

OFICINA DE PARTES 2 FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	20/04/2017
Hora	17:40
Nº Ingreso	38241



**ORIENTACION TECNICA BIODIGESTORES**

**MANUAL DE MANTENCION Y OPERACIONES**

**BIODIGESTOR "LOS COLIGUES"**

## INDICE

<b>1. Sistema Predial de Biodigestión (SPB)</b>	P 4
1.1 Que es la Biodigestión?	P 6
1.2 Factores Físicos y químicos	P 7
1.3 Temperatura	P 7
1.4 PH optimo del purín	P 7
1.5 Agitación en el biodigestor	P 8
1.6 Nutrientes y compuestos inhibidores	P 8
<b>2. Biomasa y Purín de vacuno</b>	P 8
2.1 ¿Que es Biomasa?	P 8
2.2 ¿Que es el Purín de vacuno?	P 8
<b>3. Biodigestor</b>	P 9
<b>4. Biogás</b>	P 10
4.1 Características del biogás	P 10
4.2 Generación de energía térmica	P 10
<b>5. Biofertilizante</b>	P 11
5.1 Biol del purín tratado (fase líquida)	P 11
5.2 Biosol del purín (fase sólida)	P 12
<b>6. Tamaños de Biodigestores</b>	P 13
6.1 Parámetros de diseño	P 14
6.2 Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	P 14
6.3 Calculo cantidad de purín	P 15
6.4 Calculo de volumen de un Biodigestor	P 16
6.5 Calculo volumen de acopio	P 17
6.6 Calculo producción de biogás	P 18
6.7 Equivalencias de producción de biogás	P 19
<b>7. Habilitación de un SPB</b>	P 19
7.1 Estudio preliminar	P 19
7.2 Diseño e Ingeniería Básica	P 19
7.3 Nivelación y Excavaciones	P 20
7.4 Construcción Decantador	P 20
7.5 Cámaras de registro	P 20
7.6 Impermeabilización	P 21
7.7 Muro perimetral y sistemas de anclaje	P 21

7.8 Construcción de techumbre	P 22
7.9 Geomembrana Superior	P 22
7.10 Red de Biogás	P 23
7.11 Calefactor a Biogás	P 23
7.12 Grupo Electrógeno	P 24
7.13 Puesta en marcha de un SPB	P 25
7.14 Capacitación	P 25
<b>8 Seguridad y Prevención</b>	P 26
8.1 Medidas de Seguridad Red Biogás	P 26
8.2 Revisión Calefactor Biogás	P 27
8.3 Grupo Electrógeno Biogás	P 28
<b>9 Seguridad</b>	P 29
9.1 Seguridad de Equipos	P 29
9.2 Ficha de mantenimiento y actividades	P 30
9.3 Cuadro de acciones según posibilidades	P 30
<b>10 Limpieza de un SPB</b>	P 30
<b>11 Normativas existentes</b>	P 33
<b>12 Manual de Operaciones y Mantenimiento</b>	P 35

**ANEXO (Formato PDF)**

**Manual de Operaciones y Mantenimiento Generador BIOGAS.**

## 1. Sistema Predial de Biodigestion (SPB)

Un Sistema Predial de Biodigestión, es un sistema infraestructural que comprende diferentes etapas de desarrollo para la producción de biogás, generación de energía y disminución del impacto medioambiental.

1. En la primera etapa se canalizan los purines y aguas del lavado de la sala de ordeña, aguas lluvias, los purines del patio de espera y patio de alimentación.

2. La segunda etapa corresponde al proceso de decantación, cuya función es atrapar la arena, piedras que arrastran las vacas o se acumulan en los patios de espera, además otros elementos no biodigeribles como plásticos, maderas, metales, etc...

El decantador cuenta con un agitador de hélice el cual debe ser revisado periódicamente para evitar fallas en los rodamientos o motor.

En la salida del Decantador además se encuentra una Bomba que permite vaciar el contenido del Decantador para realizar la limpieza de este con pala y tractor. Ambos equipos Bomba y Agitador cuentan con control desde el tablero Eléctrico ubicado en la Sala de Máquinas. El Agitador debe ser programado con el Timer respectivo que se encuentra en el Tablero Eléctrico y por periodos de 15 minutos cada 2 horas como mínimo.

3. La tercera etapa es el estanque de recepción o estanque de mezcla, en el cual se homogeniza la mezcla y permite además agregar otros desechos orgánicos, como restos de silo de maíz por ejemplo.

El estanque cuenta con un agitador de hélice que debe ser revisado periódicamente para evitar fallas en los rodamientos o motor. Este agitador cuenta con un Timer en el Tablero Eléctrico que permite programarlo en bloques de 15 minutos, se recomienda un mínimo de 15 minutos cada 2 horas.

4. En la cuarta etapa del proceso ocurre la biodigestión anaeróbica. El Purín homogenizado ingresa desde el Estanque de Recepción por desnivel hacia el Biodigestor, la canalización es abierta en hormigón armado, lo que permite realizar limpieza en caso de alguna obstrucción. El Biodigestor tiene un volumen de 1400 m<sup>3</sup>, con un diámetro superior de 23 metros, diámetro inferior de 18 metros, una profundidad de 5 metros. Cuenta con 2 agitadores de paletas los cuales giran a 25 RPM cuya función es mantener la superficie sin costra y 1 agitador sumergido cuya función es mantener el fondo sin formación de capas estratificadas. La cobertura superior es a la vez el contenedor de Biogás o gasómetro, compuesto por Geomembrana de caucho EPDM 1,14mm de espesor, 300% de elongación. La presión interior fluctúa entre los 0 a 5 milibares.

5. En la quinta etapa el purín digerido comúnmente llamado digestado, se acumula en un estanque de acopio, desde donde se retira para ser usado como fertilizante en las praderas o cultivos.

6. La quinta etapa consiste en transportar el biogás producido y acumulado en el biodigestor a través de un sistema de tuberías y filtros, para ser impulsado por un Soplador el cual eleva la presión a 150 milibares hacia una caldera para la generación de energía térmica o grupo electrógeno para la generación de energía eléctrica. La estación de Filtrado y Soplado permite purificar el Biogás separando una gran cantidad de H<sub>2</sub>S Acido Sulfhídrico, el cual provoca corrosión a los fierros y paredes internas del motor. Para esto el Biogás debe ingresar con un límite de 20mg/m<sup>3</sup> (según proveedor), un mínimo de 50% de CH<sub>4</sub> y una presión mínima de 1 a 3kPa (10 a 30 milibares).
7. La sexta etapa consiste en el aprovechamiento o uso del Biogás en el Grupo Electrónico, este equipo es un Motor de combustión interna 6 cilindros, 1500 RPM, dimensiones 3020 x 1130 x 1830mm (largo x ancho x alto), potencia Prime 50 kW. La energía eléctrica producida es sincronizada e inyectada directamente a través del tablero de transferencia al sistema de Red del predio, para su auto consumo.
8. La octava etapa es el sistema de calefacción para el Biodigestor, el cual a la vez es también la refrigeración del motor. Consiste en 2 intercambiadores de calor, el primero recibe el calor de los gases del tubo de escape del motor, los cuales ingresan al intercambiador de calor a una temperatura de 500°C aproximadamente, a continuación se encuentra el segundo intercambiador de calor que recibe el agua caliente de la refrigeración del motor, la cual ingresa a 80°C aproximadamente al intercambiador. Ambos intercambiadores están interconectados y reciben el agua que proviene del sistema de calefacción del Biodigestor. Este es un circuito cerrado que recircula el agua para entregar calor al Biodigestor. El sistema cuenta con termómetros, manómetros y flujómetros independientes por cada circuito, 8 en total. Los circuitos están fabricados en tubería PEX de 25mm de espesor y tienen un largo de 90 metros cada uno, están instalados dentro de la loza hormigonada en la base del Biodigestor.

El tratamiento con biodigestores es una alternativa eficiente para bajar la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de los residuos orgánicos, en otras palabras, para reducir su contenido de materia orgánica.

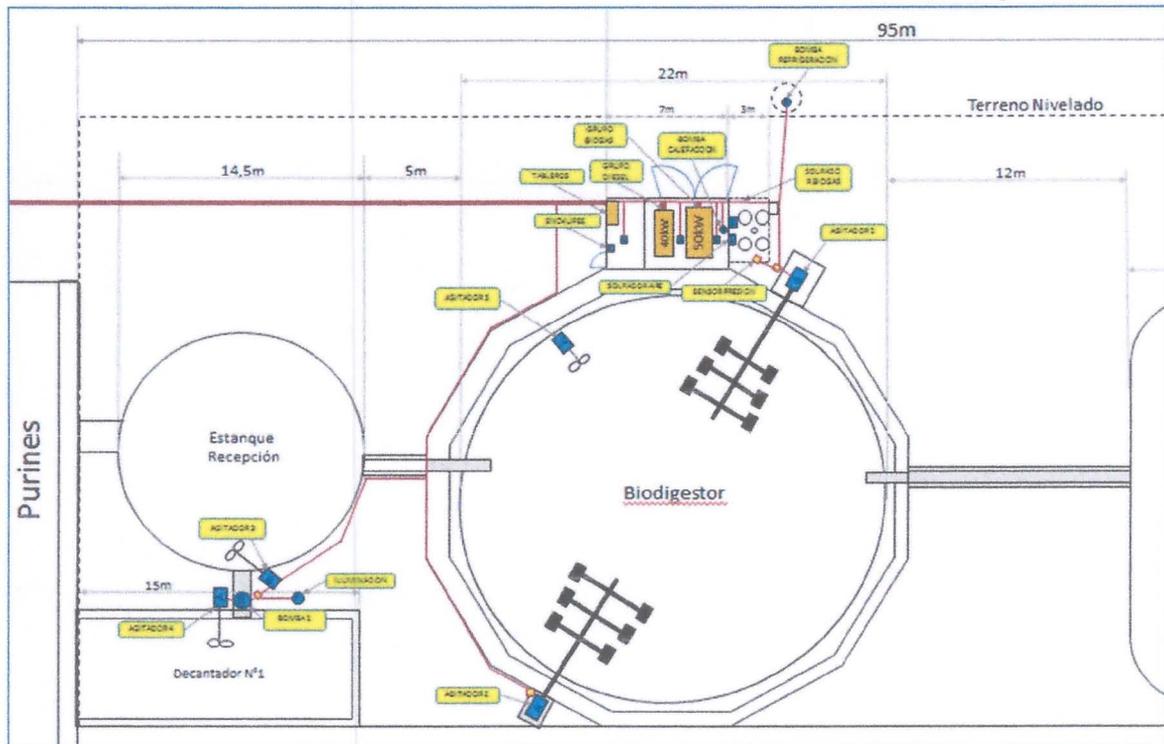


Figura 1: Planta general sistema Biodigestion “Los Coligues”

### 1.1 ¿Qué es la Biodigestion?

La biodigestión (digestión anaeróbica) es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas.

En la primera fase llamada **hidrólisis** se descomponen las moléculas más complejas, como proteínas, hidratos de carbono y lípidos, que son hidrolizados por enzimas producidas por los microorganismos fermentadores. De esta descomposición se producen compuestos solubles como aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga, que pueden ser descompuestos por **bacterias acidogénicas**.

Producto de la acción de las bacterias acidogénicas se generan ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno y dióxido de carbono. Los ácidos grasos de cadena corta son transformados por los **microorganismos acetogénicos** en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

En la última etapa, las **bacterias metanogénicas** producen metano a partir del hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético.

