

CAPITULO 5

DISEÑO DEL BIODIGESTOR

5.1 FACTORES DE CONSTRUCCION

El digestor puede estar hecho con diferentes materiales de construcción, y puede estar enterrado o sobre el nivel del suelo, puede ser vertical u horizontal.

La campana almacenadora del gas, llamada gasómetro, que puede ser móvil y flotante, cubre el digestor y puede construirse de metal, plásticos, ferrocemento o fija de mampostería, en otros casos esta campana móvil puede estar separada del digestor, la función de esta campana es la de almacenar el gas que se produce en el digestor, además ejerce presión al gas para el consumo.

Dispone de un tanque de carga en donde se prepara la mezcla de la materia prima, con agua y a través de un ducto es depositada en el fondo del digestor. La capacidad de este, debe ser igual al volumen del material a digerirse, que requiere el digestor diariamente; adicionalmente, se puede colocar o no un tanque de almacenamiento del residuo (abono) que sale del digestor y debe estar colocado a 180 grados del tanque de carga, mínimo 90 grados.

Para complementar un proyecto de biogás, se hace necesario tener muy en cuenta ciertas consideraciones que a la postre tornan en las decidoras del éxito o fracaso en la funcionalidad de un sistema, así podemos citar:

SELECCION DEL LOCAL DE IMPLEMENTACION (SITIO A CONSTRUIRSE):

- a. Debe ser de acceso fácil durante todo el año
- b. Verificar de no estar expuesto a fuertes y continuas corrientes de vientos
- c. Evitar áreas de posibles inundaciones
- d. Verificar la disponibilidad de agua suficientemente permanente para la carga regular y limpieza
- e. Que posibilite un retirado completo de la carga (en caso de limpieza)
- f. Evitar sitios con nivel freáticos, alto
- g. Se debe ubicar al digestor en un punto más próximo al sitio de colocación del estiércol y a los puntos de consumo del gas "Es preferible llevar el gas por tubería que el estiércol por carretilla"
- h. El digestor no debe ubicarse a más de 30 - 40 metros del corral o establo; distancias superiores perjudican el trabajo de carga al digestor
- i. Debe procurarse un sitio con bastante insolación
- j. Se ubicará a por los menos 15 metros de distancia de la fuente de agua
- k. Se aprovecharán sitios con cierto declive, para que facilite la posible carga y descarga automática.

5.2 FACTORES UTILITARIOS

- FUNCIÓN PRINCIPAL.

Los sistemas integrados para el reciclado y la recuperación de recursos y mejora en las condiciones de saneamiento de una zona deben considerar como eje central del sistema un digestor anaerobio

La función principal para el establecimiento del biodigestor es que constituyen una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos presentes en las aguas residuales ya que previene la contaminación de los cuerpos de agua y al mismo tiempo suministra un gas combustible (fundamentalmente metano) que puede emplearse para satisfacer la demanda de energía de una comunidad y un efluente que puede ser utilizado como fertilizante.

El biogás es empleado fundamentalmente en la generación eléctrica, en motores para bombas de agua, alumbrado, en la cocción de alimentos y equipos de refrigeración. El efluente en el riego de pasturas y en la generación de biomasa cuando es sometido a postratamiento.

El tratamiento de excremento de animales y humanos en sistemas de Biogás mejora las condiciones de saneamiento para los propietarios de la planta, sus familias y la comunidad entera ya que el contenido inicial de patógenos del excremento se reduce apreciablemente debido a los procesos de fermentación.

La adopción de biodigestores ha sido muy alta entre agricultores de áreas donde la leña escasea o el acceso a electricidad u otras fuentes de energía es limitado. Esta situación ha sido observada en campos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, y Sri Lanka. Como un resultado de la investigación en la tecnología de biogás, se

han desarrollado diferentes diseños de plantas de biogás como el caso del tipo de la India, con una campana flotante o el modelo chino de campana fija para el almacenamiento de biogás

En zonas tropicales los modelos de la India (también conocido como Gobar) y el modelo Chino han tenido problemas por la aparición de grietas en el concreto usado para construir estas unidades, especialmente durante periodos largos de altas temperaturas.

La planta de biogás, que es el nombre correcto de la instalación de esta tesis, consiste en un digestor, que no es más que el depósito donde se introducen los materiales de desperdicios, y una campana almacenadora de gas.

una nueva tecnología. Los beneficios directos incluyen, por ejemplo, gastos no incurridos en la compra de otros combustibles convencionales, gracias al uso de biogás y del efluente del biodigestor. Valores funcionales incluyen el potencial de la tecnología para disminuir impactos ambientales causados por otras fuentes convencionales de energía.

- USOS.

Este proyecto estará beneficiando de forma integral a la granja en la cual se realiza la construcción.

De forma energética, el gas combustible, que se obtiene en la cámara, como consecuencia de la fermentación anaeróbica (sin aire) de los desechos del estiércol animal mezclados con agua, nos ayudara principalmente a la climatización y en segundo lugar a la cocción de los alimentos de las personas propietarias de dicho lugar.

El Biofertilizante que es el residuo de la fermentación anaeróbica, se lo obtiene después de la producción de biogás.

