Biotecsur
Diseño de Biodigestores

ORIENTACION TECNICA BIODIGESTORES

MANUAL DE MANTENCION Y OPERACIONES

BIODIGESTOR "FUNDO TAIHUEN"

OFICINA DE PARTES 1 FIA
RECEPCIONADO
Fecha 06 JUL 2017
Hora 10:15
Nº Ingreso 4026

Biotecsur
Diseño de Biodigestores

INDICE

1. Sistema Predial de Biodigestión (SPB) P 4
1.1 Que es la Biodigestión? P 5
1.2 Factores Físicos y químicos P 6
1.3 Temperatura P 6
1.4 PH optimo del purín P 7
1.5 Agitación en el biodigestor P 7
1.6 Nutrientes y compuestos inhibidores P 7

2. Biomasa y Purín de vacuno P 8
2.1 ¿Que es Biomasa? P 8
2.2 ¿Que es el Purín de vacuno? P 8

3. Biodigestor P 8

4. Biogás P 9
4.1 Características del biogás P 9
4.2 Generación de energía térmica P 10

5. Biofertilizante P 10
5.1 Biol del purín tratado (fase líquida) P 11
5.2 Biosol del purín (fase sólida) P 11

6. Tamaños de Biodigestores P 12
6.1 Parámetros de diseño P 13
6.2 Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) P 13
6.3 Calculo cantidad de purín P 14
6.4 Calculo de volumen de un Biodigestor P 15
6.5 Calculo volumen de acopio P 16
6.6 Calculo producción de biogás P 17
6.7 Equivalencias de producción de biogás P 18

7. Habilitación de un SPB P 18
7.1 Estudio preliminar P 18
7.2 Diseño e Ingeniería Básica P 18
7.3 Nivelación y Excavaciones P 19
7.4 Construcción Decantador P 19
7.5 Cámaras de registro P 19
7.6 Impermeabilización P 20
7.7 Muro perimetral y sistemas de anclaje P 20

7.8 Construcción de techumbre P 20
7.9 Geomembrana Superior P 21
7.10 Red de Biogás P 21
7.11 Calefactor a Biogás P 22
7.12 Grupo Electrógeno P 22
7.13 Puesta en marcha de un SPB P 23
7.14 Capacitación P 23

8 Seguridad y Prevención P 24
8.1 Medidas de Seguridad Red Biogás P 24
8.2 Revisión Calefactor Biogás P 25
8.3 Grupo Electrógeno Biogás P 26

9 Seguridad P 27
9.1 Seguridad de Equipos P 27
9.2 Ficha de mantenimiento y actividades P 28
9.3 Cuadro de acciones según posibilidades P 28

10 Limpieza de un SPB P 28
11 Normativas existentes P 31
12 Manual de Operaciones y Mantenimiento P 33

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 proceso cuenta con una batería de 3 decantadores con entradas y salidas por rebalse, de los cuales el ultimo posee una bomba impulsora de alimentación a biodigestor. Este último debe ser revisado periódicamente para evitar fallas en los rodamientos o motor, además al estar conectada dicha bomba a la salida del Decantador, esta permite vaciar el contenido del mismo para realizar la limpieza de este con pala y tractor. La Bomba cuenta con control desde el tablero Eléctrico ubicado en la Sala de Máquinas.

3. La tercera etapa es el estanque de recepción o estaque de Bombeo, en este caso esta función la asume el tercer decantador, en el cual recepciona la fase liquida con mínimo de impurezas, para ser impulsada al interior del biodigestor.

4. En la cuarta etapa del proceso ocurre la biodigestión anaeróbica. El Purín sin impurezas ingresa desde el Estanque de Bombeo por efecto de bomba hacia el Biodigestor, la canalización es cerrada en piping de PVC, lo que permite un ingreso limpio y sin eventualidad de alguna obstrucción. El Biodigestor tiene un volumen de 1680 m^3, con dimensiones en superficie de 13x60 metros, y una profundidad de 4 metros. Cuenta con un sistema eventual de agitación por tubos, los cuales permiten la succión con motobomba externa y su recirculación al interior del biodigestor, función es mantener la superficie sin costra y/o disolver la misma en caso que se formase. 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 cuarta 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 un grupo electrógeno para la generación de energía eléctrica. La estación de Filtrado y Soplado permite purificar el Biogás separando una gran

cantidad de H2S (Ácido Sulfhídrico), el cual provoca corrosión a los fierros o componentes metálicos y paredes internas del motor. Para esto el Biogás debe ingresar con un límite de 20mg/m3 (según proveedor), un mínimo de 50% de CH4 y una presión mínima de 2 a 50kPa (20 a 500 milibares).

7. La sexta etapa consiste en el aprovechamiento o uso del Biogás en el Grupo Electrógeno, este equipo es un Motor de combustión interna 3 cilindros, 1500 a 1800 RPM, dimensiones 1360 x 600 x1000mm (largo x ancho x alto), potencia Prime 10 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.

El tratamiento con biodigestores es una alternativa eficiente para bajar la Demanda Biológica de Oxigeno (DBO_5) de los residuos orgánicos, en otras palabras, para reducir su contenido de materia orgánica.