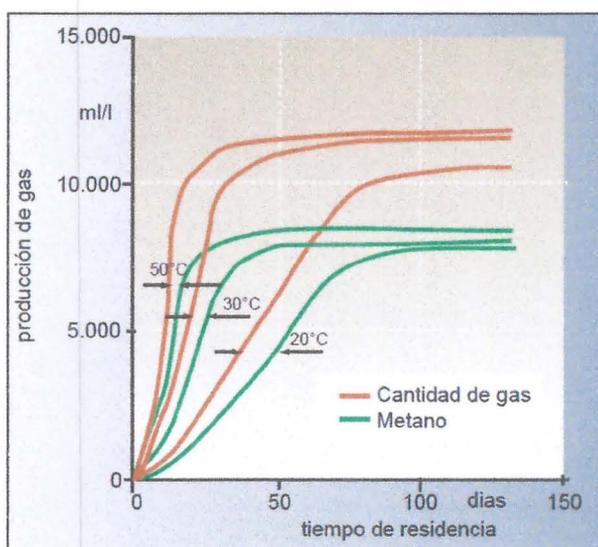
## 1.2. Factores físicos y químicos

En un SPB y en especial al interior del Biodigestor se van produciendo y desarrollando una serie de procesos y transformaciones físicas y químicas, que generan ciertas características en el purín; las que son descritas a continuación.

## 1.3. Temperatura

La temperatura en que se realiza el proceso de digestión anaeróbica varía entre 1°C y 60°C. Los microorganismos metanogénicos son muy sensibles a los cambios de temperatura, un cambio o variación mayor a 3° C, puede afectar la producción de biogás.

Es importante destacar que este proceso solo puede realizarse dentro de un rango de temperatura que va desde 1°C hasta los 60°C, como máximo, y dentro de este rango de temperaturas existen tres rangos donde intervienen diferentes tipos de bacterias metanogénicas con diferentes velocidades de producción de biogás.



**Figura 2:** Al incrementar la temperatura en el biodigestor, se produce más biogás en menor tiempo que a bajas temperaturas. A menor temperatura se puede lograr producción de biogás similar, aumentando el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH). Fuente: Guía de Planificación para proyectos de Biogás en Chile, Junio 2012.

## 1.4. PH óptimo del purín

Se debe controlar el pH del sistema, el cual determina la cantidad y el porcentaje de metano en el biogás, un valor óptimo de PH sería entre 6,6 y 7,6. Fuera de estos rangos la producción de metano puede incluso detenerse. El valor del pH en el biodigestor no sólo determina la producción de biogás sino también su composición. Cabe destacar que los purines presentan generalmente un PH neutro que se mueve entre 6 y 8 lo cual no representa un factor de riesgo para el proceso.

## **1.5. Agitación en el Biodigestor**

Con el objeto de distribuir de mejor forma los microorganismos, es esencial una agitación de forma periódica de la biomasa en digestión, especialmente en los sistemas de mezcla completa como es este caso. En esta planta de Biogás los purines entran completos es decir fase solida (restos de alimentos, fibra) y liquida mezcladas, para mantener estas fases mezcladas se debe mantener una agitación en cada etapa de la planta, decantador, estanque de recepción y Biodigestor. Para esto se programa el funcionamiento de cada agitador de manera secuencial, es decir al finalizar el trabajo del agitador 1 se inicia el Agitador 1 y así sucesivamente, para evitar consumos eléctricos altos en un solo momento.

## **1.6. Nutrientes y compuestos inhibidores**

Para lograr una máxima producción de biogás, se requiere una proporción adecuada de micro y macro nutrientes. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno forma las nuevas cadenas de las bacterias metanogénicas. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima es del orden de 30:1. La relación optima C:N:P:S debería establecerse alrededor de 600:15:5:1 lo que representa condición adecuada para el desarrollo de los microorganismos.

Si hay exceso de nitrógeno, se produce amoniaco en grandes cantidades el cual es un inhibidor, si por el contrario existe poco nitrógeno las bacterias no se multiplican y por lo tanto se limitara la producción de biogás.

Compuestos inhibidores que pueden perjudicar el proceso anaeróbico metano génico son: metales pesados, amoniaco, pesticidas, sanitizantes, antibióticos.

Cabe destacar que los purines de vacuno en especial los que se alimentan con forraje y pasto verde, presentan una buena relación carbono nitrógeno, que facilita el desarrollo de cada fase de la Biodigestion anaeróbica. Cualquier sustrato diferente que se quiera incorporar debe ser analizado o consultado al instalador. Sustratos recomendados como apoyo pueden ser: restos de silo de maíz.

Es importante destacar que el agua como sustrato no cumple función alguna, solo funciona como elemento que facilita la homogenización de la mezcla, esta planta está diseñada para trabajar con los purines recolectados junto con la cantidad de agua que se utiliza diariamente para lavar los equipos y patios en la sala de espera, el exceso de aguas lluvia puede provocar disminución del TRH (Tiempo de retención hidráulica) y por ende una disminución del Biogás producido.

## **2. Biomasa y Purín de Vacuno**

### **2.1 ¿Que es Biomasa?**

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.

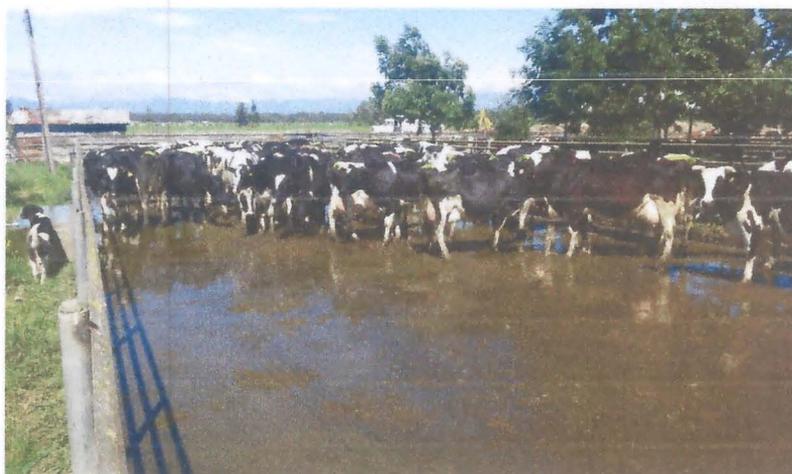
### **2.2 ¿Que es el Purín de vacuno?**

El purín de vacuno corresponde a la mezcla producida por las excretas, orina de las vacas, agua utilizada para el lavado de las instalaciones del plantel, las aguas lluvias captadas en los patios de

espera y restos de alimentos de animales. En el caso de las lecherías de la zona sur de Chile, debido a la característica climática de alta pluviosidad, las aguas lluvia y las aguas de lavado (de equipos e infraestructura) representan casi la mitad de los purines generados en las lecherías.

Otra variable de la cantidad de biomasa proveniente de purines está determinada por el manejo a nivel predial, el sistema de producción, ya sea estabulado (gran cantidad de biomasa en establos) o en base a pastoreo (excretas en potrero no son utilizables).

Un animal produce aproximadamente en excretas el equivalente al 10% de su peso vivo al día



**Figura 3: Patio de espera, pisos con purines (bostas y orinas).**

### **3. Biodigestor**

Un biodigestor es un estanque o contenedor cerrado, hermético e impermeable (también llamado Reactor), dentro del cual se deposita el sustrato (material orgánico a fermentar como excrementos de animales, purines) agregando agua a la mezcla. Dentro del biodigestor se produce la descomposición anaeróbica, de la cual se obtiene Biogás y Biofertilizante. Este sistema también puede incluir una cámara o estanque de carga, una cámara o sistema de decantación antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás, agitación dentro del biodigestor y cámaras o estanques de acumulación pos tratamiento a la salida del biodigestor.

Esquema funcional de un Biodigestor

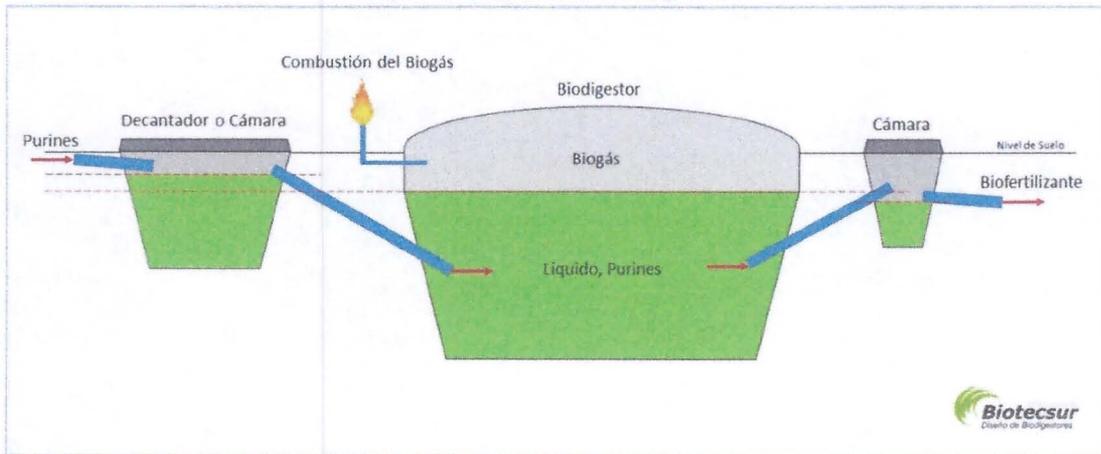


Figura 4: Biodigestor simple / Fuente: Biotecsur

## 4 Biogás

El biogás es una mezcla de gases producto de la descomposición microbiológica de la MO y lo podemos encontrar, habitualmente en la superficie de pozos o lagunas con deposición de desechos orgánicos (hojas de árboles, plantas o restos de origen animal) durante meses o años.

El Biogás contiene mayormente Metano ( $\text{CH}_4$ ) que lo hace interesante como combustible, la otra gran parte es Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) que corresponde a un gas incoloro, inodoro y no combustible.

### 4.1 Características del biogás

La composición de biogás depende del tipo de desecho utilizado y las condiciones en que se procesa. Generalmente contiene Metano  $\text{CH}_4$ , en un rango de 50 a 70% y Dióxido de Carbono  $\text{CO}_2$ , en un rango de 50 a 30%, dependiendo específicamente de los contenidos de carbohidratos, proteínas y grasas que contenga el sustrato. Además el biogás también contiene algunas impurezas como Ácido Sulhídrico  $\text{H}_2\text{S}$ , agua y algunos compuestos volátiles como hidrocarburos halogenados y siloxanos, entre otros.

“En cuanto a los gases considerados impuros, es importante señalar al Ácido Sulhídrico  $\text{H}_2\text{S}$  ya que es un compuesto corrosivo y se debe filtrar para evitar el deterioro de las cámaras de combustión en los motores que se alimentan con biogás. En cocinas o calderas se debe considerar salida de gases de combustión a la atmósfera asegurando que no existan escapes que pudieran ser inhalados”.

### 4.2 Generación de energía térmica o eléctrica

El biogás por naturaleza es un combustible que en contacto con oxígeno y con una fuente de calor, genera fuego. Contiene 5.600 kilocalorías por metro cubico a presión atmosférica. Al ser quemado en una cocina no presenta mal olor y al contener más del 50% de Metano es posible utilizarlo de forma similar al gas natural para generar calor en cocinas y calderas o generar energía eléctrica con grupos electrógenos adaptados para funcionar con biogás.



**Figura 5: Caldera a Biogás de un SPB. Fuente Biotecsur**

## 5. Biofertilizante

Se le llama Biofertilizante a la materia orgánica (digestado) proveniente del proceso de biodigestión, el cual debe pasar dentro del Biodigestor entre 30 y 100 días de TRH, dependiendo del tipo de Biodigestor y temperatura de trabajo. En este proceso, parte de la materia orgánica se mineraliza, quedando los nutrientes disponibles para las plantas, por lo que es un fertilizante natural de buena calidad, que se aplica a praderas y cultivos.