Es un abono óptimo, rico en nutrientes, como Nitrógeno, fósforo y Potasio. No tiene mal olor, no atrae insectos, libre de microorganismos constantes de plagas y enfermedades y permitirá una mejor asimilación de las plantas y cultivos del lugar.

Y finalmente será utilizado para uso sanitario ya que, por la geografía, es imposible el drenaje de dichos residuos, por lo que con este proyecto trataremos de dar y enseñar una mejor salubridad del lugar.

- ORGANIZATIVO

Esta planta será considerada de tamaño familiar, de un volumen aproximado de 12 m^3 podrá producir entre 1,5 y 2 m^3 de biogás y unos 100 litros diarios de fertilizante, a partir del estiércol de 50 cerdos aproximadamente. Con este biogás, una familia de 6-8 miembros puede: cocinar 2-3 comidas o hacer funcionar un refrigerador todo el día y una lámpara durante 3 horas o alimentar un motor generador de 3 kW durante una hora. Estos valores mencionados anteriormente se detallarán de mejor manera en los capítulos siguientes.

- CAPACIDAD.

La capacidad del biodigestor será considerado pequeño ya que tenemos un volumen de biodigestor de 12 m^3

- OPERACIÓN

El digestor de cubierta flotante, una vez en fase estacionaria, tiene un mantenimiento muy simple, que comporta muy poco trabajo extra al campesino.

La alimentación se efectúa de forma automática, está diseñado el establo de forma adecuada para que la carga de entrada del digestor sea directamente.

En caso de alimentar el digestor con más sustrato del previsto o de acumular una cantidad excesiva de gas, la propia cámara de expansión dispone de un rebosadero para evacuar el volumen sobrante. Los problemas de obturación de los conductos podrán salvarse mediante la introducción de un émbolo por los mismos.

En caso de que pueda circular maquinaria pesada por la zona, se deberá de alertar de la presencia del digestor, para evitar posibles derrumbamientos.

Las actividades diarias serán:

- Rellenar la planta
- Limpiar la cámara de mezcla
- Agitar el contenido del reactor
- Chequear la presión del gas
- Chequear los acumuladores de gas
- Chequear la apariencia y olor del biol
- Para disponer de un perfil de funcionamiento de la planta, los chequeos diarios pueden registrarse por escrito. Esto permitirá comparar el funcionamiento y los parámetros característicos de la planta, si esta está trabajando en las condiciones óptimas y para detectar mal funcionamientos a priori.

Semanalmente o mensualmente se:

- Sacará o usará el fertilizante orgánico o biol
- Lavarán e inspeccionarán las aplicaciones de gas

- Chequearán las válvulas, acumuladores y tuberías de gas
- Inspeccionará la trampa de agua (ver apartado biogás)

Las actividades anuales serán

- Inspeccionar si hay espuma en el reactor, retirándola si fuera preciso abriendo la planta
- Inspeccionar la impermeabilidad al agua y al gas
- Hacer un teste de presión en las válvulas, acumuladores y tuberías de gas
- Inspeccionar el almacén de gas, si tiene fisuras, y repintarlo si se precisa
- Si la planta se ha iniciado correctamente, esta funcionará en régimen regular, y el propietario será quien deberá notar las variaciones anómalas que pueden significar algún problema. El primer aspecto que se notará será una variación en la producción de gas.

5.3 DIMENSIONAMIENTO

El tiempo de retención es un parámetro que únicamente es exacto en los reactores tipo batch. Para las plantas de funcionamiento continuo, un valor aproximado será el que se obtiene de dividir el volumen del reactor por el volumen de sustrato diario alimentado. Los factores de diseño, la geometría del digestor, el mezclado etc. podrán hacer variar este parámetro de forma notable para algunos contenidos concretos del sustrato. Así el tiempo de retención mínimo a aplicar dependerá de la temperatura de trabajo y de la naturaleza del sustrato.

Tabla 5.1 Tiempos de Retención en Rango Mesofílico.⁷⁴

Estiércol líquido de vaca	20-30 días
Estiércol líquido de cerdo	15-2 días
Estiércol líquido de ave	20-40 días
Estiércol animal mezclado con residuos vegetales	50-80 días

Si el tiempo de retención es demasiado corto se produce el fenómeno de “wash-out” o lavado de las bacterias, por las que estas salen del digestor sin haberse desarrollado interrumpiendo así el proceso. En las plantas agrícolas pocas veces sucede este fenómeno, mucho más común con plantas de aguas residuales.

La concepción técnica de las plantas de biogás viene determinada por el objetivo de conseguir los parámetros ideales para el desarrollo de las bacterias.

A parte de eso, las siguientes limitaciones / requerimientos operativos deben considerarse:

- Tipo y composición de la materia orgánica, que determina el tipo de proceso
- La demanda existente de biogás y fertilizante, y la cantidad de sustrato disponible, que condicionan el tamaño del reactor
- Coste del trabajo de construcción y mantenimiento, incluyendo la necesidad de maquinaria.

El tamaño del reactor depende de la cantidad, la calidad y el tipo de biomasa disponible, así como de la temperatura de trabajo.