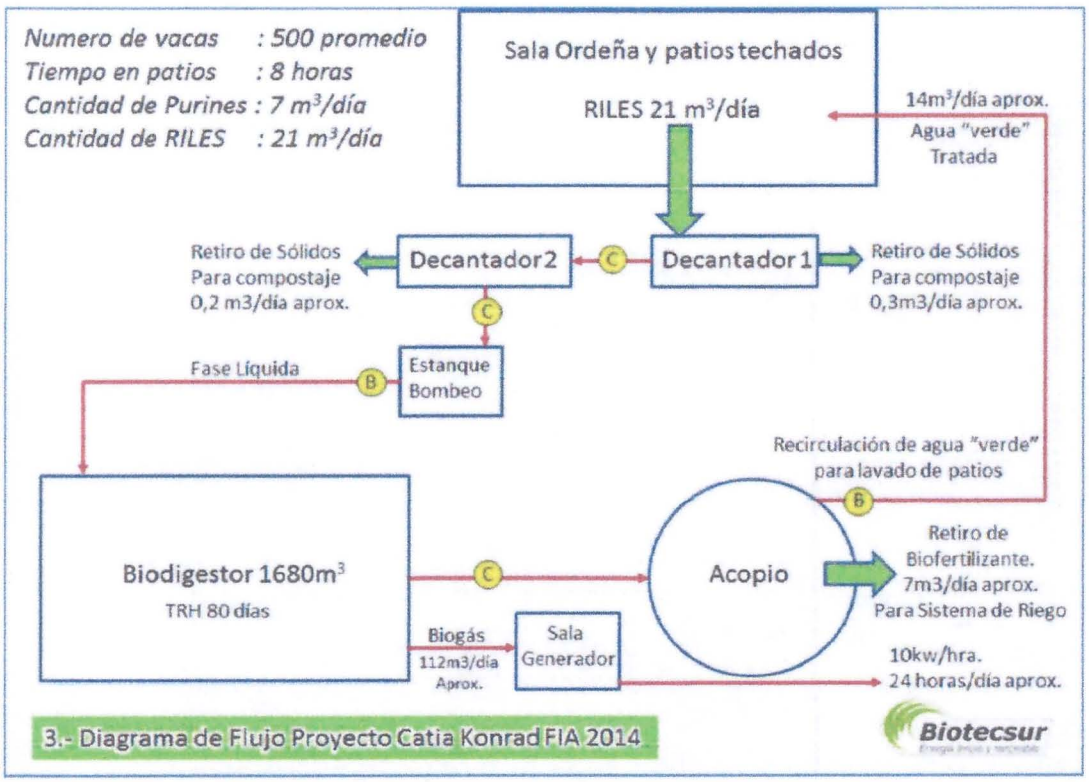


Figura 1: Esquema general sistema Biodigestión "Fundo Taihuen"

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.

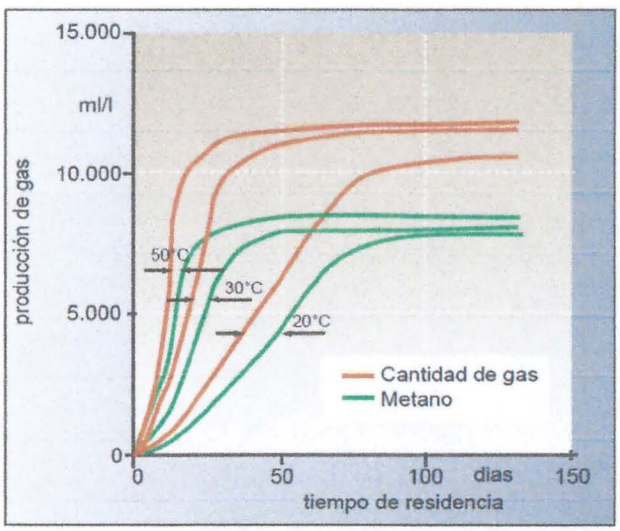


Figura 2: Al incrementar la temperatura en el biodigestor, se produce más biogás en menor tiempo que a bajaras temperaturas. A menor temperatura se puede lograr producción de biogás similar, aumentando el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH). Fuente: Guía de Planificación para proyectos de Biogás en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

1.4. PH optimo 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 seria 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. Otros compuestos inhibidores que pueden perjudicar el proceso anaeróbico metanogénico 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

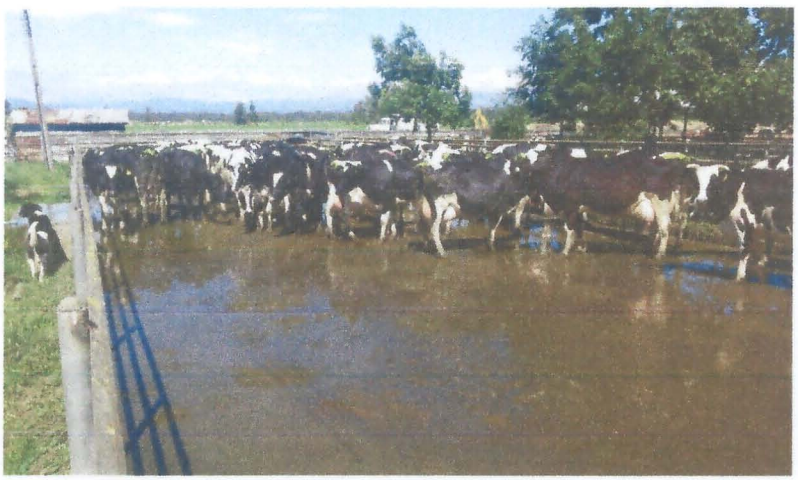


Figura 3: Patio de espera, pisos con purines (bostas y orinas).

