedores pero evitar que el agua entre en contacto con el hidróxido.
- Utilizar equipo de respiración autocontenido y de presión positiva y ropa protectora completa.

Fugas y derrames:

- Evacuar al personal innecesario.
- Contener el material y prevenir la acumulación de polvo.
- Precaución importante: este producto puede reaccionar fuertemente con ácidos y agua. ***Nunca verter al desagüe.***
- Métodos de limpieza: el material seco puede ser levantado con una pala. El material líquido puede ser removido con un tren de vacío. Neutralizar trazas remanentes con cualquier ácido inorgánico diluido (clorhídrico, sulfúrico o acético). Enjuagar el área del derrame con agua y luego poner una cubierta de carbonato de sodio. Todo el material de limpieza debe ser removido para un tratamiento adecuado o disposición final. Derrames en superficies no pavimentadas (por ejemplo, tierra o arena) pueden ser manejados mediante la remoción del suelo afectado y su disposición en contenedores apropiados.

HIDRÓXIDO DE SODIO: HOJA DE SEGURIDAD

FÓRMULA	NaOH
PESO MOLECULAR	40.01 g/mol
COMPOSICIÓN	Na: 57.48%; H: 2.52%; O:40.00%
SINÓNIMOS	Soda, soda cáustica, sosa, sosa cáustica, lejía

RESUMEN DE LOS RIESGOS

- Puede causar quemaduras a los ojos, piel y membranas mucosas.
- Puede causar daño ocular permanente.
- La inhalación del polvo o aerosol puede causar daños graves en el tracto respiratorio.
- Su ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta, esófago y estómago. Ello puede causar la muerte.
- En el largo plazo, puede ocurrir cáncer de esófago en personas que han ingerido hidróxido de sodio (sólido, en solución, polvo o neblinas).
- Puede reaccionar violentamente con agua, ácidos y otras sustancias.
- Es altamente corrosivo.

GENERALIDADES

El hidróxido de sodio es un sólido blanco e industrialmente se utiliza como disolución al 50 % por su facilidad de manejo. Es soluble en agua, desprendiéndose calor cuando se mezclan. De igual modo, absorbe humedad y dióxido de carbono del aire, y es corrosivo para metales y tejidos. Es usado en síntesis, en el tratamiento de celulosa para hacer rayón y celofán, en la elaboración de plásticos, jabones y otros productos de limpieza, entre varios otros usos.

El hidróxido de sodio se obtiene, principalmente, por electrólisis de cloruro de sodio, por reacción de hidróxido de calcio y carbonato de sodio, y al tratar sodio metálico con vapor de agua a bajas temperaturas.

NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

CAS:	1310-73-2
UN:	1823
NIOSH:	WB4900000
NOAA:	9073
RTECS:	WB4900000
NFPA:	Salud: 3 Reactividad: 1 Fuego: 0
HAZCHEM CODE	2R

MARCAJE: Sólido corrosivo.

SINÓNIMOS EN OTROS IDIOMAS

Inglés: Caustic soda, Sodium hydroxide, Sodium hydrate, Ascarite, Collo-grillrein, Collo-tapetta, Red devil lye, Lye, Soda lye, White caustic.

Francés: Hydroxyde de sodium.

Alemán: Natriumhydroxid, Aetznatron.

Italiano: Idrossido di sodio.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El NaOH reacciona con metales como Al, Zn y Sn, generando aniones como AlO_2^- , ZnO_2^- y SnO_3^{2-} e hidrógeno. Con los óxidos de estos metales, forma esos mismos aniones y agua. Con cinc metálico, además, hay ignición. Se ha informado de reacciones explosivas entre el hidróxido de sodio y el nitrato de plata amoniacal caliente, 4-cloro-2-metil-fenol, 2-nitro anisol, cinc metálico, N,N, -bis(trinitro-etil)-urea, azida de cianógeno, 3-metil-2-penten-4-in-1-ol, nitrobenzeno, tetrahidrobórato de sodio, 1,1,1-tricloroetanol, 1,2,4,5-tetraclorobenceno y circonio metálico.

Con bromo, cloroformo y triclorometano las reacciones son vigorosas o violentas. La reacción con sosa y tricloroetileno es peligrosa, ya que este último se descompone y genera dicloroacetileno, que es inflamable.

PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS

Densidad: 2.13 g/ml (25 °C).

Presión de vapor (mm de Hg): 1 (a 739 °C).

Punto de ebullición (°C): 1388 (760 mm de Hg).

Punto de fusión: 318.4 °C.