Para el cálculo de plantas de biogás se puede partir de dos análisis diferentes:

⁷⁴ Ing. Carrasco Franklin. (2008). Nota de Aula De Energías No Convencionales

1. Que se conozcan las cantidades exactas de las materias orgánicas que deseamos procesar y a partir de ellas calcular todo el biogás y abono, así como el tamaño adecuado del digestor para el tratamiento de el material deseado.
2. Que conozcamos la cantidad de energía biogás y abono que se requiere suministrar y a partir de estos valores, calcular la materia orgánica que se requiera y su correspondiente digestor.

Para determinar las necesidades energéticas de la propiedad hay que considerar los siguientes parámetros:

Tabla 5.2 Necesidades Energéticas⁷⁵

Cocina	0.23 m ³ gas/persona/día
Iluminación	0.12 m ³ gas/hora/lámpara
Motor	0.40 m ³ gas/HP/hora
Refrigerador	2.5 m ³ gas/día

Por cualquiera de los dos caminos mencionados, se llega al dimensionamiento del digestor.

Para el presente trabajo, tomaremos el primer caso, es decir por las cantidades exactas de materia orgánica que deseamos procesar y a partir de ellas calcular todo el biogás y abono, para lo cual debemos considerar lo siguiente:

- a. Tipo de animal del que procede el estiércol y número aproximado de los mismos
- b. Disponibilidad de estiércol (materias primas) en la propiedad.

⁷⁵ Ing. Carrasco Franklin. (2008). Nota de Aula De Energías No Convencionales.

Para este caso determinamos la disponibilidad de estiércol o de las materias primas, en base a los siguientes parámetros:

Tabla 5.3 Materia Prima⁷⁶

Bovino adulto estabulado	30 Kg/día
Bovino adulto semi estabulado	15 Kg/día
Porcino (\pm 50 Kg)	2.2 kg/día
Aves (2 Kg peso)	0.12 Kg/día
Caballo	12 g/día

El biodigestor a diseñar y construir, tendrá como carga solo el estiércol de ganado porcino, es decir:

Ganado porcino (\pm 50 Kg) de peso 2.2 kg de estiércol /día

En la Granja donde se va realizar el trabajo, el número de ganado porcino es de 50 animales.

Por lo tanto la cantidad de estiércol la calculamos de la siguiente manera

CÁLCULO DE LA CANTIDAD TOTAL DE ESTIERCOL:

PA := 61 Número de animales

CA := 2.2 $\left(\frac{\text{kg_est}}{\text{dia}} \right)$ Por cada animal

Ecd := PA · CA (5.1)

Ecd = 134.2 $\left(\frac{\text{kg_est}}{\text{dia}} \right)$ Cantidad total de estiércol

⁷⁶ Ing. Carrasco Franklin. (2008). Nota de Aula de Energías No Convencionales

Se debe considerar la cantidad de agua requerida para preparar la mezcla de digestión, para lo cual anotamos la Tabla 5.4:

Tabla 5.4 Porciones de Agua.⁷⁷

Bovino	Fresco	1:1
	Seco	1:2
Porcino		1:2
Aves		1:1
Equino		1:2
Desechos Humanos		1:1
Desechos Vegetales		1 : 0,5-2

Entonces para el estiércol porcino se tiene una relación 1:2 (1 Kg de estiércol por 2 Kg de agua).

Es decir, que para los 134.2 Kg de estiércol de nuestro análisis, debemos añadir 268.4 Kg de agua, lo que nos daría 402.6 Kg de mezcla que debemos cargar todos los días al digestor.

CANTIDAD DE MEZCLA

$$V_{cd} := E_{cd} + 2E_{cd} \quad \text{Relación 1 kg estiércol a 2 kg de agua} \quad (5.2)$$

$$V_{cd} = 402.6 \quad \left(\frac{\text{kg_mezcla}}{\text{dia}} \right) \quad \text{Mezcla total de carga diaria}$$

5.4 VOLUMEN DEL BIODIGESTOR

El volumen del digestor (V_d) se determina a partir del tiempo de retención hidráulica (TR) y la cantidad de sustrato diario introducido (V_{cd}) así:

⁷⁷ Ing. Carrasco Franklin. (2008). Nota De Aula De Energías No Convencionales

$$Vd [m^3] = TR [días] * Vcd [m^3 / día] \quad (5.3)$$

El tiempo de retención viene dado por la temperatura de trabajo del reactor. Para una planta no calentada, se tiene que si está enterrada se encontrará uno o dos grados por encima de la temperatura del suelo. Se deberá considerar la variación estacional de la temperatura, dimensionando el tamaño en función de las condiciones más desfavorables. Para una planta simple, el tiempo de retención mínimo estará en unos 40 días. Aún así la experiencia ha demostrado que plantas con TR de 60-80 días, y hasta 100 días funcionan, y con un mayor tiempo de retención se consigue una mayor producción de gas, alcanzando producciones de hasta un 40% más.

El volumen del sustrato introducido dependerá de la cantidad de agua que se añade para alcanzar la proporción de sólidos adecuada, del 4-8%. En muchas plantas agrícolas el ratio de mezcla del estiércol porcino está dado en la Tabla 5.5.