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

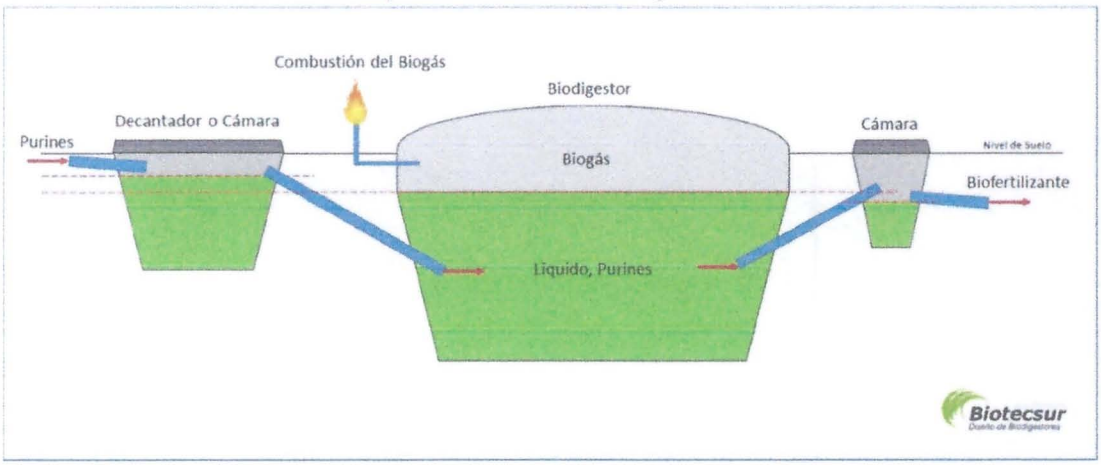


Figura 4: Biodigestor simple / Fuente: Biotecsur

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 (CH_4) que lo hace interesante como combustible, la otra gran parte es Dióxido de Carbono (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 CH_4, en un rango de 50 a 70% y Dióxido de Carbono 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 Sulfhídrico H_2S, agua y algunos compuestos volátiles como hidrocarburos halogenados y siloxanos, entre otros.

"En cuanto a los gases considerados impuros, es importante señalar al Ácido Sulfhídrico H_2S 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 inalados".

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 Biodigestion, 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 THR, 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+Suero, etc.) y obtener el Volumen para el Biodigestor.

Ejemplo 1: Si se generan $2m^3$/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.

Volumen de Biodigestor = (Volumen Purines al día) x (cantidad de días de TRH)

200 m^3 = 2m^3 x 100 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 2m^3/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:

Volumen de Acopio = (Volumen Purines diarios) x (cantidad de días de almacenamiento)

180 m^3 = 2 m^3 x 90 días

Ejemplo de Tiempo de Retencion Hidrúlica (TRH)

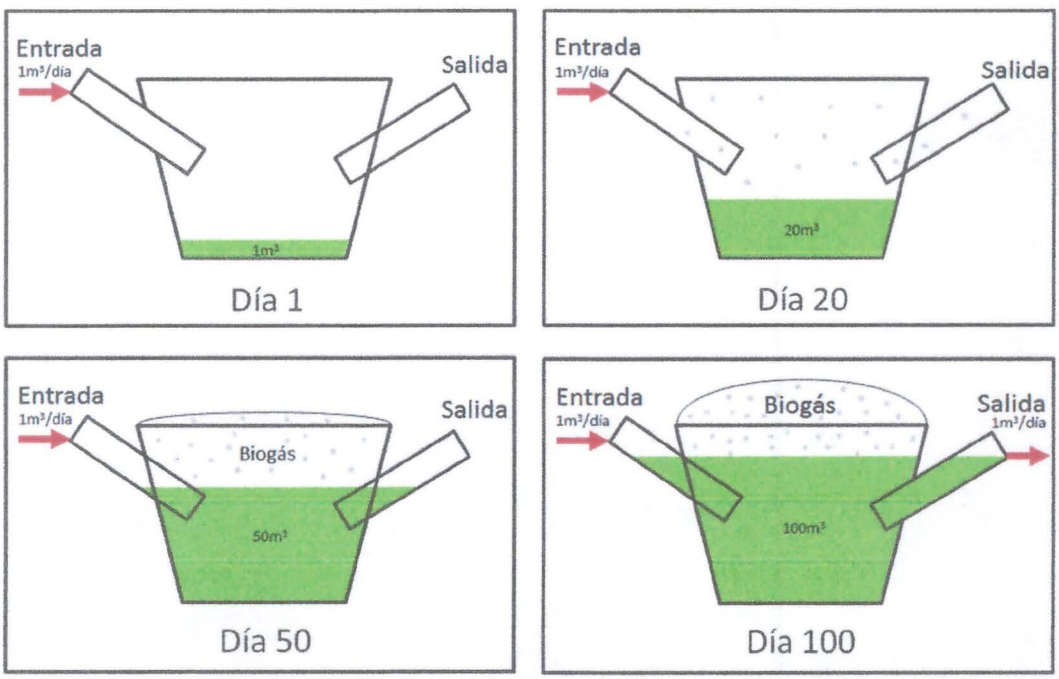


Figura 8: Esquema de un Biodigestor con TRH 100 días, en que se muestran diferentes etapas de llenado. Fuente: Biotecsur

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 m2 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 excreta s 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. [1]
5. La equivalencia de $1m^3$ 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	m3/día	m3/Día	m3/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^3 de purín día (fecas, orina y agua de lavado)
- Tiempo de retención hidráulica (TRH), (según criterio de diseño).

[1] *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.*

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

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^3.
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:

- 1m3 de Sustrato Fase Liquida[2] = 6,5m3 de biogás[3]

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^3/día	m^3/día	kW/día
1000	25	253	455

Biogás Según RETScreen Canadá, Factor producción electricidad 1,8 kW/m3 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^3/día	m^3/día	kW/día
1000	50	506	910

Biogás Según RETScreen Canadá, Factor producción electricidad 1,8 kW/m3 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^3/día	m^3/día	kW/día
1000	100	1012	1821

[2] *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.*

[3] *Producción de Biogás en Biodigestores a temperatura ambiente Región de los Ríos y los Lagos 15°C Temperatura promedio dentro del Biodigestor.*

Biogás Según RET Screen Canadá, Factor producción electricidad 1,8 kW/m3 de Biogás.

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.