Solubilidad: soluble en agua, alcoholes y glicerol. Insoluble en acetona (aunque reacciona con ella) y éter. 1 g se disuelve en 0.9 ml de agua, 0.3 ml de agua hirviendo, 7.2 ml de alcohol etílico y 4.2 ml de metanol.

pH de soluciones acuosas: 0.05%: pH 12; 0.5%: pH 13; 5%: pH 14

NIVELES DE TOXICIDAD

RQ: 1000

IDLH: 250 mg/m³

LD₅₀ (en conejos): 500 ml/kg de una disolución al 10%

Niveles de irritación a piel de conejos (50 mg, 24 h): severa

Niveles de irritación a ojos de conejos: 4 mg, leve; 1% o 50 microg/24 h, severa

Estados Unidos: TLV-C: 2 mg/m³

Francia: VME: 2 mg/m³

Alemania: MAK: 2 mg/m³

Reino Unido:

Periodos largos: 2 mg/m³

Periodos cortos: 2 mg/m³

MANEJO

Equipo de protección personal

Para el manejo de NaOH es necesario el uso de lentes de seguridad, bata y guantes de neopreno, nitrilo o vinilo. Siempre debe manejarse en una campana y no deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este compuesto. En caso de contaminación de la ropa, quitar inmediatamente, y lavar y secar antes de su reemplazo.

Protección de los ojos

Utilizar gafas de protección química y no usar lentes de contacto. Donde haya posibilidad de que los ojos puedan quedar expuestos al hidróxido de sodio o soluciones de él, debe haber disponible un equipo de lavado de ojos.

Protección respiratoria

Ella no es necesaria bajo condiciones normales de uso. En caso de que se puedan producir contaminantes aerotransportados, usar un respirador aprobado. Para bajas concentraciones en el aire (100 mg/m³ o menos), es suficiente un respirador de partículas de alta eficiencia, con protección de cara completa.

Manipulación

En el caso de trasvasar pequeñas cantidades de disoluciones de soda con pipeta, utilizar una propipeta, **nunca aspirar con la boca**. De igual modo, se debe utilizar equipo de protección personal, contar con una ducha de seguridad y con equipo de lavado de ojos cerca del lugar de trabajo. No se requiere equipo de ventilación especial para las condiciones normales de uso, pero es importante utilizar sistemas adecuados de ventilación local (extractores de aire) y evitar la inhalación de polvo.

Los contenedores, incluso cuando están vacíos, retienen residuos y vapores del producto y deben ser manejados como si estuvieran llenos. Evitar que el NaOH entre en contacto con los ojos, piel o vestimenta. No ingerir.

Mantener alejado de ácidos, para evitar posibles reacciones violentas. Si el producto es añadido muy rápidamente, o sin agitar, y se concentra en el fondo del envase de mezclado, se puede generar un exceso de calor, que resulta en peligro de ebullición y salpicaduras, o una posible erupción inmediata y violenta de solución cáustica.

ALMACENAMIENTO

El hidróxido de sodio debe ser almacenado en un lugar seco, protegido de la humedad, el daño físico y alejado de ácidos, metales, disolventes clorados, explosivos, peróxidos orgánicos y materiales que puedan arder fácilmente. Se deben mantener los recipientes cerrados excepto las veces que se transfiera el material.

TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transporte terrestre:

Marcaje: UNI 823.

Sustancia corrosiva.

Transporte aéreo:

Código ICAO/IATA: 1813 Clase: 8.

Marcaje: Corrosivo.

Cantidad máxima en vuelo comercial: 15 **kg**.

Cantidad máxima en vuelo de carga: 50 **kg**.

Transporte marítimo:

Número en IMDG: 8125.

Clase: 8.

Marcaje: Corrosivo.

RIESGOS

Riesgos de fuego y explosión:

El hidróxido de sodio no es inflamable. Sin embargo, puede provocar fuego si se encuentra en contacto con materiales combustibles. Por otra parte, se generan gases inflamables al ponerse en contacto con algunos metales. Es soluble en agua generando calor.

Riesgos a la salud:

El hidróxido de sodio es irritante y corrosivo de los tejidos. Los casos más comunes de accidente son por contacto con la piel y ojos, así como inhalación de neblinas o polvo.

Inhalación: La inhalación de polvo o neblina causa irritación y daño al tracto respiratorio. En caso de exposición a concentraciones altas, se presenta ulceración nasal. A una concentración de 0.005 – 0.7 mg/m³ se ha informado de quemaduras en la nariz y tracto. En estudios con animales, se han reportado daños graves en el tracto respiratorio, después de una exposición crónica.