Este producto se compone de una fase sólida llamada “biosol” y una fase líquida llamada “biol”, aunque comúnmente se le llama Biofertilizante a ambas fases. Existen biodigestores que utilizan solo la fase líquida (con separación de sólidos antes del Biodigestor), por tanto el digestado será líquido, y es aplicable directamente con sistemas de riego por aspersión o carro purinero. Otros biodigestores diseñados para alimentarse con ambas fases (mezcla de sólidos y líquidos), producen digestado con una mezcla de biol y biosol. Para regar esta mezcla se debe utilizar un carro purinero o separar las fases para poder usar el biol en un sistema de riego por aspersión (para evitar que se tapen las boquillas de los equipos de riego).

### 5.1 Biol del purín tratado (fase líquida)

Corresponde a la fase líquida del biofertilizante o digestado, el cual, una vez que pasa por el proceso de biodigestión (Biodigestor), se acumula en un estanque de acopio y queda disponible para ser aplicado a las praderas, y/o ser usado para el lavado de patios a través de la recirculación con una motobomba.

### **Ventajas de uso del Biol**

1. En el suelo, se amplía la disponibilidad de nutrientes, ayuda a mantener la humedad y un microclima adecuado para los organismos vegetales. En el caso de purines, la biodigestión de estos aumentaría la disponibilidad de nitrógeno de la biomasa.
2. Se puede aplicar junto con agua en sistemas de irrigación o sistema de riego por aspersión.
3. Estimula el desarrollo de las plantas, sirviendo para el enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular o las raíces de la planta), mejora el follaje, mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas.
4. Los desechos orgánicos sometidos al proceso de biodigestión, eliminan la mayoría de los patógenos, reduciendo drásticamente el riesgo de transmitir enfermedades y dispersar semillas de malezas.

### **5.2 Biosol del purín (fase sólida)**

Este biofertilizante se obtiene de procesos de biodigestión con el uso de sólidos, tales como fibras. Se define por su aporte de elementos minerales, especialmente nitrógeno como subproducto después de la generación de biogás, se obtiene materia orgánica estabilizada rica en elementos minerales.

### **Ventajas de uso del Biosol**

1. Los cultivos pueden ser fortalecidos al provocar una mejora en el rendimiento del suelo.
2. Confiere a los suelos arenosos una mayor cohesión, mejorando con ello la retención de los nutrientes.
3. Mejora la estructura y la capacidad de retención de la humedad favoreciendo la actividad biológica del suelo y la porosidad del mismo.
4. Al combinarlo con materia orgánica acelera el proceso de compostaje.
5. Se Reduce la aplicación de abono, al digerirse buena parte de la materia orgánica durante el proceso de biodigestión. Esto es especialmente relevante en relación al purín fresco.
6. Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a los organismos vegetales.
7. Al fortalecer la biología y fertilidad del suelo, reduce los factores de erosión.
8. Mejora la disponibilidad de algunos nutrientes en comparación con el purín sin tratamiento



**Figura 6: Sistema de regadío de purines tratados en praderas.**

**Fuente: Mario Mendoza**

## **6. Tamaños de Biodigestores**

Existen en la actualidad biodigestores de pequeño, mediano y gran tamaño. Según la norma chilena de Biodigestores que entra en vigencia el año 2017, se clasifican a los Biodigestores en:

- 1.- Biodigestores de formato Domiciliario son utilizados a nivel familiar, de uso interior o consumo residencial o comercial para uso exclusivo de sus ocupantes, ubicada tanto en el interior como en el exterior de las edificaciones.
- 2.- Biodigestores pequeños, instalaciones de producción y suministro de Biogás cuya potencia nominal es menor o igual a 180 kW. Es el caso de esta planta de Biogás.
- 3.- Biodigestores medianos, son instalaciones de producción y suministro de biogás cuya potencia nominal es mayor a 180 kW y menor o igual a 900kW.
- 4.- Biodigestores grandes, son aquellos cuya potencia nominal es mayor a 900kW.

Las instalaciones pueden ser de diferentes materiales y formas. La mayor cantidad de instalaciones de biodigestores relacionados con la producción láctea son de tipo laguna con estructura superior flexible (gasómetro integrado) para lecherías, principalmente para lecherías pequeñas a medianas. Este tipo de biodigestores están instalados en predios lecheros para tratar los purines generados en los patios de espera, utilizando el biogás para generar energía térmica.

En la Región de los Lagos existe la mayor cantidad de instalaciones de biodigestores en el país, relacionados con producción láctea.



**Figura 7: Biodigestores en Fundo El Ánima-Purranque. Fuente: Matías Sobarzo**

### 6.1. Parámetros de diseño.

Para diseñar y dimensionar un Sistema Predial de Biodigestión, se requiere considerar algunos parámetros relevantes en el funcionamiento del sistema. Primero se debe considerar la cantidad de sustrato disponible el cual en este caso está en relación directa a la cantidad de vacas en ordeña y las horas de patio, ya que al aumentar ambos parámetros aumentará la cantidad de sustrato que ingresará al Biodigestor. La cantidad de sustrato que ingresará al Biodigestor afectará al volumen que este deberá tener y por ende a la producción de Biogás y Biofertilizante.

Otro factor importante es la cantidad de agua que puede ingresar como parte del sustrato, en este sentido los techos sin canaletas, los patios y pasillos abiertos son un factor que junto a la pluviometría del lugar deben considerarse en el diseño, ya sea para incorporar el agua o algún sistema de desvío de aguas lluvia.

El uso que se le dará a la energía producida es relevante para determinar los equipos que compondrán la planta, en este caso la producción de energía eléctrica se utilizará como autoconsumo en modo inyección a la Red interna, lo cual permite usar a la Red como batería y bajar el consumo general del predio.

### 6.2 Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

El Tiempo de Retención Hidráulica TRH, es el resultado de la división entre el Volumen del Biodigestor y el Volumen de Sustrato o Purines que entran al Biodigestor.

También se puede estimar un TRH y multiplicarlo por la cantidad de Purines o Sustrato (Purines+Agua+Suerdo, etc.) y obtener el Volumen para el Biodigestor.

**Ejemplo 1:** Si se generan  $2\text{m}^3/\text{día}$  de Purines y se requiere un Biodigestor con 100 días de TRH, debemos multiplicar la cantidad de Purines generados por la cantidad de días que se requiere almacenar, es decir por 100.

$$\text{Volumen de Biodigestor} = (\text{Volumen Purines al día}) \times (\text{cantidad de días de TRH})$$

$$200 \text{ m}^3 = 2\text{m}^3 \times 100 \text{ días}$$

Es importante este término porque se puede aplicar también para el cálculo o dimensionamiento del Estanque de Acopio, que acumula el Digestado.

**Ejemplo 2:** Si se generan  $2\text{ m}^3/\text{día}$  de Purines y se requiere almacenarlos durante 3 meses, debemos multiplicar la cantidad de purines generados por la cantidad de días que se requiere almacenar, en este ejemplo serían 90 días (3 meses). Por lo tanto el volumen del estanque de acopio necesario sería:

$$\text{Volumen de Acopio} = (\text{Volumen Purines diarios}) \times (\text{cantidad de días de almacenamiento})$$

$$180\text{ m}^3 = 2\text{ m}^3 \times 90\text{ días}$$

### Ejemplo de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

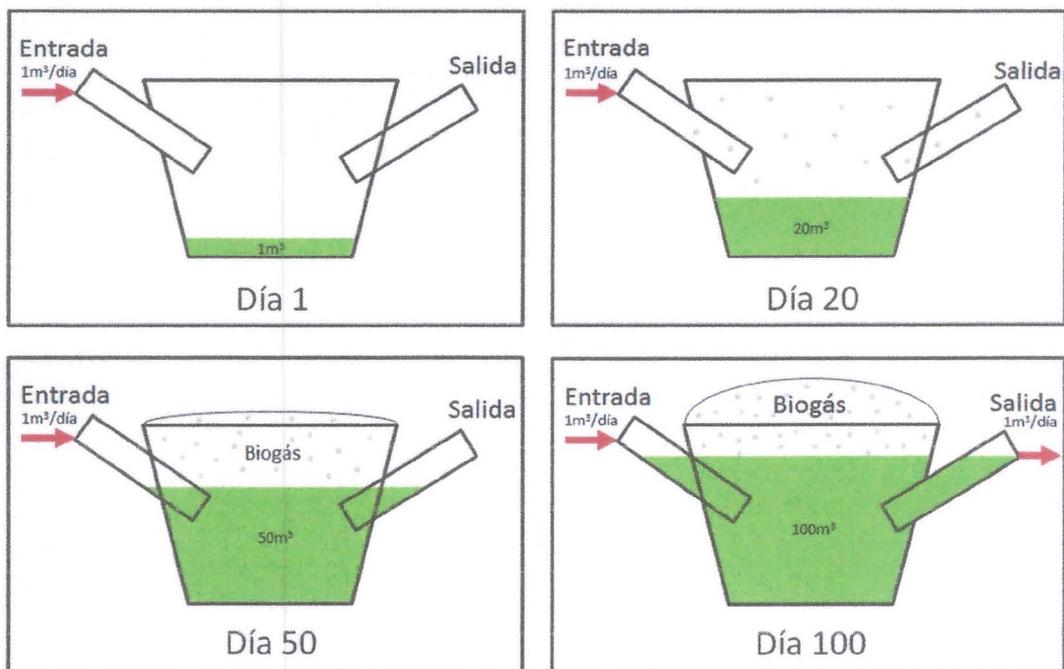


Figura 8: Esquema de un Biodigestor con TRH 100 días, en que se muestran diferentes etapas de llenado. Fuente: Biotecsur

### 6.3 Cálculo cantidad de purín

En la producción del purín que llega a un estanque purinero existen 4 factores claves para poder calcular la cantidad que se generan, siendo estos de origen:

- Animal (feca y orina).
- Aguas sucias (lavado de equipos de ordeña y estanque de leche).
- Aguas del lavado de pisos y construcciones.
- Aguas de lluvias.

Los 3 últimos factores pueden variar considerablemente la contribución de agua al pozo purinero, ya sea por la cantidad de m<sup>2</sup> de patio de espera sin techo, techos sin canalización de aguas y según la cantidad de lluvias por año. Además en el primer factor también varía la cantidad según el manejo que se tenga, ya sea estabulado y/o tiempo en el patio de espera.

Entonces, cada predio tiene una producción distinta de purín según el manejo que se tenga en los factores mencionados, y es por eso que se llega a una relación promedio, siendo la más adecuada para este cálculo, 1 parte de purín a 3 de agua.

Para calcular el porcentaje de excretas de una vaca, se utilizan los datos de la empresa BIOTECSUR para desarrollar sus proyectos:

1. Se considera el 10% del peso vivo del animal para el dato de las excretas.
2. Se divide el valor de las excretas (10% del peso vivo), en 24 horas.
3. Sabiendo el valor de excretas que genera un bovino por hora, tomamos ese valor y lo multiplicamos por la cantidad de horas que el animal permanece en el patio de espera. (2, 3, 4 o más horas).
4. Teniendo el valor de las excretas en el Patio de Espera, lo multiplicamos por 4 (1 parte de excreta + 3 partes de agua), y luego por la cantidad de vacas en ordeña.<sup>1</sup>
5. La equivalencia de 1m<sup>3</sup> de purín, son 1.000 kg o Lts.
6. La cantidad de agua de lavado para los patios y equipos de ordeña generalmente es de 1:3 es decir 1 parte de Purín (fecas y orinas) y 3 partes de agua. Para este predio consideramos 1:2 ya que la limpieza de patios se realiza en gran parte por raspado.
7. La cantidad de aguas lluvia depende de la cantidad de patios, pasillos y techumbres sin canalizar y la pluviometría del sector.