- 1m3 de biogás = 5.400 Kcal

Cuadro de Equivalencias

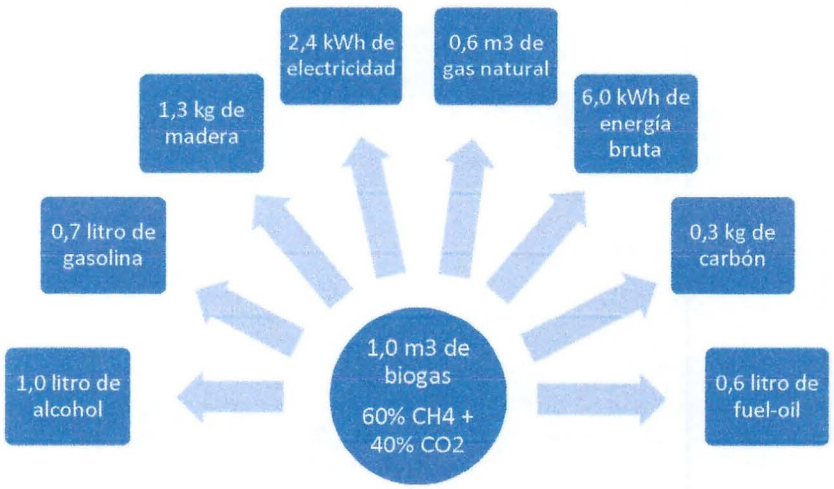


Figura 10: Equivalencias de biogás con otras fuentes de energía - Fuente: Guía de planificación para proyectos de biogás en Chile, Junio de 2012.

7. Habilitación de un SPB

Los materiales y la construcción dependen y varían según el tamaño de la planta de SPB, pero a groso 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 se 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.

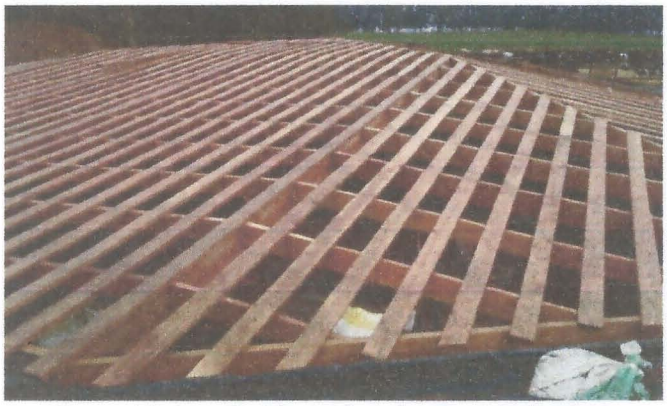


Figura 16: Instalación techumbre en Biodigestor

7.9 **Geomembrana superior:** La geomembrana utilizada para biodigestores s es del tipo EPDM (Etileno Propileno Dieno tipo M) que fábrica 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 Electrógeno 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 Electrógenos 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 electrógenos 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 Electrógeno 10KW/12,5kVA 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 mantenciones 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 Electrógeno, 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 Electrógeno Biogás

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

El Grupo Electrógeno cuenta con un Módulo de Control marca Deep Sea Modelo 7310 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.

MAXIMUM OPERATING CURRENT
340 mA at 12 V, 160 mA at 24 V

MAXIMUM STANDBY CURRENT
160 mA at 12 V, 80 mA at 24 V

CHARGE FAIL/EXCITATION RANGE
0 V to 35 V

MAINS (UTILITY) DSE7320 ONLY
VOLTAGE RANGE
15 V - 333 V AC (L-N)

FREQUENCY RANGE
3.5 Hz to 75 Hz

OUTPUTS
OUTPUT A (FUEL)
15 A DC at supply voltage

OUTPUT B (START)
15 A DC at supply voltage

OUTPUTS C & D
8 A 250 V (Volt free)

AUXILIARY OUTPUTS E,F,G,H
2 A DC at supply voltage

GENERATOR
VOLTAGE RANGE
15 V - 333 V AC (L-N)

FREQUENCY RANGE
3.5 Hz to 75 Hz

MAGNETIC PICK UP
VOLTAGE RANGE
+/- 0.5 V to 70 V

FREQUENCY RANGE
10,000 Hz (max)

DIMENSIONS
OVERALL
240 mm x 181 mm x 42 mm
9.4" x 7.1" x 1.6"

PANEL CUT-OUT
220 mm x 160 mm
8.7" x 6.3"

MAXIMUM PANEL THICKNESS
8 mm
0.3"

OPERATING TEMPERATURE RANGE
-30°C to +70°C

STORAGE TEMPERATURE RANGE
-40°C to +80°C

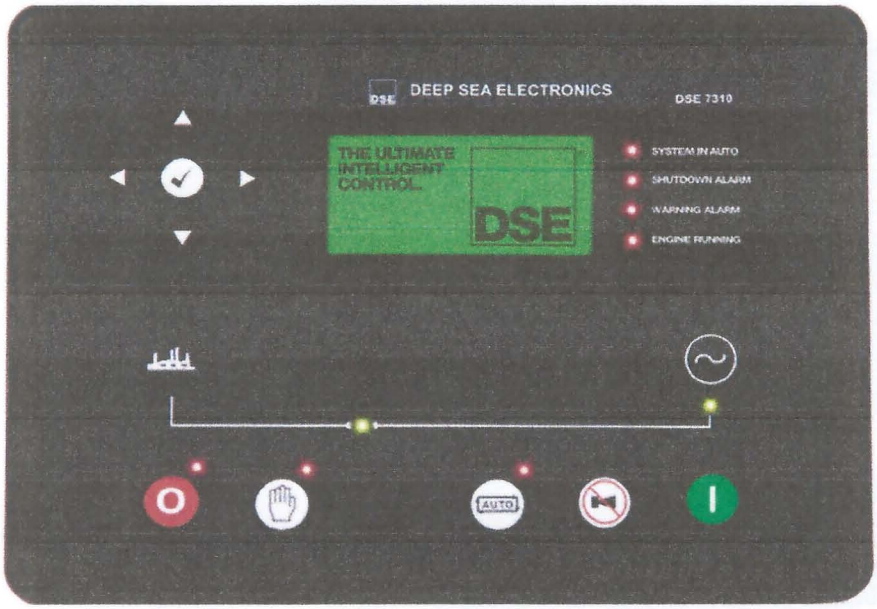


Figura 23: Módulo de control DEEP SEA 7310. Fuente: Biotecsur

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.