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL BIODIGESTOR

TR := 30 Dias Tiempo de Retención

$$Vd := Vcd \cdot TR \quad (5.4)$$

Vd = 12078 Lt Litros de estiércol

En Volumen:

$$Vdv := \frac{Vd}{1000} \quad (5.5)$$

Vdv = 12.078 (m³) Volumen total requerido

Lo que en nuestro caso equivale aproximadamente a 12 m³.

5.5 CÁLCULO DE PRODUCCIÓN BIOGAS POR DIA

Para determinar la cantidad total de energía debemos conocer la producción de biogás que produce 1kg de estiércol porcino, el cual podemos ver en la Tabla 5.5

Tabla 5.5 Producción De Biogás⁷⁸

1 kg de estiércol bovino	0,038 m ³ de biogás
1 kg de estiércol de ave	0,043 m ³ de biogás
1 kg de estiércol porcino	0,035 m ³ de biogás
1 kg de estiércol vegetales	0,040 m ³ de biogás

CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS POR DÍA

Producción de gas para estiércol porcino = 0.035 m³ de Biogás

$$SD := Ecd \cdot 0.035 \quad (5.6)$$

$$SD = 4.697 \left(\frac{\text{m}^3 \text{Biogas}}{\text{dia}} \right)$$

Se debe añadir un 5 al 10 % del total por margen de seguridad esto es:

Factor de seguridad del 10%

$$SDt := SD + SD \cdot 0.1 \quad (5.7)$$

$$SDt = 5.167 \left(\frac{\text{m}^3 \text{Biogas}}{\text{dia}} \right) \quad \text{Producción de biogás al día}$$

⁷⁸ Ing. Carrasco Franklin. (2005). Nota de Aula de Energías No Convencionales.

5.6 DISEÑO DE LA MANPOSTERIA

En base al volumen del digestor calculado anteriormente, debemos conocer el resto de dimensiones del digestor, para lo cual seguimos la siguiente metodología:

Generalmente los digestores son cilíndricos, debido a que esta forma geométrica es muy consistente, requiere menor cantidad de materiales de construcción, y eliminar las aristas o esquinas de las paredes que pueden permitir fugas de gas.

Conociendo el volumen calculamos la profundidad del pozo (tipo vertical) considerando que se trata de un biodigestor cilíndrico vertical de diámetro (d) Igual a la profundidad (h).

$$d=h$$

y sabemos que:

$$V := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \cdot h \quad (5.8)$$

Donde:

V = volumen.

Reemplazando h por d:

$$d := \sqrt[3]{\frac{V \cdot 4}{\pi}} \quad (5.9)$$

Reemplazando por sus valores tenemos:

$$d := \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 4}{\pi}}$$

$$d = 2.481$$

Tenemos entonces que un digester de 12 m^3 de volumen será un pozo de 2.4 m de diámetro y 2.4 m de profundidad ($d=h$).

Como la relación de altura diámetro del pozo no necesariamente es de 1 a 1, vemos el cálculo de la profundidad del pozo para este mismo digester de 12 m^3 de volumen, si estipulamos un diámetro de 2.10 m.

Aplicando:

$$V := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \cdot h \quad (5.10)$$

Despejamos:

$$h := \frac{V \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \quad (5.11)$$

Reemplazando sus valores respectivamente tenemos:

$$h := \frac{12 \cdot 4}{\pi \cdot 2^2}$$

$$h = 3.82 \quad (\text{m})$$

Teniendo las dimensiones del digester que serían

$$d = 2.10 \text{ m} \quad \text{Diámetro}$$

$h = 3.82 \text{ m}$ Altura

Se procederá a la excavación, sumando el grosor de la pared lateral y del fondo.

A continuación hacemos el análisis de la cantidad total de ladrillos que utilizaremos para la construcción del biodigestor con las dimensiones antes mencionadas.