Contacto con ojos: El NaOH es extremadamente corrosivo a los ojos, por lo que las salpicaduras son muy peligrosas, ya que pueden provocar desde una gran irritación en la córnea, ulceración, nubosidades y, finalmente, su desintegración. En casos más severos puede haber ceguera permanente, por lo que los primeros auxilios inmediatos son vitales.

Contacto con la piel: El NaOH sólido es altamente corrosivo a la piel. Se han hecho biopsias de piel en voluntarios a los cuales se aplicó una disolución de NaOH 1N en los brazos de 15 a 180 minutos, observándose cambios progresivos, empezando con disolución de células en las partes callosas, pasando por edema y llegando hasta una destrucción total de la epidermis en 60 minutos. Las disoluciones de concentración menos del 0.12% dañan la piel en aproximadamente 1 hora. Se han reportado casos de disolución total de cabello, calvicie reversible y quemaduras del cuero cabelludo en trabajadores expuestos a disoluciones concentradas de sosa por varias horas. Por otro lado, una disolución acuosa al 5% genera necrosis cuando se aplica en la piel de conejos por 4 horas.

Ingestión: Causa quemaduras severas en la boca. Si se traga, además, se produce un daño en el esófago, que genera vómitos y colapso.

Carcinogenicidad: Este producto está considerado como posible causante de cáncer de esófago, aún después de 12 a 42 años de su ingestión. La carcinogénesis puede deberse a la destrucción del tejido y la formación de costras, más que por el producto en sí mismo.

Mutagenicidad: Se ha encontrado que este compuesto es no mutagénico.

Peligros reproductivos: No hay información disponible.

ACCIONES DE EMERGENCIA

Primeros auxilios:

- **Inhalación:** Retirar del área de exposición hacia una bien ventilada. Si el accidentado se encuentra inconsciente, no dar a beber nada, dar respiración artificial y rehabilitación cardiopulmonar. Si se encuentra conciente, levantarlo o sentarlo lentamente, y suministrar oxígeno si es necesario.
- **Ojos:** Lavar con abundante agua corriente, asegurándose de levantar los párpados hasta eliminación total del producto.
- **Piel:** Quitar la ropa contaminada inmediatamente. Lavar el área afectada con abundante agua corriente.
- **Ingestión:** No provocar el vómito. Si el accidentado se encuentra inconsciente, tratarlo como en el caso de inhalación. Si aquel está conciente, se debe darle a beber una cucharada de agua, inmediatamente, y después, cada 10 minutos.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

Control de fuego:

1. Pueden usarse extinguidores de agua en las áreas donde haya fuego y se almacena NaOH, evitando que haya contacto directo con el compuesto.

Fugas y derrames:

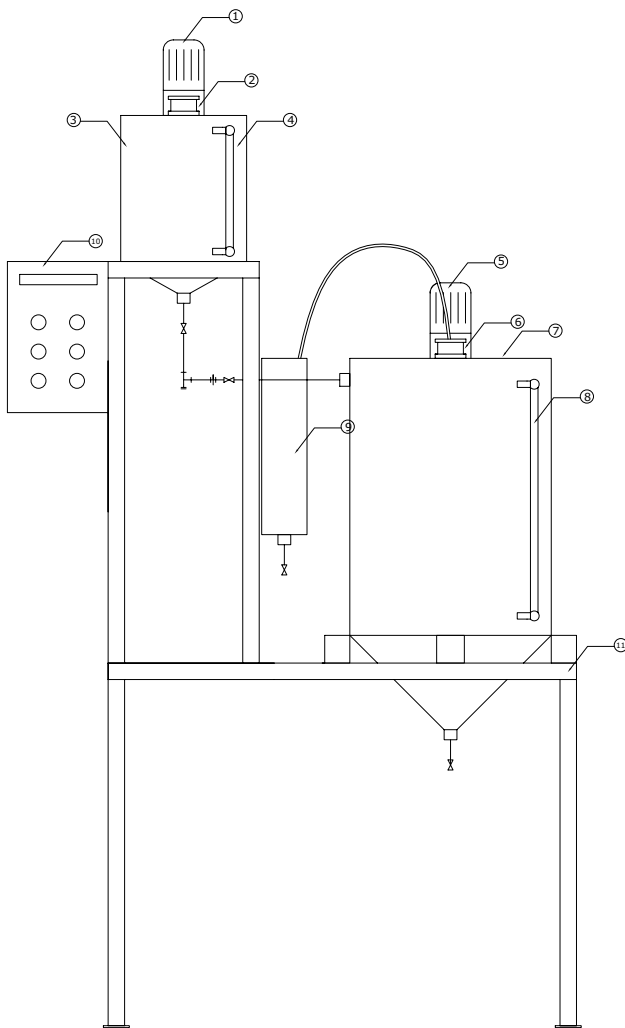
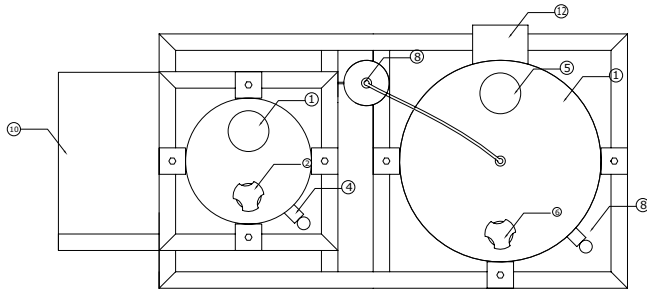
2. En todo caso de derrame, ventilar el área y colocarse la ropa de protección necesaria, como lentes de seguridad, guantes, overoles químicamente resistentes, botas de seguridad.
3. Mezclar el sólido derramado con arena seca, neutralizar con HCl diluido, diluir con agua, decantar y tirar al drenaje. La arena puede desecharse como basura doméstica.
4. Si el derrame es una solución, hacer un dique y neutralizar con HCl diluido. Agregar gran cantidad de agua y tirar al drenaje.