**Tabla 1: Producción purines con 6, 12 y 24 horas de alimentación en patio de espera (P.E.)**

Cant. Vacas	Peso promedio/vaca	10% excreción	Prod. / 6 horas Patio de espera más agua de lavado.	Prod. / 12 horas Patio de espera más agua de lavado	Prod. / 24 horas Patio de espera más agua de lavado.
unidad	Kg	Kg/vaca/día	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /Día	m <sup>3</sup> /día
1000	500	50	25	50	100

Elaboración propia.

#### 6.4 Cálculo de volumen de un biodigestor

Para el cálculo del volumen del biodigestor se tendrá en cuenta los siguientes datos:

- m<sup>3</sup> de purín día (fecas, orina y agua de lavado)
- Tiempo de retención hidráulica (TRH), (según criterio de diseño).

Los días de retención hidráulica dependen de varios factores a considerar para elegir un diseño adecuado de Biodigestor tales como:

<sup>1</sup> Nota: Para simplificar este cálculo consideramos 1 parte de agua por 1 parte de Bosta y Orina, el Agricultor debe verificar cuánta agua está usando en lavado de patios y sala, además tener patios techados y con respectivos desvíos de aguas lluvia, es posible que la relación baje a 1:3, 1:2, 1:1 ó 100% solo Bosta y orina, para el caso de raspado en seco.

#### 1.- Cantidad de purines generados por día

La cantidad de purines por día está relacionada directamente con la cantidad de Biogás que se generará y el tamaño del Biodigestor.

#### 2.- Cantidad de agua presente en los purines

El agua no produce Biogás por lo tanto ocupa espacio en el volumen del Biodigestor y disminuye la cantidad de Biogás por volumen de Biodigestor.

#### 3.- Espacio físico disponible

El espacio disponible influye en la forma, tamaño y tipo de Biodigestor que se podría instalar, cambiando el nivel de inversión según la tecnología implicada.

#### 4.- Objetivo del sistema (tratamiento de purines, generación de energía o mixto).

Un sistema de Biodigestión orientado a tratar los purines y evitar olores requiere menor complejidad en el diseño y poca mantención. En cambio un sistema orientado a generar energía constante incorporará mayor tecnificación (motores, agitadores, calefacción, etc.). Esta planta incorpora un sistema de generación eléctrica para 50 kW hora, con sistema de sincronismo que permite inyectar la Electricidad a la Red del Predio para auto consumo.

#### 5.- Inversión disponible para el sistema y tecnificación incorporada

Los recursos disponibles para instalar un Biodigestor son determinantes para diseñar un sistema simple menos eficiente o tecnificado más eficiente, también se debe considerar que un sistema tecnificado requiere mayor mantención.

Para los sistemas a pastoreo con mayor cantidad de agua de lavado, se recomienda hacer los cálculos para un Biodigestor a temperatura ambiente con 100 días de retención hidráulica.

Como ejemplo el cálculo del Volumen del Biodigestor tipo laguna y con temperatura ambiente, sería:

Volumen Biodigestor = Cantidad total de purines x tiempo de retención hidráulica

### 6.5 Cálculo volumen de acopio

En los proyectos de SPB el acopio está diseñado para retener el digestado o Biofertilizante líquido denominado Biol antes de ser regado en las praderas.

Para el cálculo del volumen del acopio necesitamos tener en cuenta los siguientes datos:

- $m^3$  de purín día
- 90 días de retención



**Figura 9: Acopio impermeabilizado con Geomembrana para digestado, tamaño 250m<sup>3</sup>.**  
Fuente: Biotecsur

### 6.6 Cálculo producción de biogás

Para calcular la producción de biogás se tomara en consideración la equivalencia con que la empresa BIOTECSUR. Hace sus respectivos proyectos:

- 1m<sup>3</sup> de Sustrato Fase Liquida<sup>2</sup> = 6,5m<sup>3</sup> de biogás<sup>3</sup>

**Tabla 4 Producción de Biogás con 6 horas en patio de espera (P.E.)**

Vacas	Total purín 6hr P.E.	Estimación Biogás	Electricidad
Unidad	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día	kW/día
1000	25	253	455

Biogás Según RETScreen Canadá, Factor producción electricidad 1,8 kW/m<sup>3</sup> de Biogás.

**Tabla 5 Producción de Biogás con 12 horas en patio de espera (P.E)**

Vacas	Total purín 12hr P.E.	Estimación Biogás	Electricidad
Unidad	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día	kW/día
1000	50	506	910

Biogás Según RETScreen Canadá, Factor producción electricidad 1,8 kW/m<sup>3</sup> de Biogás.

**Tabla 6: Producción de Biogás con 24 horas en patio de espera (P.E.)**

Vacas	Total purín 24hr P.E.	Estimación Biogás	Electricidad
Unidad	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día	kW/día
1000	100	1012	1821

Biogás Según RET Screen Canadá, Factor producción electricidad 1,8 kW/m<sup>3</sup> de Biogás.

<sup>2</sup> Sustrato Fase Liquida = Mezcla de: Bosta (alimentación a base de praderas) + Orina + Agua de lavado patios + Agua lavado sala de Ordeña y Equipos + Aguas lluvias, después de pasar por decantadores o separadores de arena y fibra.

<sup>3</sup> Producción de Biogás en Biodigestores a temperatura ambiente Región de los Ríos y los Lagos 15°C Temperatura promedio dentro del Biodigestor.

## 6.7 Equivalencias de producción de biogás

Las equivalencias se pueden encontrar muy fácilmente gracias a internet, pero para éste manual se trabajará con las que ocupa la empresa BIOTECSUR SPA. Para el desarrollo de sus proyectos.

- 1m<sup>3</sup> de biogás = 5.400 Kcal



**Figura 10: Equivalencias de biogás con otras fuentes de energía - Fuente: Guía de planificación para proyectos de biogás en Chile, Junio de 2012.**

## 7. Habilitación de un SPB

Los materiales y la construcción dependen y varían según el tamaño de la planta de SPB, pero a grosso modo en todas las instalaciones de SPB se necesita lo siguiente:

**7.1 Estudio Preliminar:** Este estudio es indispensable para el éxito de la metodología, es donde se recopilan la mayor cantidad de datos como por ejemplo: cantidad de vacas, peso de las vacas, alimento suministrado a éstas, área disponible para el diseño del biodigestor, tipo de suelo, existencias de napas subterráneas, tipos de energías utilizadas y consumos de las energías utilizadas, entre otras.

**7.2 Diseño e ingeniería básica:** Teniendo todos los datos necesarios se comienza con los cálculos para saber el espacio que se necesita para la construcción de SPB, con eso se puede saber en qué lugar puede ser ubicado y luego desarrollar el diseño de red de tuberías, cámaras de registro y decantadores. También se calcula la cantidad de biogás a producir, y así poder evaluar su utilización y beneficios económicos del proyecto.

**7.3 Nivelación y Excavaciones:** Es la etapa donde comienza las obras, el movimiento de tierra y todo lo que implica dejar el terreno apto para apto para la construcción del SPB, y nivelado para que los purines puedan canalizarse fácilmente.



**Figura: 11** Proceso de excavación y nivelación.

**7.4 Construcción Decantador:** Para la construcción de uno o más decantadores, se hace una estructura o moldura con las dimensiones que se necesiten, se incorpora la entrada y salida de tuberías a la altura necesitada para que éste cumpla con la función de capturar los sólidos y lodos que no deben ingresar al biodigestor.



**Figura 12:** Construcción Decantador de hormigón

**7.5 Cámara de registro:** Permiten canalizar los purines para mantener el biodigestor y acopio con los niveles de líquido necesario para el proceso de fermentación según el tiempo determinado. Según distancias se incorporan cámaras de registro, las cuales facilitan la inspección del sistema, permitiendo así evitar la obstrucción de las tuberías.



**Figura 13: Instalación Red de tuberías en Decantador y Biodigestor**

**7.6 Impermeabilización:** La impermeabilización de los pozos donde se ubica el biodigestor y el acopio es sumamente importante, ésta hace que los purines en tratamiento dentro del biodigestor y los purines ya tratados en el acopio, no tengan fugas hacia las napas o afluentes, evitando así evitar contaminación y permite cumplir con los requerimientos del sistema anaeróbico para que el proceso dentro del biodigestor se realice adecuadamente.



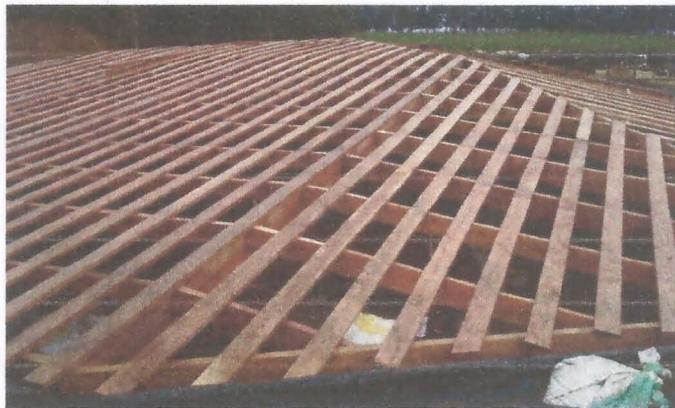
**Figura 14: Impermeabilización de pozo purinero**

**7.7 Muro perimetral y sistema de anclaje:** Con el muro perimetral se presentan principalmente tres ventajas, la primera es la forma y resistencia en el anclaje de la geomembrana superior al muro, la segunda es la hermeticidad, ya que permite el sistema anaeróbico, y la tercera es mantener un fácil acceso dentro del biodigestor en caso de alguna mantención o falla que ocasione la eventual apertura del biodigestor.



**Figura 15: Construcción muro perimetral**

**7.8 Construcción de techumbre:** La techumbre es indispensable al momento de construir un biodigestor, ya que mantiene la geomembrana sobre el nivel del líquido, y soporta su peso antes de que el biodigestor comience a producir biogás.



**Figura 16: Instalación techumbre en Biodigestor**

**7.9 Geomembrana superior:** La geomembrana utilizada para biodigestores es del tipo EPDM (Etileno Propileno Dieno tipo M) que fabrica la empresa Firestone, ésta geomembrana tiene la particularidad expandirse un 400% de su tamaño, siendo ideal para este tipo de instalaciones. La vida útil expuesta al sol es de 15 años según datos del fabricante.



**Figura 17: Instalación Geomembrana superior**

**7.10 Red de biogás:** Es por donde circulará el biogás producido, debe ser de material resistente a la corrosión. Esta red debe tener una pendiente negativa para atrapar el agua que puede llevar el biogás, además debe contar con filtros para retener el ácido sulfhídrico.



**Figura 18: Instalación Red de Biogás**

**7.11 Calefactor a biogás:** El Calefactor es un estanque para calentar agua a la temperatura requerida de 60°C a razón de 18 litros/minuto, éste calefactor consiste en un serpentín de cobre que recibe el calor directo de un quemador a Biogás, elevando la temperatura del agua al pasar por el serpentín.



**Figura 19: Caldera a biogás**

### **7.12 Grupo electrógeno**

Un Grupo Electrónico es la unión de un motor de combustión interna y un alternador o generador de electricidad, el motor acciona el generador y este a su vez produce electricidad.

Existen Grupos Electrónicos que funcionan con Gasolina, Diesel, Gas licuado, Gas natural y también con Biogás. Los motores que funcionan con Biogás están adaptados y preparados para operar correctamente con Biogás.

Sectores como la ganadería y agricultura, demandan cada vez más este tipo de generadores. Los residuos como el purín son una fuente ininterrumpida de energía si son tratados en plantas de biogás, donde se genera Biogás que servirá para alimentar un generador de electricidad.

Los grupos electrónicos alimentados con Biogás existen en variados modelos de 50Hz y 60 Hz, cuyo rango de potencia total va de los 2 a los 1.456 kW. Este combustible se convierte en la opción estrella, por ser un bien disponible en gran parte del mundo, respetuoso con el medio ambiente.