CALCULO DEL NÚMERO DE VARILLAS UTILIZADAS EN EL MALLADO PARA LA BASE DE HORMIGON ARMADO DEL POZO

Para el cálculo de las distancias, utilizamos el programa AutoCad

Largo total de varilla = $(120+118+113+103+89+66)*2*4$

Largo total de varilla = 4872 cm = 48 m

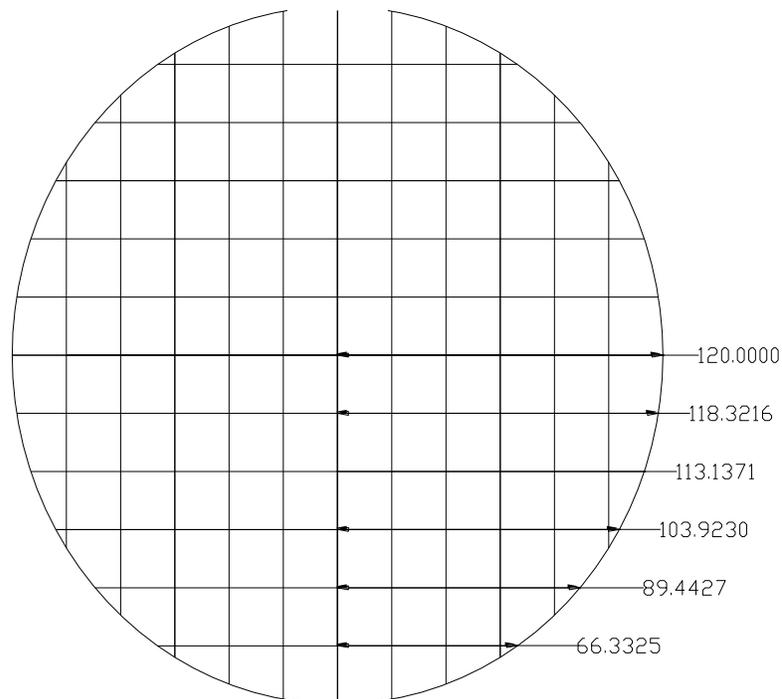


Figura 5.1: Diseño del Mallado para La Base del Pozo

Los 48 metros representa un total de 4 varillas de 12 m de largo y de 10 mm de \varnothing

CALCULO DEL MATERIAL PARA LA MANPOSTERIA

CALCULO DEL NÚMERO DE LADRILLOS UTILIZADOS EN LA PARED DEL PERIMETRO DEL BIODIGESTOR

$d := 2.10$ m Diámetro del biodigestor

$P_b := \pi \cdot d$ Perímetro del biodigestor (5.12)

$P_b = 6.597$ m

Calculo del área total de biodigestor

$h := 4$ m Altura total del biodigestor considerando declive

$A_b := P_b \cdot h$ Área total del biodigestor (5.13)

$A_b = 26.389$ m²

Área de Cada Ladrillo

$L_l := 0.34$ m Largo de ladrillo

$h_l := 0.09$ m Altura del ladrillo

$A_l := L_l \cdot h_l$ (5.14)

$A_l = 0.031$ m² Área Total del Ladrillo

Área del concreto

$A_{ch} := L_l \cdot 0.02$ Área del Concreto Horizontal Al Ladrillo (5.15)

$A_{ch} = 0.007$ m²

$A_{cv} := h_l \cdot 0.02$ (5.16)

$A_{cv} = 0.002$ m² Área del Concreto Vertical Al Ladrillo

Como podemos observar en la siguiente figura

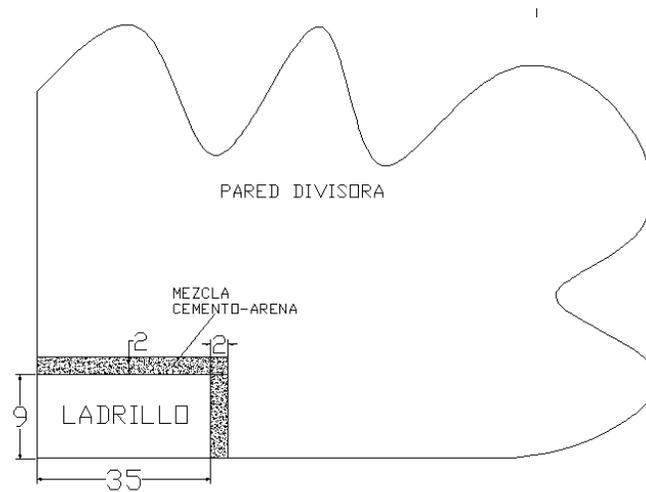


Figura 5.2: Dimensiones del Ladrillo más Concreto

Área Total del Ladrillo más Concreto

$$A_{tl} := A_l + A_{ch} + A_{cv} \quad (5.17)$$

$$A_{tl} = 0.039 \quad m^2 \quad \text{Área Total Ladrillo más Concreto}$$

Calculo del número de ladrillos a utilizar

$$N_l := \frac{A_b}{A_{tl}} \quad (5.10)$$

$$N_l = 673.198 \quad \text{Numero de Ladrillos para la Pared del Biodigestor}$$

CALCULO DEL NÚMERO DE LADRILLOS UTILIZADOS EN LA PARED DE LA MITAD DEL BIODIGESTOR

$$h_1 := 3 \quad m \quad \text{Donde } d \text{ es el diámetro del biodigestor } h_1 \text{ es la altura de la pared divisora}$$

$$A_{pd} := d \cdot h_1 \quad \text{Área de la pared divisora}$$

$$A_{pd} = 6.3 \quad m^2 \quad (5.19)$$

Calculo del número de ladrillos a utilizar

$$Nl_{pd} := \frac{A_{pd}}{A_{tl}} \quad (5.20)$$

$Nl_{pd} = 160.714$ Numero de Ladrillos para la Pared Divisora del Biodigestor

Numero de Ladrillos Totales

$$N_{tl} := N_l + Nl_{pd} \quad (5.21)$$

$N_{tl} = 833.913$ Numero de ladrillos Totales en el Biodigestor

Calculo del Espesor de la Ceja

Varios autores aconsejan que se debe realizar esta utilizando dos filas de ladrillos cruzados, Por lo tanto la altura seria