Desechos:

5. Para pequeñas cantidades, agregar lentamente y con agitación, agua y hielo. Ajustar el pH a neutro con HCl diluido. La disolución acuosa resultante, puede tirarse al drenaje diluyéndola con agua. Durante la neutralización se desprende calor y vapores, por lo que debe hacerse lentamente y en un lugar ventilado adecuadamente.

**Anexo 3:
Plano general del reactor**

REACTOR DE BIODIÉSEL 50 L



LEYENDA

- ① AGITADOR CON MOTOR VERTICAL
- ② TAPA DE SUMINISTRO DE METANOL
- ③ TANQUE DE METANOL
- ④ VISOR DEL NIVEL DE BIODIÉSEL
- ⑤ AGITADOR CON MOTOR VERTICAL
- ⑥ TAPA DE SUMINISTRO DE ACEITE
- ⑦ REACTOR
- ⑧ VISOR DEL NIVEL DE BIODIÉSEL
- ⑨ DEPÓSITO DE ALIVIO PARA METANOL
- ⑩ PANEL DE CONTROL
- ⑪ SOPORTE METÁLICO
- ⑫ RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO 3 KW

- ⊗ VÁLVULA
- ┌ CODO 90°
- ⊕ UNIÓN UNIVERSAL
- └ TEE CON TAPÓN

Proyecto Biodiésel ITDG - UNALM

PLANO GENERAL DEL REACTOR

ESCALA:
1/75

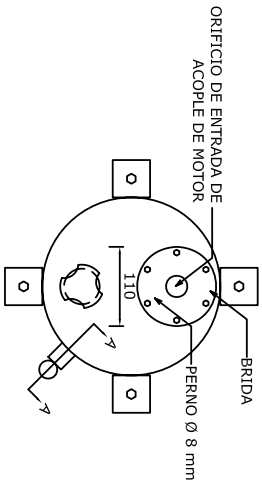
DIBUJANTE:
Elsa Cortijo Aragón

PLANO Nº:
01

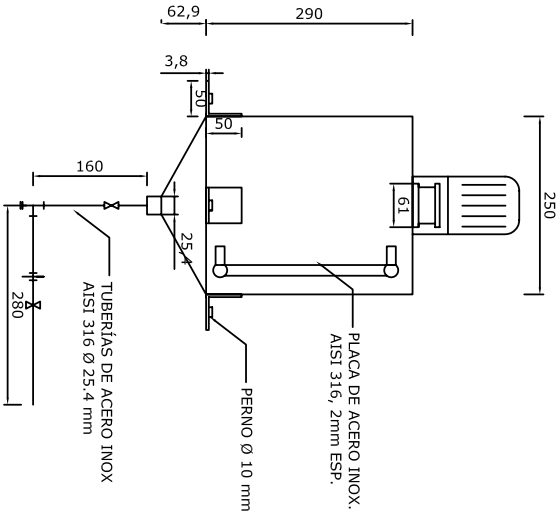
Anexo 4: Tanque de metanol A

TANQUE DE METANOL

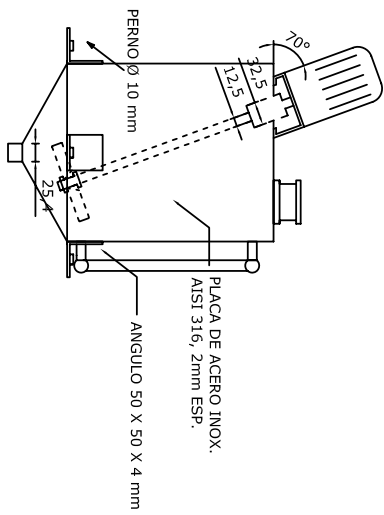
VISTA SUPERIOR
APOYO DEL MOTOR



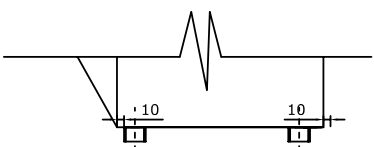
VISTA FRONTAL



VISTA DE PERFIL



CORTE AA

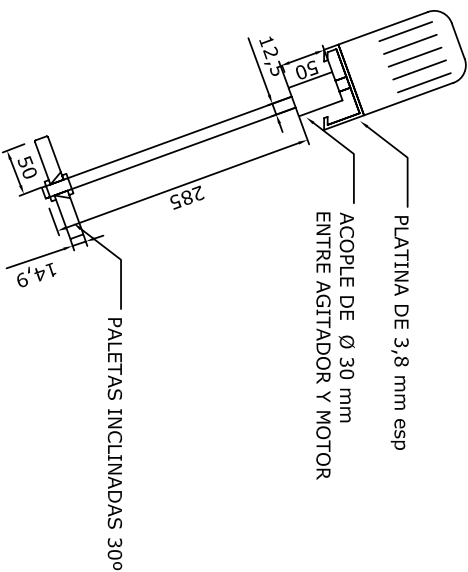


Proyecto Biodiésel ITDG - UNALM	
TANQUE DE METANOL	ESCALA: 1/10
DIBUJANTE: Elsa Cortijo Aragón	PLANO Nº: 02