Figura 27: Platinas de Anclaje. Fuente: Pablo Bahamonde

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 28: 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 29: 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 son 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 32Geomembrana32s; 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 Mantención de la planta

Contenido:

Descripción del Funcionamiento

Puesta en marcha, secuencia operativa

Precauciones para el uso del Biogás

Mantención de la planta y seguridad

Medidas de Seguridad

12.1 Descripción del funcionamiento

La Planta de Tratamiento de Purines con Biodigestor consiste en:

- Dos Decantador de hormigón de 30 m^3, para la separación de sólidos y líquidos, el vaciado de este Decantador se realiza por medio de entradas y salidas por rebalse.

- Un Decantador de 30m^3 que opera como como Estanque de Bombeo, cuya impulsión se realiza mediante Bomba Incorporada hacia biodigestor

- Un Biodigestor de 1.680 m^3, para la producción de Biogás.

- Una Sala de Máquinas con que alberga un Grupo Electrógeno de 10kW 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 Electrógeno.

- Un Estanque de Acopio de 600m^3 para almacenar el digestado o efluente del Biodigestor y que resulta de una adaptación de Estanque purinero existente antes del proyecto.

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 transito de las vacas son vaciados a un Decantador de hormigón de 30 m^3 de capacidad a través de canalizaciones de hormigón.

b) Una vez en los Decantadores, la arena decanta, las fibras flota y los purines son enviados por rebalse a un Estanque de Bombeo abierto de 30 m^3 (útil), donde es bombeado e impulsado

periódicamente, para esto se programa constantemente sus tiempos de funcionamiento según la frecuencia de lavado de los patios.

c) Desde el Estanque de Bombeo los purines pasan por impulsión a través de una canalización en piping de PVC al Biodigestor a un ambiente anaeróbico (cerrado, en ausencia de aire), y a una temperatura promedio anual de 13°C, temperatura que se obtiene promediando las temperaturas durante un año de operación.

d) Desde el Biodigestor los purines se evacuan por rebalse, a través de tubería de 200mm de diámetro hacia el Estanque de Acopio abierto, dónde serán retirados posteriormente por un Pichón (Tractor con Estanque), en esta fase final los purines ya tratados se convierten en Digestato o Biofertilizante para su posterior aplicación a las praderas.

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 bombeo se realiza en 6 a 15 días tiempo necesario para que se realice el pre digestión, así mismo el bombeo hacia al Biodigestor se realiza de forma manual por medio de un botón pulsador en tablero de mando a un costado de dicho estanque.

Una vez alcanzado el nivel de salida o llenado de la 34Geomembrana (rebalse por gravedad) se debe esperar 30dias (App) para el inicio de producción de Biogás a temperatura ambiente. Este Biogás se utilizará solo para generación eléctrica de Autoconsumo.

- Una vez alcanzada la producción mínima de Biogás (112m^3/día) para encender el Grupo durante al menos 8hrs/día y que permita las mismas horas de funcionamiento del grupo electrógeno, 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 la bomba de impulsión, comandado desde la Sala de Maquina. El funcionamiento es permanente

durante las labores de lavado de patios ya que estará ingresando sustrato a los decantadores y lo mismo debiera ocurrir para el Biodigestor por medio de la bomba.

- La salida de purines por gravedad a través de una tubería de PVC de 200 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 112m^3/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 Electrógeno 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_4 (metano) y cerrar válvula una vez detectado el metano.

NOTA: Este Manual se finalizará cuando la planta esté 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 Mantención 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, Moto-reductores 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 36Geomembrana, 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 llegan 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.

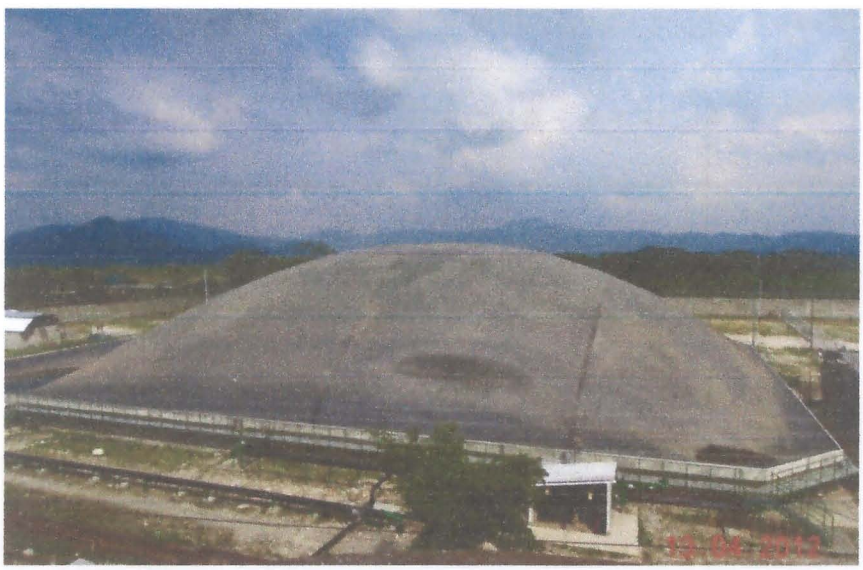


Figura 30: Biodigestor tipo Laguna, Geomembrana Caucho Superior.

Mantenimiento del grupo electrógeno.

El proveedor del Grupo Electrógeno entregará la ficha técnica, manual instalación y de mantención del equipo, la calidad y tecnología integrada marca la diferencia entre mantenciones, 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 H2S 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 31: Grupo Electrógeno 10kW.