$$h_c := (h_l - 2) + 3(0.02) \quad \text{Altura del la Ceja más Concreto}$$

$$h_c = 0.24 \quad \text{m} \quad (5.22)$$

Calculo de la Altura de la Pared Divisoria del Biodigestor

$$H := 4 \quad \text{m} \quad \text{Altura Total del Biodigestor}$$

$$h_g := 0.76 \quad \text{m} \quad \text{Altura Considerada a la que llegaría el material orgánico dentro del biodigestor}$$

$$h_c = 0.24 \quad \text{m}$$

$$h_{pd} := H - h_g - h_c \quad \text{Altura de la pared divisoria} \quad (5.23)$$

$$h_{pd} = 3$$

CALCULO DEL NUMERO DE VARILLAS UTILIZADAS PARA LA CONSTRUCCION DE LA BASE DE LA CEJA

Calculo del perímetro del aro externo

$$\begin{aligned} D_{ae} &:= 2.25 \quad \text{m} && \text{Diámetro del aro exterior} \\ P_{ae} &:= \pi \cdot D_{ae} && \text{Perímetro del aro externo} \end{aligned} \tag{5.24}$$

$$P_{ae} = 7.069 \quad \text{m}$$

Calculo del perímetro del aro interno

$$\begin{aligned} D_{ai} &:= 1.85 \quad \text{m} && \text{Diámetro del aro interno} \\ P_{ai} &:= \pi \cdot D_{ai} && \end{aligned} \tag{5.25}$$

$$P_{ai} = 5.812 \quad \text{m} \quad \text{Perímetro del aro interno}$$

Medidas de las varillas para unir los aros

$$V_u := 0.35 \quad \text{m} \quad \text{Varillas de unión}$$

$$V_{u1} := 0.20 \quad \text{m} \quad \text{Varillas de unión más pequeñas}$$

Calculo total de número de varillas

$$\text{Largo total utilizado de varilla} \tag{5.26}$$

$$L_{tu} := P_{ae} + P_{ai} + V_u + V_{u1}$$

$$L_{tu} = 13.431 \text{ m}$$

Por lo tanto vamos a utilizar 1 varilla de 12 m y completamos con lo que sobro de la utilización en la construcción de la varilla para el mallado

5.7 CÁLCULO DE LA CAMPANA

Como se requiere almacenar por lo menos del 50% de la producción de biogás producido en el día, o sea:

$$\frac{1}{2} * SDt \text{ (m}^3\text{)} = \text{m}^3 \text{ de biogás} \quad (5.27)$$

En el punto 5.5 se Cálculo SDt, es decir la producción de biogás por día.

$$SDt = 5.167 \left(\frac{\text{m}^3 \text{ Biogas}}{\text{día}} \right) \text{ Producción de biogás al día}$$

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE BIOGAS DENTRO DE LA CAMPANA

$$V' := \frac{SDt}{2} \quad (5.28)$$

$$V' = 2.583 \quad \text{m}^3 \text{ de biogás}$$

En el punto 5.6 se calcula que el diámetro del digestor es de 2.10 m por lo que serán para la campana 2 m de diámetro para dejar 0.10 m de holgura entre el digestor y la campana. Necesitamos conocer la altura (h) de la campana.

ALTURA DE LA CAMPANA

$$V := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \cdot h1 \quad (5.29)$$

$$h1 := \frac{V \cdot 4}{\pi \cdot (2)^2}$$

$$h1 = 0.822 \quad \text{m}$$

Donde:

V' = al almacenaje de la campana

Es decir, que se requiere de un gasómetro de 2 m de diámetro y 1 m de altura aproximadamente.

Ya que las planchas de tol que se dispone tienen una altura de 1.20 m, no será problema que la campana a construir tenga 2m de diámetro y 1 m de altura sin contar que tendríamos un volumen extra de la cabeza del gasómetro que es de 0.35 m^3

Teniendo un volumen total del gasómetro sumado la cabeza del gasómetro mas el cuerpo del mismo que es de 4.12 m^3

CALCULO DEL MATERIAL NECESARIO PARA LA CONTRUCCION DEL GASOMETRO

DESARROLLO DEL CUERPO DEL GASOMETRO

Calculo del perímetro de cuerpo del gasómetro

$$D_g := 2 \quad \text{m} \quad \text{Diámetro del gasómetro} \quad (5.30)$$

$$P := \pi \cdot D_g \quad \text{m}$$

$$P = 6.283 \quad \text{m} \quad \text{Perímetro del gasómetro}$$

Calculo de numero de planchas de tol que se necesitaran para el cuerpo del gasómetro

$$L := 2.4 \quad \text{m} \quad \text{Largo de la plancha de tol}$$

$$a := 1.2 \quad \text{m} \quad \text{Ancho de la plancha de tol}$$

$$N := \frac{P}{L} \quad \text{Numero de planchas} \quad (5.31)$$

$N = 2.618$ Por lo tanto para la cuerpo del gasómetro se necesitan 3 panchas de tol de 2 (mm) de espesor