**Figura 20: Grupo Electrónico 31kVA adaptado a Biogás. Fuente Biotecsur.**

**7.13 Puesta en Marcha de un SPB:** Una vez finalizada la construcción y chequeo de los equipos encargados de la agitación, comienza el ingreso de purín al biodigestor, se inspecciona el funcionamiento del sistema (decantadores, cámaras de inspección, etc.) e ingreso de purín al biodigestor, si está todo funcionando de manera adecuada se procede a sellar el Biodigestor comienza la producción y acumulación de biogás. En esta etapa se “setea” el funcionamiento de los Agitadores, esto se logra con los Timer instalados en el Tablero Eléctrico. Ejemplo: Agitador 1- 15 minutos cada 2 horas, a continuación Agitador 2 – 15 cada 2 horas, etc.

**7.14 Capacitación:** La capacitación consiste en enseñar todo lo necesario para el buen funcionamiento de una planta de tratamientos con biodigestor, las actividades que se necesitan hacer a diario para un adecuado monitoreo evitando posibles fallas en su operación y mantener el SBP en perfectas condiciones.

Esta capacitación se realiza en terreno y es por etapas, a medida que el proceso va avanzando, podemos identificar 3 etapas:

1.- Llenado del Biodigestor: en esta etapa el operador debe aprender el funcionamiento de los agitadores, bombas, entradas y salidas desde decantador a estanque de recepción, hacia Biodigestor y hacia estanque de acopio. En este punto el operador debe aprender como setear el funcionamiento de estos equipos, conocer el tablero eléctrico para identificar fallas térmicas o cortocircuito, conocer el correcto funcionamiento de los agitadores e identificar ruidos extraños que ayudan a realizar mantenencias preventivas.

2.- Inicio producción de Biogás: en esta etapa el operador debe aprender todo el sistema de filtrado sus equipos, como encender el calefactor, el sistema de calefacción del Biodigestor, y el motor a biogás. En esta etapa se realiza la puesta a punto del sistema de calefacción, el cual se inicia en este modelo de planta con un calefactor a biogás que ayudará a elevar la temperatura del reactor hasta alcanzar una producción más elevada de biogás que permita encender el motor por un mínimo de horas al día que permita recuperar el calor necesario para mantener el reactor a su temperatura de trabajo desde 30°C a 37°C. Para esto estimamos un mínimo de 18 horas diarias.

3.- Inicio producción eléctrica: en esta etapa el Biodigestor alcanzó la temperatura de trabajo 30 a 37°C, con lo cual se inicia la producción estable de Biogás y la Generación Eléctrica. El operador debe conocer el procedimiento de encendido del Grupo Electrónico, sistemas de control Deep Sea,

Tablero de Transferencia, funcionamiento del Soplador Biogás, presiones mínimas y máximas del Biodigestor (aunque es automatizado el sistema de control).

## **8 Seguridad y Prevención**

Terminología y Referencia Normativa (Documento de Base de Proyectos de Reglamento de Seguridad de Instalaciones de Biogás - SEC).

### **Zonas de seguridad:**

Zona 0: Área de trabajo en la que existe una atmósfera explosiva.

Zona 1: Área de trabajo en la que es probable, la formación ocasional de una atmósfera explosiva.

Zona 2: Área de trabajo en la que no es probable, la formación de una atmósfera explosiva.

### **8.1 Medidas de Seguridad Red de biogás:**

1. Se deberá instalar un cerco perimetral para evitar el acceso de personas o animales al biodigestor y sala de caldera e instalar la caldera o equipo electrógeno en un lugar seguro.

2. Se deberá instalar y mantener en buen estado de los sellos hidráulicos (Válvulas de sobrepresión) en las Tuberías de Biogás que eviten la fuga del gas del interior del biodigestor, así mismo, las tuberías para biogás deben identificarse con el color de seguridad correspondiente: Biogás-amarillo, Agua-Azul, Fuego-Rojo.

3. Se deben instalar válvulas de alivio que liberen automáticamente biogás a la atmósfera y mantengan la integridad del biodigestor. Revisar diariamente el nivel de agua de las válvulas de sobrepresión. En esta planta existe una válvula de sobrepresión por sello hidráulico, que inicia la liberación de Biogás al superarse los 2milibares (2cm c.d.a.), es importante revisar el rebalse de esta válvula una vez cada 2 meses, verificando que el agua este al nivel de salida o rebalse de los tubos PVC 32mm ubicados en la cara Norte de la válvula. Esta válvula además cumple con la función de recibir los condensados del Biogás que se captan en la estación de filtrado.

4. Se deberá contar con equipos de protección y seguridad personal para los que operen los sistemas y equipos. Es importante ingresar con antiparras, usar guantes de cuero para retirar los elementos filtrantes dentro de los filtros y zapatos de seguridad.

5. La sala de máquinas de la planta de generación de energía térmica o del equipo electrógeno, debe estar fabricada con materiales ignífugos, en este caso está construida íntegramente con perfiles metálicos, planchas de fierro galvanizado y los sistemas eléctricos están instalados con sistemas anti chispas, bajo norma ATEX.



**Figura 21: Vista Estación de Filtrado y Soplado de Biogás.**

En esta **Planta de Filtrado** existen 4 filtros grandes para el Biogás, los 2 primeros contienen viruta de fierro y su contenido debe ser reemplazado una vez por año.

A continuación se encuentran 2 filtros similares con carbón activado, los cuales cada uno tiene una duración de 1 año y debe ser reemplazado con carbón activado nuevo.

La disposición de los residuos generados debe ser enviada a vertedero municipal.

A continuación de los filtros de Viruta y de Carbón se encuentra un Filtro de papel para partículas pequeñas, el cual debe revisarse mensualmente, y ser reemplazado 1 vez por año.

## **8.2 Revisión Calefactor Biogás**

Para una mayor seguridad, se debe inspeccionar diariamente el color de la llama, funcionamiento interior y exterior de la caldera. Se debe revisar cada mes el estado del interior de la Caldera, para evitar la acumulación de "hollín". Revisar el color de la llama cada día, esto para evitar que se esté quemando deficientemente el biogás, la llama debe estar con color azul, si presenta colores rojizos indica que falta oxígeno en la mezcla, lo que provoca partículas sin combustionar, con la consecuente acumulación de Hollín.

Para limpiar la Caldera se debe retirar el quemador y abrir la tapa superior, poner un saco o recipiente en la parte inferior para recibir el hollín, posteriormente baquetear con algún elemento flexible y en el extremo alguna escobilla angosta, retirar el exceso de hollín acumulado sobre el saco o recipiente. Una vez realizada esta operación volver a instalar los elementos retirados. Chequear funcionamiento.



**Figura 22: Quemador a Biogás en Caldera 200 litros. Fuente: Biotecsur**

### **8.3 Grupo Electrónico Biogás**

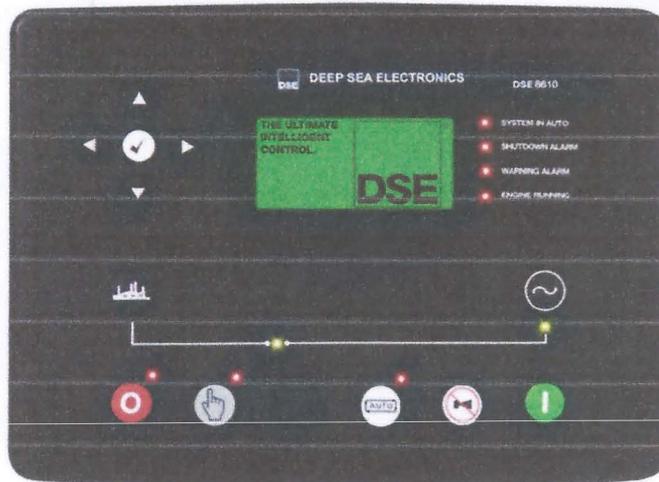
El proveedor del Grupo Electrónico entrega, ficha técnica, manual de operación y mantenimiento del equipo (Documentos adjuntos como Anexo).

El Grupo Electrónico cuenta con un Módulo de Control marca Deep Sea Modelo 8610 que controla velocidad RPM, relación de mezcla y revisa niveles de aceite, temperatura o alguna falla electromecánica. Este Modulo es el responsable de realizar el encendido y apagado del Equipo, al recibir las ordenes desde el tablero de Transferencia.

En el Tablero de transferencia se encuentra otro Modulo marca Deep Sea Modelo 8660, que es el responsable de enviar las ordenes al Módulo 8610 para regular el Grupo Electrónico de tal forma que la energía eléctrica generada este en misma frecuencia y voltaje que la energía detectada en la RED, esta labor la realiza el Modulo 8660, a su vez en el Tablero de transferencia se encuentran los contactares encargados de entregar la energía generada a la RED una vez igualadas frecuencia y voltaje.

El sistema cuenta con un sensor de presión en la RED Biogás que envía una señal al módulo de control 8660 para evitar que el Grupo Electrónico opere en condición de Presión 0 (sin Biogás en el Gasómetro). De esta forma también se puede setear el sistema para que el grupo opere desde una presión mínima de 1 milibar, lo que equivale a tener un cierto volumen mínimo de Biogás para operar una cantidad de horas mínimas determinadas.

Este seteo se debe realizar durante la Etapa de Marcha Blanca, donde se verifican Presión de trabajo del gasómetro, rangos y consumos reales del Grupo Electrónico.



**Figura 23: Módulo de control Deep Sea 8610. Fuente: Biotecsur**

## 9 Seguridad

Para toda operación de un SPB, es recomendable el uso de implementos especiales en caso de emergencias.

- Ropa de Algodón
- Casco, Guantes, Lentes de protección
- Botas Industriales con suela de goma antideslizante
- Herramientas especiales que eviten producción de chispas
- Equipo de Respiración Autónoma
- Cuerdas de Rescate
- Luces para iluminación de noche
- Equipo de comunicación
- Botiquín de primeros auxilios
- Extintores

### 9.1 Seguridad de equipos (línea de biogás, válvulas de sobrepresión)

Revisión periódica, lectura de presión en línea de biogás en el Manómetro instalado en la RED de Biogás ubicado justo antes del Contador Volumétrico de Biogás, ubicado de la Sala de Caldera.

Mantener lectura de producción y consumo de biogás, acción que se realiza tomando lectura en el Contador Volumétrico ubicado antes de la Caldera y permite liberar el exceso de presión en la línea de biogás cuando se excede de los límites especificados, en este caso regidos por la geomembrana superior. Presiones recomendadas 1,5 a 2 milibares.

Revisar Diariamente el nivel de agua de las válvulas, deben estar siempre a nivel de rebalse.

La Válvula de sobrepresión se ubica en la RED de Biogás entre la salida del biogás desde el Biodigestor y antes del Contador Volumétrico y el Manómetro.

## 9.2 Ficha de Mantenimiento y actividades

ITEM	Actividad	Frecuencia
1	Inspección visual de Geomembranas	Diaria
2	Revisión de las cámaras de registro	Diaria
3	Limpieza decantador	Semanal
4	Revisión Válvula de alivio	Diaria
5	Mantención Bomba Decantador	Anual
6	Mantención cámaras de drenajes	Semanal

## 9.3 Cuadro de Acciones según posibles fallas

ITEM	Fallas	Solución
1	Obstrucción en Cámaras de registro	Limpiar con tubería planza de 2"
2	Bomba decantador obstruida	Encender en modo reversa por un minuto, volver a posición normal y reintentar, si continua falla llamar a servicio técnico.
3	Antorcha apagada y contador indica flujo de biogás	Encender en modo manual (chispero manual), si falla persiste llamar a Servicio técnico)
4	Fuga de Biogás detectada con instrumento o visualmente en Geomembrana EPDM.	Aplicar KIT de reparación, según capacitación, si falla persiste llamar a Servicio técnico.
5	Aumento excesivo de temperatura o apertura de válvula de sobrepresión de Intercambiador de calor	Chequear si bomba de recirculación está detenida, encender bomba de apoyo, y llamar a servicio técnico.