El sistema de control del Grupo electrógeno 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 Electrógeno	Anual
11	Mantención de Tableros	Semestral
12	Revisión de cámaras drenajes	Semanal
13	Registro de m3 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 aledaña y de acceso limitado.

Figuras 32 y 33: 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 34: Ejemplos mantenciones y señales.

-Regular y mantener medición del Biogás
Mantener lectura de presión en línea de Biogás
Mantener lectura de producción y consumo de Biogás

Figuras 35: Ejemplos RED Biogas.

-Arrestador de llama o corta llama

Equipo que va en las líneas de Biogás, en las salidas de la línea de Biogás del Biodigestor, 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 36: 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 37: 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.

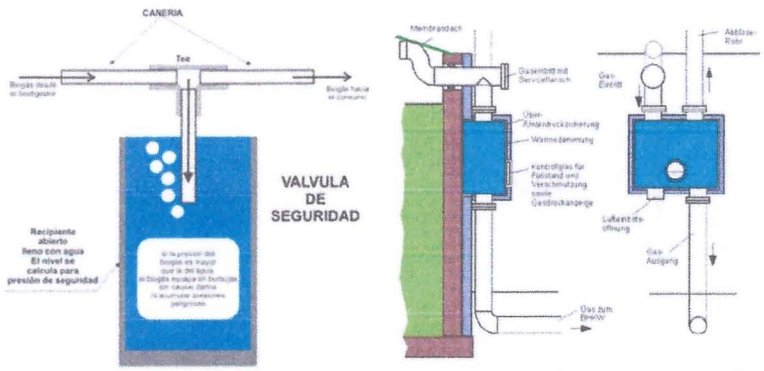


Figura 38: Ejemplo de trampa de agua y válvula de seguridad.

- 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 Amenara		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	PREVENCION 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 m3 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 m3 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 CH4 y determinar caudal de fuga).

Figura 39: 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

Biotecsur
Energía limpia y renovable

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:_____

16. Glosario

BIOL	Fase líquida del digestado
Biometanización	Generación de metano a través de fermentación anaeróbica
BIOSOL	Fase sólida del digestado
DBO_5	Demanda biológica de oxígeno
Digestado	Residuo estabilizado de la digestión anaeróbica
ERNC	Energía Renovable No Convencional
Estiércol	Deyecciones (fecas) animales
Gasómetro	Contenedor rígido o flexible para el almacenamiento de gas
GLP	Gas Licuado de Petróleo
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
Kcal	Kilo caloría
Kwh	Kilo Watt Hora
MH	Materia Húmeda
MOH	Materia Orgánica Húmeda
MOS	Materia Orgánica Seca
MS	Materia Seca
MV	Materia Verde
MW	Mega Watt
MWe	Mega Watt eléctrico
MWh	Mega Watt hora
Purín	Estiércol y Orina diluido en aguas de lavado
RIL	Residuo Industrial Líquido
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SIC	Sistema Interconectado Central
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SPB	Sistema Predial de Biodigestión
TRH	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

Lista documentos presentación SEC

1	*Portada*	✓
2	*Documentación propietario /representante legal*	✓
3	*Documentación ingeniero declarante*	✓
4	*Descripción General*	✓
5	*Descripción en Detalle de Unidades Principales*	✓
6	*Plano As-Built.*	✓
7	*Memoria de cálculo técnica*	✓
8	*Inscripción eléctrica (TE1 y Plano eléctrico)*	
9	*Resolución de Autorización de Proyecto Especial*	✓
10	*Certificados de fabricación de productos y/o equipos*	✓
11	*Formulario de Declaración (TCB1)*	✓
12	*Anexos*	✓

Biotecsur
Energía limpia y renovable

Inscripción Proyecto

"Planta de Biogás y Generación de Energía Eléctrica para Autoconsumo"

Firma Propietario o Representante

CATIA KONRAD

Firma Ingeniero Declarante

MARIO ÁVILA G.

JULIO 2017

Biotecsur
Energía limpia y renovable

2. CEDULA DE IDENTIDAD DEL PROPIETARIO Y REPRESENTANTE LEGAL

2.1. CEDULA PROPIETARIO

2.2. CEDULA REPRESENTANTE LEGAL

Biotecsur
Energía limpia y renovable

2.- CEDULA DE IDENTIDAD REPRESENTANTE LEGAL

Biotecsur
Energía limpia y renovable

3. DOCUMENTACIÓN INGENIERO DECLARANTE

3.1. CEDULA DE IDENTIDAD

3.2. CARNET DE INSTALADOR SEC

3.3. CERTIFICADO CURSO SEC "ESPECIALISTA EN BIOGAS"

Biotecsur
Energía limpia y renovable

3.- DOCUMENTACIÓN INGENIERO DECLARANTE

3.1. CEDULA DE IDENTIDAD

Biotecsur
Energía limpia y renovable

3.3. CERTIFICADO DE CURSO SEC "ESPECIALISTA EN BIOGÁS"

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1. DOS DECANTADORES

4.2. ESTANQUE DE BOMBEO

4.3. BIODIGESTOR

4.4. SALA DE MAQUINAS

4.5. PLANTA DE DESULFURACIÓN

4.6. ESTANQUE DE ACOPIO PARA RIEGO

4.7. ESQUEMA PLANTA DE BIOGÁS

4. DESCRIPCÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de un Sistema de Tratamiento de Purines, Producción de Biogás y Generación de Energía Eléctrica. El proyecto se compone de canalización de los purines, dos Decantadores de RILES (Purines más agua), un Estanque de Bombeo, un Biodigestor Psicrofilico para producir Biogás, un Estanque de Acopio (Pozo existente) para acumular los purines (digestado) que provienen del biodigestor. El biogás producido se utilizará para la generación de energía eléctrica para el autoconsumo en los distintos procesos de la planta de biogás y sala de ordeña. Este es un sistema de tratamiento de purines de las vacas a través de un proceso de descomposición anaeróbico en un Biodigestor que produce Biogás y permite generar energía eléctrica.