TANQUE DE METANOL

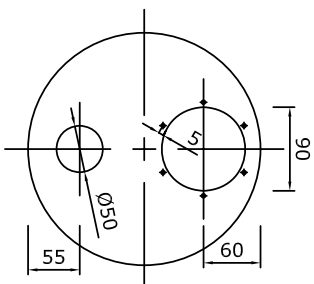
Tanque de metanol B

AGITADOR



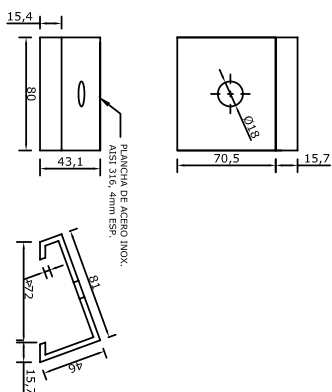
Esc: 1 / 7.5

VISTA SUPERIOR DE TAPA DEL CILINDRO



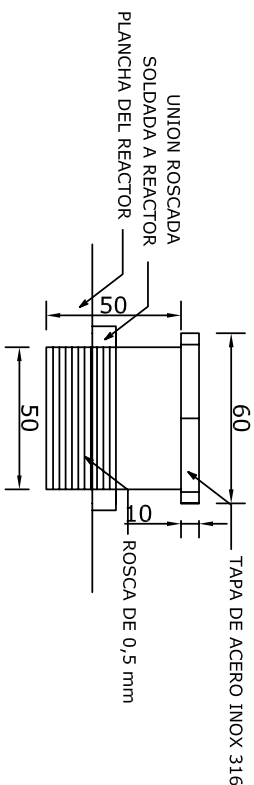
Esc: 1 / 7.5

SOPORTE DE AGITADOR

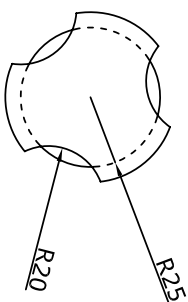


Esc: 1 / 5

TAPA



Esc: 1 / 2.5



Proyecto Biodiésel ITDG - UNALM

TANQUE DE METANOL

ELABORANTE:
Elsa Cortijo Aragón

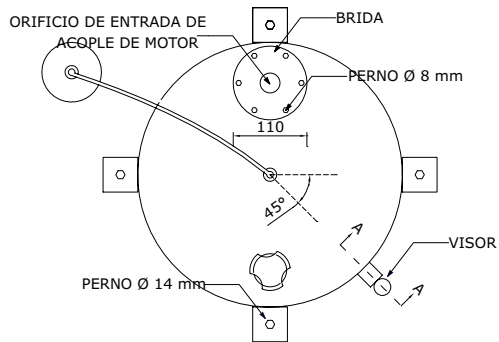
ESCALA:
Indicada

PLANO Nº:
03

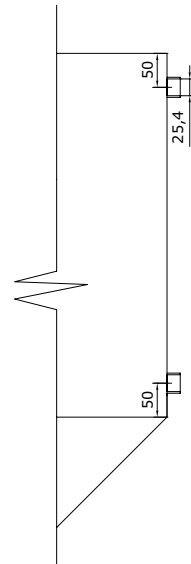
**Anexo 5:
Reactor A**

REACTOR

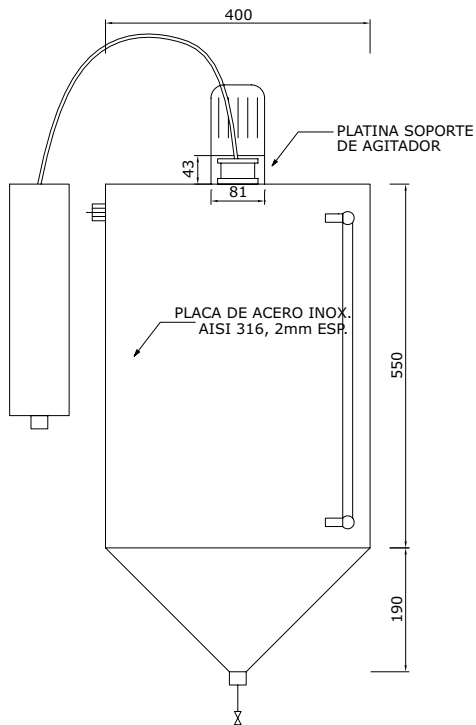
**VISTA SUPERIOR
APOYO DEL MOTOR**



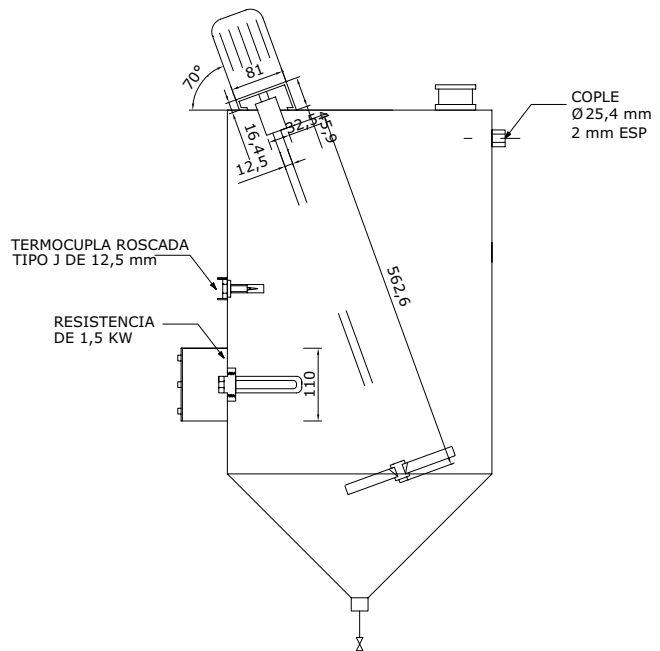
CORTE AA



VISTA FRONTAL



VISTA EN CORTE



Proyecto Biodiésel ITDG - UNALM

REACTOR

ESCALA:
1/10

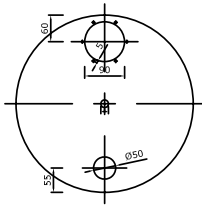
DIBUJANTE:
Elsa Cortijo Aragón

PLANO Nº:
04

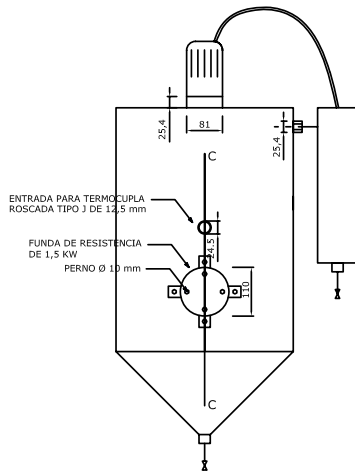
Reactor B

REACTOR

VISTA SUPERIOR