Un correcto mantenimiento es crucial para el adecuado funcionamiento del SPB en el corto, mediano y largo plazo, por lo cual es importante conocer los planos de la planta (Decantador, Biodigestor, Estanque de Acopio, Red de Tuberías de Biogás, Tuberías de entrada y salida de purines, Sistemas de Agitación y Unidad de Generación Energética con Biogás).

## 10 Limpieza de un SPB

a) Se debe inspeccionar y retirar objetos indeseados como ramas, fierros, alambres, plásticos, guantes, jeringas, etc., se deben retirar al mismo tiempo que se está realizando el lavado de los patios, esto evita el riesgo que alguno de estos elementos pueda pasar por las tuberías que están conectadas con el biodigestor, los sólidos que queden atrapados en el Decantador serán retirados por un tractor con pala mecánica para ser acopiados para compost y posteriormente ser aplicado en la pradera.

La frecuencia de la limpieza de un Decantador depende de la cantidad de vacas y horas de patio y también de su tamaño. De 30 a 50 vacas, cada 2 meses, de 50 a 100 vacas, una vez por mes.



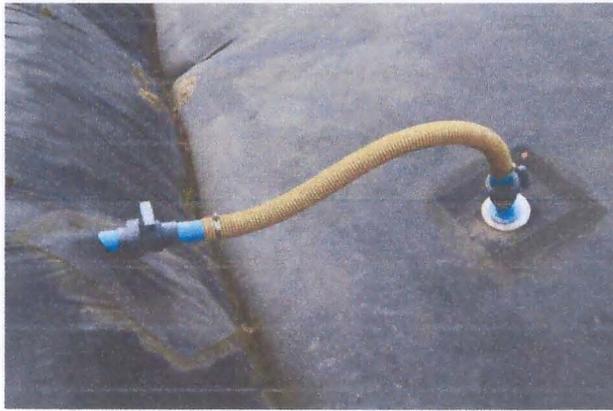
**Figura 24: Decantador de en Sistema de biodigestión. Fuente Biotecsur**

b) La limpieza de tuberías se debe realizar anualmente, la grasa y la sedimentación se va adhiriendo a las paredes internas de las tuberías y paredes de las válvulas. Se recomienda la limpieza con agua a presión, también se puede utilizar el método de introducir guías metálicas que raspan internamente las paredes de la tubería soltando así las costras internas.



**Figura 25: Cámara de registro. Fuente: Biotecsur**

c) Se deberán realizar inspecciones diarias en todo el contorno de la Geomembrana para detectar fugas, rasgaduras o cualquier otro daño que se pueda provocar por el ingreso de animales, caída de ramas, etc.



**Figura 26: Salida de Biogás, tubería 63mm diámetro.**

- d) Se deberá eliminar el agua acumulada sobre la cubierta después de los días de intensa lluvia, en el caso de acumulación excesiva se debe retirar el agua con una bomba pequeña o un balde.
- e) Inspeccionar visualmente que no se produzca acumulación de hojas, ganchos o elementos que arroja el viento y que se depositan sobre la geomembrana en las esquinas del biodigestor, en los bordes de las platinas de anclaje y que pueden provocar roturas.
- f) Además de la tarea de limpieza de las platinas de anclaje, se deberá mantener pintada con anticorrosivo las platinas superiores de anclaje.
- g) Evitar subirse sobre la Geomembrana con zapatos o botas sin revisar que no estén libres de piedras o elementos que puedan romperla.



**Figura 27: Cubierta de Biodigestor. Fuente: Mario Mendoza**

- h) La limpieza general del biodigestor, se deberá hacer cada 5 años para extraer los lodos acumulados al interior del estanque. Se retira la geomembrana superior y se procede a limpiar con motobomba sólidos y líquidos acumulados. La limpieza manual de la geomembrana se debe realizar como medidas de precaución para evitar embancamiento de sólidos en el fondo y en la superficie.



**Figura 28: Limpieza de Biodigestor. Fuente Biotecsur.**

## 11. Normativas existentes

En Chile, diversos órganos de la administración del estado tienen competencias ambientales que dan lugar a permisos o pronunciamientos que deben ser obtenidos antes de emprender un proyecto de inversión o modificar uno que esté en operación.

Para el caso de sistemas agrícolas de menor tamaño, cuya referencia se hace en este manual. La construcción y funcionamiento de plantas de biogás presentan impactos menores a los que hace referencia el SEIA y generalmente se encuentran asociados a actividades ya existentes de manejo de residuos, por lo cual, no deben ingresar al SEIA.

La magnitud de los potenciales impactos que pueda producir una planta de biogás dependerá del tipo de sustratos utilizados (tipo de biomasa y su manejo), del tamaño de la planta (flujo de sustrato, digestado y cantidades almacenadas) y su cercanía a centros poblados, reservas de agua, áreas protegidas o bienes ambientales en general.

En cuanto a las normativas ambientales pertinentes a proyectos de generación de biogás, en este manual se consideran las siguientes:

**Norma Chilena sobre Plantas de Digestión Anaeróbica – Diseño y Operación (PRNCh3381).** Esta norma establece una clasificación para las plantas de digestión anaeróbica.

- Considerar en su diseño el tipo y cantidad de materia prima a procesar
- Características del sitio, accesibilidad y áreas de operación de una planta de digestión anaeróbica
- Delimitar (cercos, mallas) el acceso a personas no autorizadas y de animales
- Contar con sistema de registro de los residuos que ingresan a la planta por origen, tipo de sustrato y cantidad
- Considerar en el diseño área de recepción de materias primas; de limpieza; de higienización; de los 33Geomembrana33s; de almacenamiento y uso de gas, entre otras.
- Todas las plantas de digestión anaeróbica deben contar con un plan de manejo de olores
- Todas plantas de digestión anaeróbica deben contar con un plan para controlar plagas y vectores de interés sanitario

**Norma Técnica de Calidad del Digestado (NCh3375:2015).** La norma sobre diseño y operación de plantas de digestión anaeróbica establece que es indispensable para su aplicación el reconocimiento de esta norma. Su vigencia se inicia el 27/08/2015 y tiene por objetivo establecer los requisitos de calidad de los productos obtenidos a partir del proceso de digestión anaeróbica (digestado) para su aplicación en suelos y el tipo de sustrato que puede ser sometido a éste proceso.

**REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE LAS PLANTAS DE BIOGÁS E  
INTRODUCE MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE INSTALADORES DE GAS. (Decreto 119.:2012)**

En cuanto a la seguridad de instalaciones de biogás, actualmente existe una normativa oficial en Chile. Este reglamento fue promulgado en Febrero de 2017 y establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones de biogás, cuya producción es con fines energéticos, en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección y término definitivo de operaciones. En este documento, se expresa la distancia mínima que debe existir entre las edificaciones y equipos. Determina también los parámetros de seguridad de acuerdo al tamaño de las instalaciones, el cual se encuentra definido en la normativa respectiva (PRNCh3381). Además, establece que en el diseño y construcción se debe tener en cuenta el uso de materiales adecuados para el manejo del biogás, la protección de tuberías, la limpieza del gas y la hermeticidad del proceso, entre otros.

## 12 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El presente manual es desarrollado de acuerdo a la experiencia recopilada por el proveedor, los materiales que se utilizaran, así como los manuales que vienen con los equipos importados.

### Manual de Operación y Mantenimiento de la planta

Contenido:

Descripción del Funcionamiento

Puesta en marcha, secuencia operativa

Precauciones para el uso del Biogás

Mantenimiento de la planta y seguridad

Medidas de Seguridad

#### 12.1 Descripción del funcionamiento

La Planta de Tratamiento de Purines con Biodigestor consiste en:

- Un Decantador de hormigón de 60 m<sup>3</sup>, para la separación de sólidos y líquidos, el vaciado de este Decantador se realiza con la Bomba integrada.
- Adaptación del actual Estanque Purinero en Estanque de Recepción de 300m<sup>3</sup>.
- Un Biodigestor de 1.400 m<sup>3</sup>, para la producción de Biogás.
- Una Sala de Máquinas con que alberga un Grupo Electrónico de 50kw y Tableros Eléctricos para el funcionamiento de la planta.
- Un sistema de desulfuración y soplado para mejorar la calidad del Biogás y la presión de entrada al Grupo Electrónico.
- Una Antorcha para quemar el exceso de Biogás.
- Un Estanque de Acopio de 2200m<sup>3</sup> para almacenar el digestado o efluente del Biodigestor.
- Un Estanque de acumulación aguas verdes o de fase líquida de 60m<sup>3</sup> para limpieza de patios.

#### Secuencia de funcionamiento:

a) Los RILES (purines, fibras, más agua de lavado y arena) que se generan en los galpones de alimentación, patios de espera y pasillos de tránsito de las vacas son vaciados a un Decantador de hormigón de 60 m<sup>3</sup> de capacidad a través de canalizaciones de hormigón.

b) Una vez en el Decantador, la arena decanta, las fibras y los purines son enviados por rebalse a un Estanque de Recepción abierto de 300 m<sup>3</sup> (útil), donde se mantienen en constante agitación para homogeneizar los líquidos y sólidos. El agitador debe actuar periódicamente, para esto se programa en el tablero correspondiente su función con "Timer" según la frecuencia de lavado de los patios.

c) Desde el Estanque de Recepción los purines pasan por rebalse a través de una zanja de hormigón al Biodigestor a un ambiente anaeróbico (cerrado, en ausencia de aire), y a una temperatura promedio de 32°C, calor que se obtiene por un sistema de calefacción, alimentado por el grupo electrógeno que utiliza el Biogás, producido por el Biodigestor.

d) Desde el Biodigestor los purines se evacuan por rebalse, a través de tubería de 250mm de diámetro hacia el Estanque de Acopio abierto, donde serán retirados posteriormente por un Pichón (Tractor con Estanque), en esta fase final los purines ya tratados se convierten en Digestado o Biofertilizante para su posterior aplicación a las praderas.

e) Entre el Biodigestor y el estanque de Acopio existe un separador de malla que permite el ingreso de fase líquida al Estanque de Acumulación de aguas verdes para lavado de Patios. En este estanque actúa una bomba de alta presión para realizar el trabajo de limpieza de patios.

## 12.2 Puesta en Marcha, secuencia operativa

**Nota: El Proceso de puesta en Marcha es supervisado y apoyado constantemente por personal de Biotecsur hasta que la Planta pueda ser operada íntegramente por personal del cliente. Periodo que puede tardar de 3 a 6 meses, considerado periodo de seguimiento.**

- Ingreso de sustrato a la planta. El primer paso es verificar que todos los equipos instalados de agitación y bombeo estén operando correctamente. Una vez chequeados todos estos equipos se procede a permitir el ingreso de sustrato a la planta.

- El llenado del estanque de recepción se realiza en 6 a 15 días tiempo necesario para que se realice el pre digestión. La agitación se inicia automáticamente al alcanzar los niveles dentro del estanque, así mismo el bombeo en el Biodigestor se realiza automáticamente.

Una vez alcanzado el nivel de salida o llenado del 36Geomembrana (rebalse por gravedad) se debe esperar 30días (App) para el inicio de producción de Biogás a temperatura ambiente. Este Biogás se utilizará solo para calentar el Biodigestor iniciando el sistema de calefacción con el quemador de Biogás externo integrado en el intercambiador de calor.