El sistema está diseñado para tratar los Purines producidos por una masa de 500 vacas en sistema pastoreo, con una producción diaria de purines que va de **20 m3/día** (Por cálculo la producción de purines es de 21 m3/día, por lo que se aproxima, Ver Tabla N°1, Pag. 29 de Presentación Proyecto Especial) según horas de patio y agua de lavado, los purines son 96% agua. Y consiste en:

4.1.- **DOS DECANTADORES:** Decantador N°1 de hormigón con un volumen útil de **30m3 y** Decantador N°2 de hormigón con un volumen útil de **30m3**, que permitirán la recepción de Purines decantando Arena y elementos pesados que provengan de los patios de espera y la sala de ordeña, lo que permitirá separar los sólidos (Arena y Piedras) de los líquidos (purines) los cuales ingresaran al biodigestor.

4.2.- **ESTANQUE DE BOMBEO:** A continuación del Decantador está el Estanque de Bombeo de **30m3** de volumen útil app, que permite el bombeo hacia el Biodigestor. En este estanque se integra una Bomba para impulsar los Líquidos hacia el Biodigestor.

4.3.- **BIODIGESTOR**: Los rebalses líquidos que salen del segundo Decantador ingresan al Estanque de Bombeo desde donde son bombeados al Biodigestor. En este proyecto el Biodigestor está diseñado en altura ya que no hay pendientes que permitan instalar un sistema de drenajes por gravedad de aguas de napa. La tubería de salida de la bomba del Estanque de Bombeo ingresa directamente al **Biodigestor** de **1.680 m^3**

(volumen Sugerido) Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) 100 días, con tuberías de agitación esporádica, la temperatura de trabajo será de 15°C, el estanque será impermeabilizado completamente con Geomembrana PVC y de Caucho.

Volumen útil: **1.680 m³** (volumen útil).

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH): 80 días app.

Agitación: Por desplazamiento de masa.

Calefacción: A temperatura ambiente 15°C Promedio.

Estructura Inferior: Terreno impermeabilizado completamente con Geomembrana.

Estructura Superior: Geomembrana Flexible EPDM, 1,14mm de espesor.

4.4.- **SALA DE MAQUINAS**: La Sala de máquinas está dividida en dos partes, la más grande de 4m² albergará al Grupo electrógeno y la segunda de 2,6m² para los Tableros eléctricos. Está diseñada con sus respectivos accesos y ventilaciones superiores e Inferiores.

Superficie total: 7m².

Estructura: Fierro protegido con Anticorrosivo.

Cobertura: Planchas PV4 (verdes).

Techo: Planchas de Zinc y transparentes (alternadas).

Radier: Hormigón armado de 15cm de espesor. Tipo H-25.

Potencia Grupo Electrógeno: 10kW.

4.5.- **PLANTA DESULFURACION**: Esta planta consiste en:

- 2 Filtros de 0,1m3 cada uno para atrapar el H2S del Biogás.
- 2 Trampas de agua e impurezas, de 0,02m³ cada uno (atrapar vapor de agua).
- 1 Soplador para aumentar presión de Biogás a 20 milibares.
- 1 Contador Volumétrico (Lectura Biogás generado)

- 1 Manómetro (lectura de presión RED Biogás y Gasómetro).

- 1 Válvula de sobrepresión, presión de apertura 5 milibares (regulación en Puesta en marcha), Exceso de Biogás liberado hacia Ambiente.

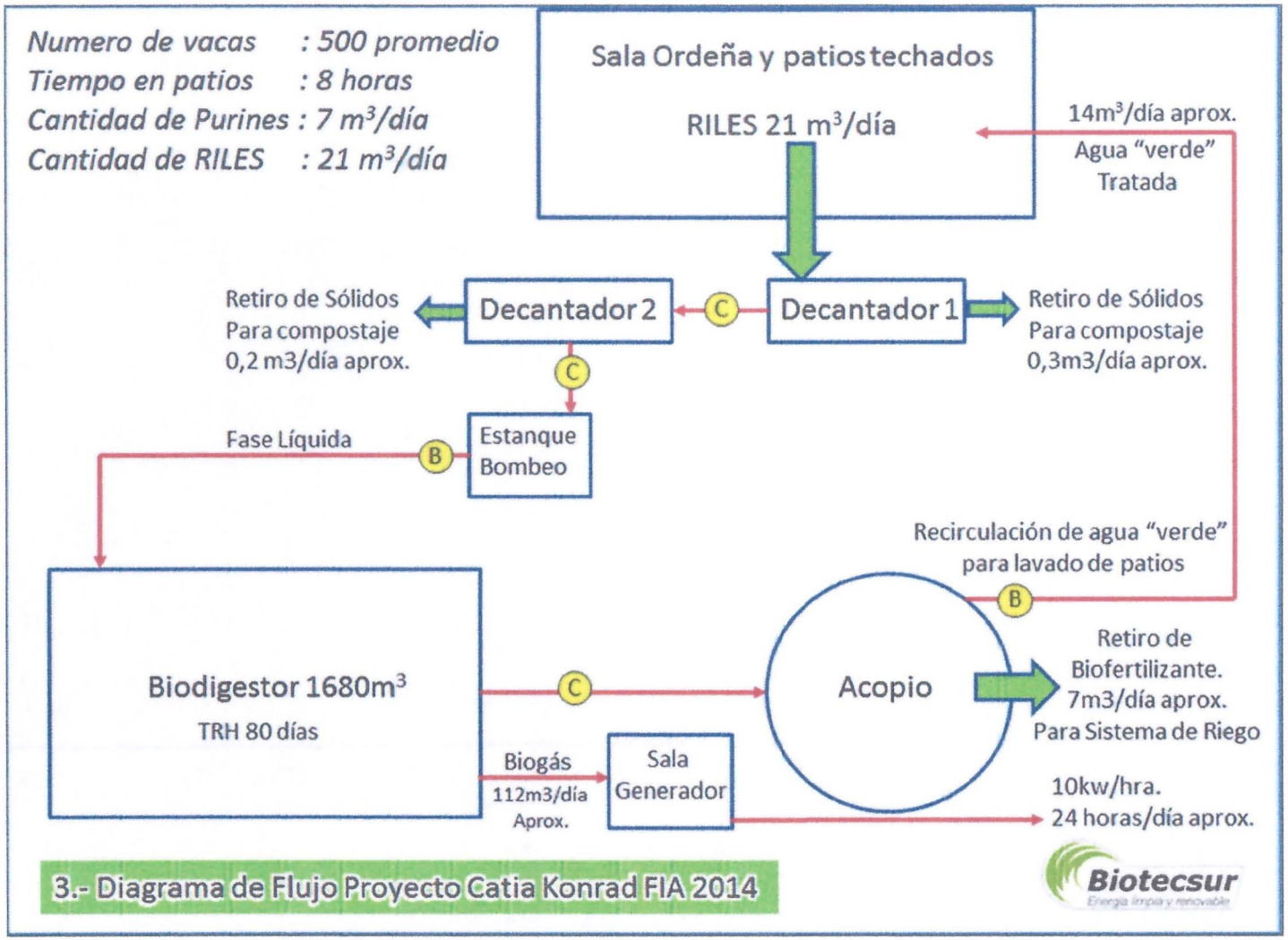
- 1 Arresta llama como prevención al inicio de la Desulfuración.