Calculo del área de la cabeza que en este caso es de forma cónica

DESARROLLO DE LA CABEZA DEL GASOMETRO

$hp := 1.053$ m Hipotenusa del cono

$$A := \frac{\pi}{2} \cdot Dg \cdot hp \quad \text{Area del cono} \quad (5.32)$$

$$A = 3.308 \quad m^2$$

Calculo del número de planchas para la cabeza cónica del gasómetro

$Ap := L \cdot a$ Área de la plancha de tol

$$Ap = 2.88 \quad m^2$$

$$Nc := \frac{A}{Ap} \quad (5.34)$$

$Nc = 1.149$ Por lo tanto para la cabeza cónica del gasómetro se necesitan 1 pancha porque de la confección del cuerpo del gasómetro sobro plancha de tol

5.8 DISEÑO DEL TANQUE Y TUBERIA DE CARGA

Tanque de carga llámese al tanque que se construye sobre el tubo de carga y que sirve como local de mezcla del material a ser digerido. Debe tener un volumen mínimo igual al volumen de carga diaria requerida por el digestor. Debe estar localizado a ± 20 cm encima del nivel de líquido del digestor.

La tubería de carga debe tener un diámetro de 10-15 cm si se trata de sustrato líquido o 20-30 cm si se trata de sustrato fibroso.

En este caso el sustrato es líquido, por lo que se pondrá un tubo de carga de 4.5” de diámetro.

Ø del tubo de carga = 4,5”

Debido al declive del terreno donde será realizada la construcción y a la forma como está construido los galpones, se aprovechara la mayor cantidad de espacio del terreno para el diseño de estas cajas, a continuación de detalla la forma del cajón a construir:

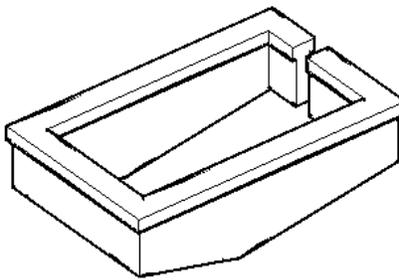


Figura 5.3: Diseño del Tanque de Carga

Sería imposible alargar el tanque de descarga hacia atrás ya que nos toparía con el galpón por lo que se realizara este diseño tratando de aprovechar todo el espacio disponible para realizar la construcción.

Para comprender de mejor manera se presenta la vista frontal del conjunto caja tubo:

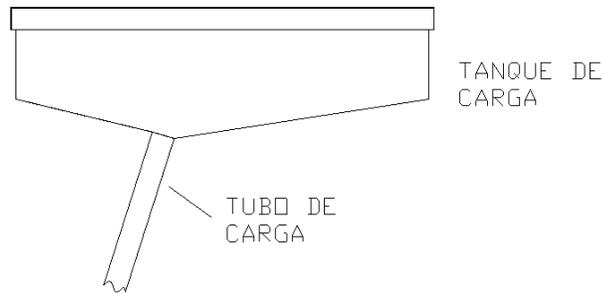


Figura 5.4: Conexión del Tanque y Tubo de Carga

A continuación hacemos el análisis de las dimensiones estimadas del tanque de carga

CÁLCULO DEL LAS DIMENSIONES ESTIMADAS DEL TANQUE DE CARGA

Para el cálculo del volumen del tanque de carga hemos considerado que debe tener un volumen igual a 2 veces la carga diaria sin perjudicar esto el diseño del biodigestor

Por la geometría del tanque lo hemos dividido en áreas para que sea más fácil su Cálculo

$L_t := 2$	m	Largo del tanque de carga
$a_t := 1.20$	m	Ancho de tanque de carga
$p_t := 0.33$	m	Profundidad del tanque de descarga según grafico
$p_{t1} := 0.60$	m	Profundidad del tanque de descarga según grafico

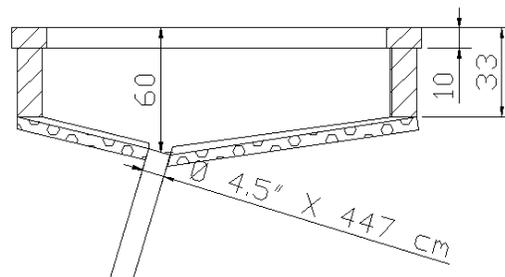


Figura 5.5: Dimensiones del Tanque de Carga

$$Lt1 := 0.72 \quad m$$

$$Lt2 := Lt - Lt1 \quad (5.35)$$

$$Lt2 = 1.28 \quad m$$

Calculo de los volúmenes de cada uno de los tanques

$$v1 := [Lt \cdot (pt1 - pt)] \cdot at \quad (5.36)$$

$$v1 = 0.648 \quad m^3$$

$$v2 := \frac{[Lt2 \cdot (pt1 - pt)]}{2} \cdot at \quad (5.37)$$

$$v2 = 0.207 \quad m^3$$

$$v3 := \frac{[Lt1 \cdot (pt1 - pt)]}{2} \cdot at \quad (5.38)$$

$$v3 = 0.117 \quad m^3$$

$$vt := v1 + v2 + v3 \quad (5.39)$$

$$vt = 0.972 \quad m^3$$

Entonces el volumen del biodigestor es igual al doble de la carga diaria para nuestro diseño

5.9 DISEÑO DEL TANQUE Y TUBERIA DE DESCARGA

El tanque de descarga que puede o no ser un tanque propiamente dicho puede ser tan sólo una protección para la extremidad del tubo de descarga y que sirve-

para dirigir el flujo de material ya digerido (efluente). Cuando se desee se puede construir un tanque que puede ser de capacidad variable y que permita almacenar el efluente de por lo menos 2 - 5 días.