- Una vez alcanzada la producción mínima de Biogás (300m<sup>3</sup>/día) para encender el Grupo durante al menos 8hrs/día y mantener encendida la calefacción las horas de no funcionamiento del grupo, se procede en la Sala de Maquina a verificar que los sistemas estén energizados (soplador, tableros, generador), verificar parámetros de funcionamiento en la pantalla digital del generador. Abrir llave de paso de Biogás ubicada en la parte inferior trasera del generador Genset DSE7310/20, encender el equipo Soplador de Biogás y el generador partirá en forma automática.

- El inicio comprende la apertura de las válvulas de salida de biogás, la verificación de los ductos de entrada y salida que estén despejados para recibir los purines o sustrato.

- Una vez iniciada la Puesta en Marcha, se debe verificar el correcto funcionamiento de los dos agitadores, comandados desde la Sala de Maquina. El funcionamiento es permanente, cada 15 minutos y en forma alternada cada uno de los agitadores en el Biodigestor.

- La salida de purines por gravedad a través de una tubería de PVC de 250 mm de diámetro, desde el Biodigestor al Estanque de Acopio de Purines, será diaria hasta llenar el Estanque y una vez llenado se procederá al retiro con un Pichón y luego esparcido a las praderas.

### **12.3 Precauciones para el uso del Biogás**

Una vez generado el Biogás con el porcentaje mínimo adecuado para generar electricidad y calor (sobre 60% metano) se debe verificar el caudal de Biogás generado por día, una vez sobre el mínimo de 300m<sup>3</sup>/día, se inicia generación eléctrica durante un mínimo de 8 hrs al día.

- Verificación diaria de estado de válvulas de sobrepresión, se debe verificar que estén con el nivel de agua adecuado, así como el estado de las trampas de agua en la red de Biogás.

- Verificar visualmente si la Geomembrana exterior del Biodigestor está en buenas condiciones, esta tarea se debe realizar diariamente.

- Verificar que las válvulas del sistema de calefacción estén todas abiertas y que el sistema esté completamente lleno de agua.

- Una vez realizadas las tareas anteriores, se puede proceder a iniciar generación eléctrica encendiendo el grupo electrógeno.

- El proceso inicial de generación en la puesta en marcha debe ser acompañado por un profesional, ya sea el proveedor del Grupo Electrónico y de la empresa que construye e implementa la Planta de Biogás.

- Revisión de la RED eléctrica hacia Sala de Ordeña, verificar con instrumento presencia de CH<sub>4</sub> (metano) y cerrar válvula una vez detectado el metano.

**NOTA: Este Manual se finalizará cuando la planta este montada, ya que se acompañará con fotografías de cada elemento indispensable para realizar el chequeo visual y su correcto funcionamiento. Muchos elementos aun no existen ya que serán fabricados en nuestros talleres y armados en terreno.**

## 12.4 Mantenimiento de la planta

### Resumen de Mantenimiento

Un correcto mantenimiento es crucial para el adecuado funcionamiento del Biodigestor en el corto, mediano y largo plazo, por lo cual es importante conocer los planos de la planta (Decantador, Estanque de Recepción, Biodigestor, Red de Tuberías de Biogás, Tuberías de entrada y salida desde Biodigestor, Motoreductores y Agitadores)

Los planos quedarán a disposición en la Sala de máquinas para que se puedan revisar adecuadamente en Terreno, una vez entregada la Planta.

## 12.5 Actividades de mantenimiento

- Mantenimiento del Biodigestor
- Control de los RILES de entrada a Decantador
- Limpieza y mantenimiento de tuberías
- Mantenimiento Geomembrana
- Mantenimiento del grupo electrógeno
- Mantenimiento de Antorcha

### Mantenimiento del Biodigestor

Se deberán realizar inspecciones periódicas en la cubierta para detectar fugas, rasgaduras o cualquier otro daño, se deberá eliminar el agua acumulada sobre la cubierta (después de lluvias inspeccionar siempre), se deben extraer los lodos acumulados en el interior del 38eomembrana, cada año, mantenimiento programado anual del grupo electrógeno y demás equipos de acuerdo a las recomendaciones de los proveedores, las tuberías, válvulas y equipos de medición deben ser inspeccionadas diariamente.

### Limpieza del Decantador

Retiro de arena y limpieza del decantador, se debe realizar cada mes. Se acciona la Bomba integrada en la cámara de salida del decantador para bajar el nivel a 70cm del fondo, una vez realizada esta tarea se procede a retirar la arena con Tractor y pala, para su disposición en un terreno aledaño y su integración al suelo.

### Limpieza y mantenimiento de tuberías

Se debe realizar anualmente por prevención la limpieza de tuberías que transportan RILES, ya que la grasa y la sedimentación se va pegando en las paredes internas de las tuberías y paredes de las válvulas. Por tanto para prevenir situaciones de colapso por obstrucción se recomienda realizar esta acción de limpieza ya sea con agua a presión aislando circuitos y recirculando esta agua.

También se puede utilizar el método de introducir guías plásticas que raspan internamente las paredes de la tubería soltando así las costras internas.

**NOTA: Las tuberías para el Biogás deben mantenerse pintadas de color AMARILLO y con pintura resistente a rayos ultravioleta.**

#### **Mantenimiento de Geomembrana**

Se debe revisar visualmente que no se produzca acumulación de hojas, ganchos o elementos que empujados por el viento lleguen a depositarse sobre la Geomembrana en las esquinas, esto puede provocar roturas, por lo tanto se debe mantener limpia la zona perimetral superior de los Biodigestores y cualquier otra zona con posibilidad de acumulación de elementos externos punzantes.

Esta labor se debe realizar cada vez que hay precipitaciones intensas, ya que la acción del viento tiende a empujar la Geomembrana superior y sumando la acción del agua puede provocar empozamiento o acumulación de aguas lluvias.



**Figura 29: Biodigestor tipo Laguna, Geomembrana Caucho Superior.**

#### **Mantenimiento del grupo electrógeno.**

El proveedor del Grupo Electrónico entregará la ficha técnica, manual instalación y de mantenimiento del equipo, la calidad y tecnología integrada marca la diferencia entre mantenimientos, por ejemplo hay grupos que vienen con un sistema de limpieza del aceite que permite mantener en funcionamiento continuo durante un año, para realizar una sola vez la detención del equipo; así como también un equipo más económico deberá detenerse para cambios de aceite y revisiones más continuas.

El filtrado del biogás (Filtro de H<sub>2</sub>S Ácido Sulfhídrico) es fundamental para mantener las Bujías en buen estado, un filtro en malas condiciones puede provocar la detención mensual del grupo solo para limpieza de las mismas.

De acuerdo al proveedor.



**Figura 30: Grupo Electrónico 50kW.**

El sistema de control del Grupo electrónico esta detallado en el Manual del Módulo de Control DSE Genset adjunto como Anexo.

#### **Mantenimiento de Antorcha**

La mantención de la Antorcha Biogás se deberá realizar según indicaciones técnicas del manual de mantención del proveedor del equipo. En este caso Biotecsur suministrará la Antorcha junto con el respectivo manual de Mantenimiento.

#### **Cuadro de mantenciones y actividades**

ITEM	Actividad	Frecuencia
1	Inspección visual de Geomembranas	Diaria
2	Revisión de las Cámaras	Diaria
3	Limpieza decantador	Bi semanal
4	Revisión Temperatura motor	Diaria
5	Revisión Temperatura calefacción	Diaria
6	Chequeo Agitadores	Cada dos Días
7	Revisión Válvula de alivio	Diaria
8	Mantención Bomba Decantador	Anual
9	Mantención Agitadores	Anual
10	Mantención Grupo Electrónico	Anual
11	Mantención de Tableros	Semestral
12	Revisión de cámaras drenajes	Semanal
13	Registro de m <sup>3</sup> de Biogás	Diario
14	Registro de kwh producidos	Diario

### 13.- MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se deberá instalar un cerco perimetral para evitar el acceso de personas o animales al Biodigestor y Sala de Maquina. Se deberá instalar y mantener en buen estado los sellos hidráulicos en las Tuberías de Biogás que eviten la fuga del gas del interior del biodigestor, así mismo, las tuberías para biogás deben identificarse con el color de seguridad correspondiente: Biogás-amarillo, Agua-Azul, Fuego-Rojo.

Se deben instalar válvulas de alivio que liberen automáticamente biogás a la atmósfera y mantengan la integridad del biodigestor. Se deberá contar con equipos de protección y seguridad personal para los que operen los sistemas y equipos.

La Sala de Maquina de la planta de generación de energía térmica y eléctrica debe ubicarse en una zona alejada y de acceso limitado.



**Figuras 31 y 32: Mantencion Platinas de anclaje, Vistas Biodigestores Talca.**

#### - Equipo Personal de seguridad

Es Recomendable el uso de

- Ropa de Algodón
- Casco, Guantes, Lentes de protección
- Botas Industriales con suela de goma antideslizante
- Herramientas especiales que eviten producción de chispas



**Figuras 33: Ejemplos mantenciones y señales.**

**-Regular y mantener medición del Biogás y generación Electrica**

Mantener lectura de presión en línea de Biogás, esto se realiza en el Modulo de Control que recibe la señal del Manómetro en la Línea de Biogás que se encuentra en el inicio de la Línea hacia la Válvula de sobrepresión. Este dato solo nos indica presencia de Biogás, más o menos volumen. Mantener lectura de ahorros eléctricos, esto se logra revisando diariamente el contador de kw instalado en Tablero de Transferencia.



**Figuras 34: Ejemplos RED Biogás y Contador Kw Trifásico.**

**-Arrestador de llama o corta llama**

Equipo que va en las líneas de Biogás en la entrada del Grupo Electrónico, se debe tener informado al operador de la ubicación de estos elementos y al personal de mantención.

Su función es evitar que una chispa o siniestro exterior pase al interior de una línea o recipiente (biodigestor, filtros) y provoque un incendio.

Mantener planos de Piping a disposición antes de realizar cualquier mantención o intervención en las líneas de Biogás.



**Figura 35: Arrestallama.**

### - Antorcha o quemador

Su misión es quemar controladamente el exceso de Biogás producido en la planta (desfogues), evitando su acumulación descontrolada. Se le considera equipo de emergencia en contingencias.

El quemador debe estar instalado sobre una plataforma metálica o de concreto lo suficientemente alejada del biodigestor (a 8 metros de radio seguro), de cables y tuberías. Las señalizaciones deben ser anuncios visibles con las siguientes leyendas:

PELIGRO: "GAS ALTAMENTE INFLAMABLE" y "SE PROHÍBE FUMAR".



Figura 36: Ejemplos de antorchas para Biogas.

### -Válvulas de seguridad o Sobrepresión.

Permiten liberar el exceso de presión en la línea de Biogás cuando se excede de los límites especificados, en este caso regidos por la geomembrana superior. Presiones recomendadas 2 a 5 milibares. En este proyecto la Válvula de sobrepresión se encuentra en la Línea hacia la Antorcha desde la etapa de desulfuración.

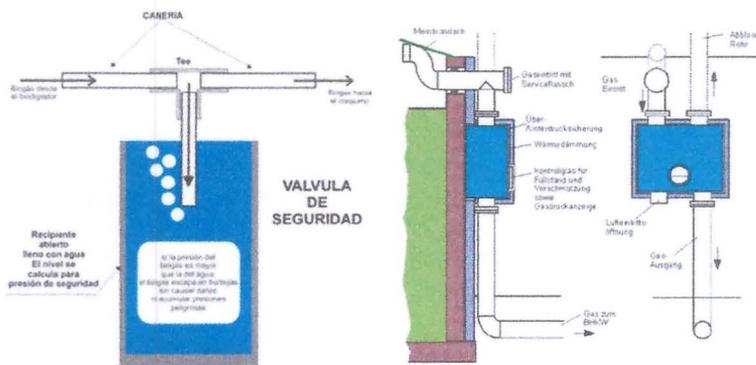


Figura 37: Ejemplo de trampa de agua y válvula de seguridad.