TAPA DEL CILINDRO

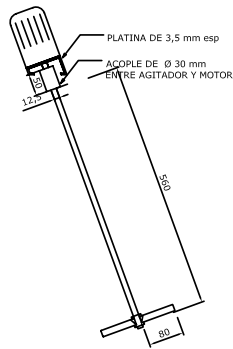


VISTA POSTERIOR



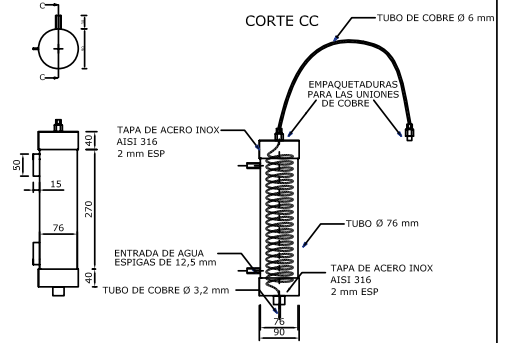
Esc: 1 / 15

AGITADOR



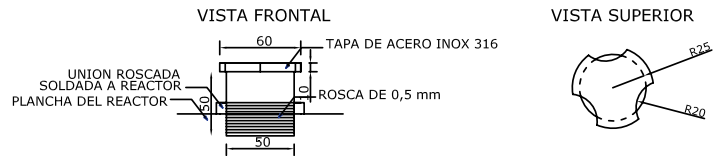
Esc: 1 / 15

CONDENSADOR DE METANOL



Esc: 1 / 15

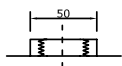
TAPA



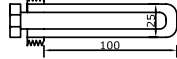
Esc: 1 / 5

RESISTENCIA

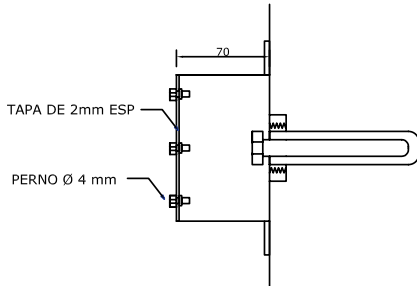
COPEL ROSCADO A TANQUE
2 NPT AISI 316



RESISTENCIA 1.5 KW

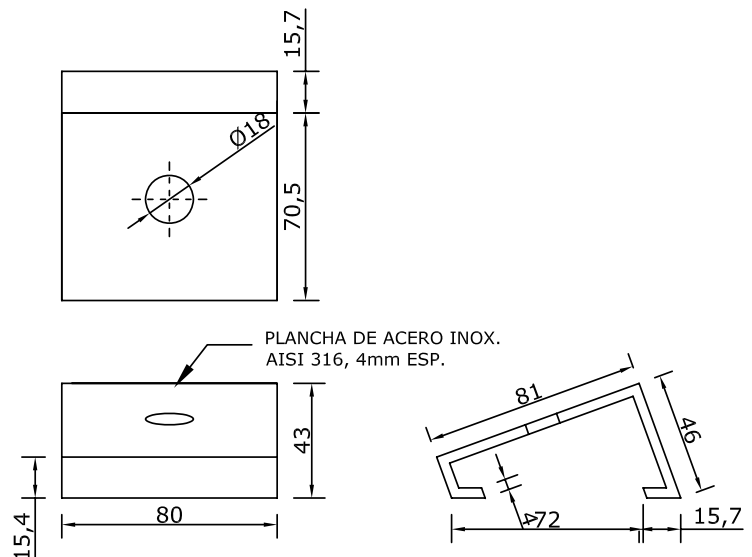


INSTALACION DE RESISTENCIA



Esc: 1 / 5

SOPORTE DE AGITADOR



Esc: 1 / 2.5

Proyecto Biodiésel ITDG - UNALM

REACTOR

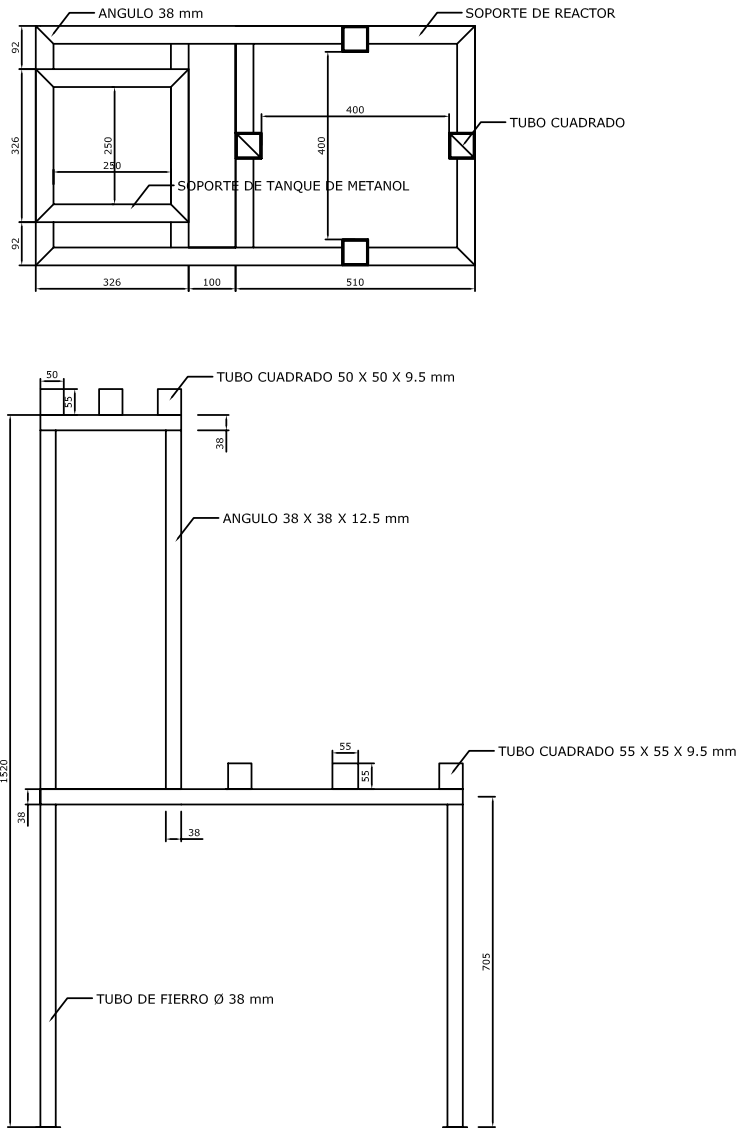
ESCALA:
Indicada

DIBUJANTE:
Elsa Cortijo Aragón

PLANO N°:
05

Anexo 6: Soporte de reactor

ESTRUCTURA DE SOPORTE



Proyecto Biodiésel ITDG - UNALM

SOPORTE DE REACTOR

ESCALA:
1/15

DIBUJANTE:
Elsa Cortijo Aragón

PLANO Nº:
06



RESPUESTAS PRÁCTICAS