Para lo cual diseñaremos un tanque que pueda almacenar 2 veces la carga diaria por cuestiones de espacio.

La forma de este tanque será:

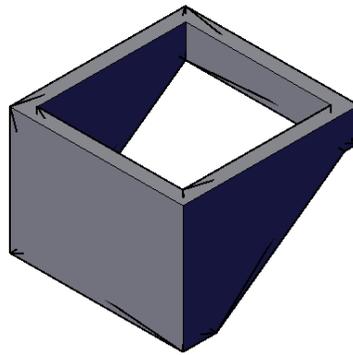


Figura 5.6: Diseño del Tanque de Descarga

La vista frontal será entonces:

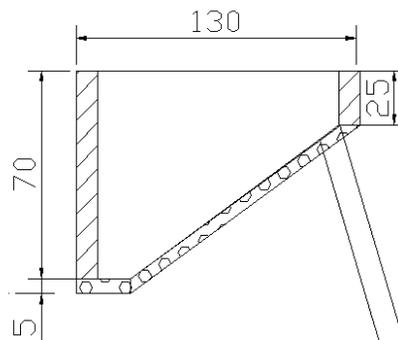


Figura 5.7: Conexión del Tanque y Tubo de Descarga

Y su volumen por lo tanto será:

$$V_{td} = V_{cd} * 2$$

(5.40)

Donde:

V_{cd} = Volumen total de mezcla diaria

$$V_{td} = 0.4 \cdot 2 = 0.8 \text{ m}^3 \text{ de Volumen del tanque.} \quad (5.41)$$

CÁLCULO DE DIMENCIONES ESTIMADAS DEL TANQUE DE DESCARGA

Por la geometría del tanque lo hemos dividido en aéreas para que sea más fácil su cálculo

$$L_{td} := 1.30 \quad \text{m} \quad \text{Largo del tanque de carga}$$

$$a_{td} := 1.20 \quad \text{m} \quad \text{Ancho de tanque de carga}$$

$$p_{td} := 0.70 \quad \text{m} \quad \text{Profundidad del tanque de descarga segun grafico}$$

$$p_{td1} := 0.25 \quad \text{m}$$

$$L_{td1} := 0.72 \quad \text{m}$$

Cálculo de los volúmenes

$$v_{d1} := L_{td} \cdot (p_{td} - p_{td1}) \cdot a_{td} \quad (5.42)$$

$$v_{d1} = 0.702 \quad \text{m}^3$$

$$v_{d2} := \frac{[L_{td} \cdot (p_{td} - p_{td1})]}{2} \cdot a_{td} \quad (5.43)$$

$$v_{d2} = 0.351 \quad \text{m}^3$$

$$v_{td} := v_1 + v_2 \quad (5.44)$$

$$v_{td} = 0.855 \quad \text{m}^3$$

Entonces el volumen del biodigestor es igual al doble de la carga diaria para nuestro diseño

Tabla 5.6 Parámetros de Cálculo del Biodigestor

#	Parámetros o Características	Cant	Unidad
1	Volumen del Biodigestor	12	[m ³]
2	Carga Total Diaria de Materia Orgánica	134.2	$\frac{kg_{est}}{dia}$
3	Carga Total de Mezcla Diaria	402.6	$\frac{kg_{mezcla}}{dia}$
4	Producción de Biogás por Día	5.167	$\frac{m^3_{Biogas}}{dia}$
5	Diámetro del Biodigestor (Interna)	2.10	[m]
6	Altura Total del Biodigestor	3.82	[m]
7	Altura de la Pared Divisora	3	[m]
8	Espesor de la Ceja	0.24	[m]
9	Varillas Utilizadas para el mallado del Piso	4	12 [m] Largo, Ø 10[mm]
10	Ladrillos Utilizados para el Perímetro del Biodigestor	673	Ladrillos
11	Ladrillos Utilizados para el Perímetro del Biodigestor	160	Ladrillos
12	Varilla Utilizada para la construcción de la Base de la Ceja	1	12 [m] Largo Ø10[mm]
13	Capacidad de almacenamiento de Biogás en la Campana	2.583	[m ³]
14	Altura de la Campana	1.20	[m]
15	Altura de la Campana	1.20	[m]
16	Diámetro de la Campana	2	[m]
17	Planchas Utilizadas para la Construcción de la Campana	4	Planchas de 2.4[m]x1.2[m]]
18	Volumen del Tanque de Carga	0.972	[m ³]
19	Largo de Tanque de Carga	2	[m]
20	Ancho del Tanque de Carga	1.20	[m]
21	Profundidad del Tanque de Carga	0.33	[m]
22	Volumen del Tanque de Descarga	0.855	[m ³]
23	Largo del Tanque de Descarga	1.30	[m]
24	Ancho del Tanque de Carga	1.20	[m]
25	Profundidad del Tanque de Carga	0.70	[m]