### - Siniestros en Biodigestores

Problemas comunes en la operación de Biodigestores:

- Sobrealimentación de sustrato - no se conoce la cantidad de biomasa en la mezcla
- Inadecuada e incorrecta instalación de generadores
- Falta de control de fugas de biogás
- No hay medición de producción de biogás ni análisis de contaminantes.
- Falta de pararrayos
- No se instalan motores, y equipo eléctrico en general, a prueba de explosión, ni existe tierra física o eléctrica común
- No se instalan válvulas de control de presiones (vacío y sobrepresión) ni arresta-flamas
- No hay señalización
- No existe sistema de control

## 14 Análisis de Riesgos

Hemos desarrollado el siguiente cuadro analizando el historial de fallas o imprevistos que han ocurrido en plantas que están funcionando, según este historial hemos establecido las probabilidades de amenaza y los elementos que se pueden dañar, asignando valores de 1 a 4 ,siendo 4 el de mayor probabilidad de mayor intensidad del daño.

En la tabla se expresan combinaciones de probabilidades de cada caso.

Matriz de Amenaza		Probabilidad de Amenaza							
ELEMENTOS AMENAZADOS		ROBO O ACTO VANDALICO	ANIMALES VACAS, ROEDORES ETC.	ARBOLES O RAMAS	EXLPOSION POR SOLDADURA O SIERRA ELECTRICA	INCENDIO POR FUMAR	OBSTRUCCION DE CAMARA DE RGISTRO O DECANTADORES	OBSTRUCCCIÓN EN BOMBA DE PURIN	FALLA O INCENDIO EN ANTORCHA
		1	3	2	1	1	4	2	2
GEOMEMBRANA SUPERIOR	Magnitud del Daño	4	4	4	4	4	1	1	1
	VALOR	4	12	8	4	4	4	2	2
RED BIOGAS	Magnitud del Daño	1	3	2	4	3	1	1	3
	VALOR	1	9	4	4	3	4	2	6
SALA DE MAQUINAS	Magnitud del Daño	3	1	1	3	2	1	1	1
	VALOR	3	3	2	3	2	4	2	2
PASILLO O ENTORNO	Magnitud del Daño	1	2	1	1	1	3	3	1
	VALOR	1	3	2	1	1	12	4	2
OPERARIOS	Magnitud del Daño	2	1	1	4	4	1	1	4
	VALOR	2	3	2	4	4	4	2	8

MAGNITUD DEL DAÑO	AMENAZA	ELEMENTO AFECTADO	PREVENCIÓN DEL RIESGO
12	ANIMALES VACAS, ROEDORES ETC.	GEOMEMBRANA SUPERIOR	HACER CERCO PERIMETRAL
12	OBSTRUCCION DE CAMARAS Y DECANTADORES	PASILLOS O ENTORNOS	HACER CORRECTA MANTENCION, CHEQUEO DIARIO E INSTALAR FICHA DE MANTENCION
9	ANIMALES VACAS, ROEDORES ETC.	RED BIOGAS	CERCO CON MALLA GALLINERA
8	ARBOLES O RAMAS	GEOMEMBRANA SUPERIOR	CORTANTO ARBOLES Y RAMAS A UN RADIO DE 15 METROS APROX.
4	OBSTRUCCION BOMBA PURIN	PASILLOS O ENTORNOS	HACER CORRECTA MANTECION, CHEQUEO DIARIO E INSTALAR FICHA DE MANTENCION
4	ROBO O ACTO VANDALICO	GEOMEMBRANA SUPERIOR	HACER CERCO Y DEJAR PUERTAS CON LLAVE.
4	EXPLOSION POR SOLDADURA O SIERRA ELECTRICA	GEOMEMBRANA SUPERIOR, RED BIOGAS Y OPERARIOS	VACIAR EL GASOMETRO Y ESPERAR 30 MINUTOS PARA PODER REALIZAR CUALQUIER ACCION
4	INCENDIO POR FUMAR	GEOMEMBRANA SUPERIOR, RED BIOGAS Y OPERARIOS	INSTALAR LETREROS DE SEÑALETICA
8	FALLA O INCENDIO EN ANTORCHA	RED BIOGAS, OPERARIOS	EN LA ENTRADA AL CERCO PERIMETRAL DE LA ANTORCHA DEBE PERMANECER UN EXTINTOR

En este Proyecto la zona de mayor acumulación de biogás es el biodigestor de 1400 m<sup>3</sup> con el gasómetro integrado en la parte superior cubierto con Geomembrana EPDM de 1.14 mm de espesor. Por lo tanto corresponde a la zona de mayor riesgo por acumulación de Biogás.

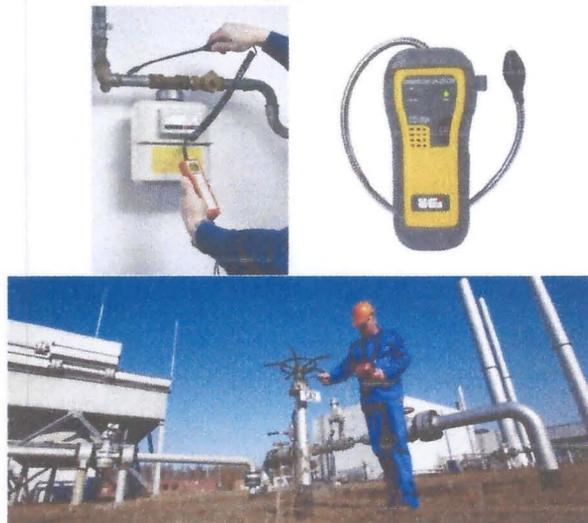
A un costado del Biodigestor se ubican las salas de máquinas con el grupo electrógeno y el sistema de sulfuración y soplado de Biogás siendo esta la segunda zona de mayor riesgo por acumulación de Biogás.

Ambas zonas estarán protegidas por un cerco perimetral que evita el ingreso de animales y de personas no autorizadas, además la Red de Biogás integra :

- Un arresta llamas a la salida del biodigestor ,un arresta llamas antes del soplador ubicado en la zona de sulfuración y un arresta llamas antes de la antorcha.
- Una Válvula de sobrepresión con apertura de 5 milibares y capaz de liberar un caudal de 30 m<sup>3</sup> por hora.
- El gas liberado por la válvula de sobrepresión es conducido hacia una antorcha ubicada fuera del sector de la planta y aislada con un cerco perimetral manteniendo un radio de 8 mts. como zona libre.
- Como medida de seguridad la sala de máquinas además de estar fabricada o construida con materiales incandescentes integra ventilación inferior y superior en todo el perímetro.

#### Acciones preventivas adicionales:

- **DETECCIÓN** – poner de manifiesto mediante aparatos o medios físicos o químicos lo que no puede ser observado directamente (Ejemplo detección de una fuga de Biogás con detector de CH<sub>4</sub> y determinar caudal de fuga).



**Figura 38: Ejemplo de detección de fugas.**

- **ALERTA** – avisar de una condición de peligro o amenaza.
- **ALARMA** – señal que avisa de un peligro inmediato.
- **ACCIONAR** - poner en funcionamiento un mecanismo, en este caso, de seguridad.

Toda planta de Biogás depende de una mantención diaria, revisión de los equipos, tuberías y geomembranas, asegurando su buen funcionamiento en el tiempo.

## 15 Ficha visita Plantas Biogás



### Formulario de visitas Plantas Biogás

Fecha de visita: DIA\_\_ MES\_\_ AÑO\_\_

Hora de llegada: HORA\_\_ MINUTO\_\_

Planta Numero: 1\_\_ 2\_\_ (marcar con una X)

Firma y Nombre persona que lo recibe en el Predio (dueño, usuario):

1.- Registrar numeral Contador Volumétrico BIOGAS:

Numero: \_\_\_\_\_

2.- Registrar presión en el manómetro:

Numero: \_\_\_\_\_

3.- Registrar nivel del estanque de acopio, ver regla:

Numero: \_\_\_\_\_

4.- Revisar entradas y salidas del Biodigestor:

Presenta obstrucciones:\_\_\_ NO presenta Obstrucciones: \_\_\_\_\_

5.- Revisar trampa de agua en línea BIOGAS:

Presenta nivel de agua lleno:\_\_\_ NO presenta nivel de agua: \_\_\_\_\_

6.- Revisar geomembrana Superior:

Presenta imperfecciones y donde, detallar: \_\_\_\_\_

Realizó reparación , detallar: \_\_\_\_\_

7.- Revisar Control Grupo a Biogás:

Temperatura:\_\_\_\_\_ RPM:\_\_\_\_\_ Presión de Aceite: \_\_\_\_\_

Realizó Limpieza, detallar: \_\_\_\_\_

8.- Revisar Línea Biogás: Estado OK\_\_ Presenta falla: \_\_\_\_\_

9.- Revisar Caldera: Estado OK\_\_ Presenta falla hollín \_\_\_\_\_

10.- Relizó limpieza de Caldera: \_\_\_\_\_

9.- Tomar fotografía de cada PUNTO:

Tomó fotografía: SI\_\_ NO\_\_ (Porque: \_\_\_\_\_)

10.- Hora de salida del Predio: Hora:\_\_\_\_\_ Minuto: \_\_\_\_\_

Cell: +52 691 331

Email: avilagrothuden@gmail.com

Justo Genes N°732 - Xª Región de los Lagos - Osorno Chile

## 16. Glosario

<b>BIOL</b>	Fase líquida del digestado
<b>Biometanización</b>	Generación de metano a través de fermentación anaeróbica
<b>BIOSOL</b>	Fase sólida del digestado
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda biológica de oxígeno
<b>Digestado</b>	Residuo estabilizado de la digestión anaeróbica
<b>ERNC</b>	Energía Renovable No Convencional
<b>Estiércol</b>	Deyecciones (fecas) animales
<b>Gasómetro</b>	Contenedor rígido o flexible para el almacenamiento de gas
<b>GLP</b>	Gas Licuado de Petróleo
<b>INDAP</b>	Instituto de Desarrollo Agropecuario
<b>Kcal</b>	Kilo caloría
<b>Kwh</b>	Kilo Watt Hora
<b>MH</b>	Materia Húmeda
<b>MOH</b>	Materia Orgánica Húmeda
<b>MOS</b>	Materia Orgánica Seca
<b>MS</b>	Materia Seca
<b>MV</b>	Materia Verde
<b>MW</b>	Mega Watt
<b>MWe</b>	Mega Watt eléctrico
<b>MWh</b>	Mega Watt hora
<b>Purín</b>	Estiércol y Orina diluido en aguas de lavado
<b>RIL</b>	Residuo Industrial Líquido
<b>SEA</b>	Servicio de Evaluación Ambiental
<b>SEIA</b>	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
<b>SIC</b>	Sistema Interconectado Central
<b>SISS</b>	Superintendencia de Servicios Sanitarios
<b>SPB</b>	Sistema Predial de Biodigestión
<b>TRH</b>	Tiempo de Retención Hidráulica

## 17. Bibliografía

- 1 CME-GIZ. Guía de Planificación para proyectos de Biogás en Chile. Proyecto Energías Renovables No Convencionales en Chile. Chilean Ministry of Energy - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. Santiago de Chile: Proyecto Energías Renovables No Convencionales (MINENERGÍA/GIZ); 2012. doi:978-956-8066-14-7.
- 2 SEC. DOCUMENTO BASE DE PROYECTO DE REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES DE BIOGAS. Superintendencia de seguridad y combustibles. Ministerio de Energía. Santiago de Chile, 2014.
- 3 AS&D Consultores, Biogás Sector Lechero, Introducción a las Instalaciones de Biogás
- 4 Biogás de Residuos Agropecuarios en la Región de Los Ríos, Indap y Gore Los Ríos, Valdivia 2016.
- 5 Manual de Biogás, MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF - María Teresa Varnero Moreno, Santiago de Chile, 2011