Respuestas Prácticas es un servicio especializado en temas como energías renovables, agroindustria, prevención de desastres, tecnologías apropiadas, etc., dirigido a microempresarios, productores, investigadores, ONG y personas que trabajan en desarrollo en general. A través de su Centro de Información, ofrece gratuitamente:

- Servicio de consultas técnicas, que cuenta con especialistas capacitados para resolver tus consultas
- Suscripción a noticias diarias y alertas bibliográficas vía Internet
- Biblioteca especializada con más de 8 mil libros y más de 100 revistas dedicadas a temas de energía, desarrollo, agricultura, entre otros



Envíanos un correo-e a la siguiente dirección:
info@solucionespracticas.org.pe o llámanos a:
(51-1) 444-7055, 242-9714, 447-5127

Nuevas publicaciones de la serie Manuales de Soluciones Prácticas – ITDG

Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidráulicas

Serie manuales N° 36

Manual de capacitación en administración de pequeñas centrales hidráulicas

Serie manuales N° 35

Microaerogeneradores de 100 y 500 W

Serie manuales N° 34

Organización de servicios eléctricos en pequeñas poblaciones rurales aisladas

Serie manuales N° 33

Metodologías y herramientas para la capacitación en riesgo de desastres

Serie manuales N° 32

Reconstrucción y gestión de riesgo: una propuesta técnica y metodológica

Serie manuales N° 31

Gestión de riesgo en los gobiernos locales

Serie manuales N° 30

Guía metodológica para la gestión de riesgos de desastres en los centros de educación primaria

Serie manuales N° 29

Manual de pastos y forrajes altoandinos

Serie manuales N° 28

Manual de Gestión de Riesgo en las Instituciones Educativas

Serie manuales N° 27

Av. Jorge Chávez 275 Miraflores, Lima, Peru

Telefonos: (51-1) 444-7055, 447-5127, 242-9714, 446-6621

Personas de contacto:

Efraín Peralta

eperalta@solucionespracticas.org.pe

Giannina Solari

gsolari@solucionespracticas.org.pe