4.6.- **ESTANQUE DE ACOPIO PARA RIEGO:** Los Rebalses o Efluentes del Biodigestor ingresarán por medio de una canal abierta de hormigón armado al Estanque de Acopio de **600m3** volumen útil, consiste en un pozo purinero impermeabilizado con Geomembrana, donde se recepcionarán los purines que provengan del Biodigestor.

Los Rebalses o Efluentes del Biodigestor ingresarán por medio de una Tubería Colector de 180mm al **Estanque de Acopio** consistente en un pozo purinero revestido de Hormigón, donde se recepcionarán los purines que provengan del Biodigestor con una mínima carga de DBO, mayor disponibilidad de nutrientes y menor olor, lo que permitirá ser utilizado como Biofertilizante en las praderas logrando un mayor crecimiento de pasto para los animales.

Al utilizar los desechos de los animales (purines), se podrá producir energía limpia y renovable a través de un proceso anaeróbico en un sistema cerrado, denominado Biodigestor y que permite la producción de biogás, cumpliendo con las normas sanitarias DS 46 y DS 90.

4.7.- ESQUEMA PLANTA DE BIOGÁS[1]



3.- Diagrama de Flujo Proyecto Catia Konrad FIA 2014

[1] Planos técnicos se adjuntan en Anexos

Biotecsur
Energía limpia y renovable

5. FORMULARIO DE DECLARACIÓN – TCB1

5.1. BIODIGESTOR

5.2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS

5.3. SISTEMA DE LIMPIEZA DE BIOGÁS

5.4. SISTEMA DE GENERACIÓN

5. DESCRIPCIÓN EN DETALLE DE UNIDADES PRINCIPALES

Introducción

El presente escrito tiene por objeto describir en detalle las unidades principales de la Planta de biogás de propiedad de la Sra. Catia Konrad, planta emplazada en el Fundo Fundo Taihuen región de Los Lagos. Además se identifican y detallan los elementos y equipos que componen cada unidad a describir.

5.1. BIODIGESTOR

5.1.1. Proceso

El Biodigestor con un volumen útil equivalente a 1650m³, es la unidad destinada a digerir los residuos del plantel lechero en ausencia de aire (proceso anaeróbico), este proceso se logra mediante el cierre hermético generado entre la membrana superior e inferior por medio de una sujeción de platinas pernadas a un sistema de anclaje a muretes perimetrales de hormigón armado. Esta unidad denominada biodigestor se instala generalmente bajo el nivel del suelo luego de realizadas las excavaciones y movimiento de tierra necesarias, lo que en este caso no ocurre, ya que el proyecto contempla un Biodigestor diseñado en altura, debido a que no existen pendientes que permitan instalar un sistema de drenajes por gravedad de aguas de napa subterránea, la excavación que circunscribe un perímetro Rectangular en el terreno con profundidad de 1m bajo nivel de suelo, a su vez cuenta con un talud de 1:1 (45°) el que permite que la excavación no socave ante factores climáticos o por el tránsito de del personal en obra o maquinaria pesada, esta última encargada del movimiento de tierras que alza muros a 1,85m sobre el nivel de suelo, lo que junto a los muretes perimetrales los que se alzan 0,15m de altura nos definen una profundidad total del Biodigestor de 3m des de su punto más alto.

El proceso comienza con el ingreso del afluente al Biodigestor, con el sustrato proveniente del Bombeo del último decantador de una serie de tres decantadores, el cual cumple funciones de Estanque de Recepción. El sustrato ingresa directamente por el ducto de entrada al Biodigestor, una vez ahí queda supeditada su salida al Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) que varía de 80 a 84 días, ya que está sujeto a la variabilidad del afluente, el cual se encuentra entre un rango de 20 a 21 m³/día.

Además el afluente al interior del biodigestor alcanza temperaturas de trabajo u operación de 10 a 20°C, esto por efecto de la estación climática variable de la zona geográfica donde se emplaza el proyecto instalado en la base del Biodigestor.

Por otro lado el sustrato está sometido a agitación esporádica por medio de un Equipo externo a planta (Motobomba), en operación de trabajos de mantención, periódicas o anuales (según corresponda).

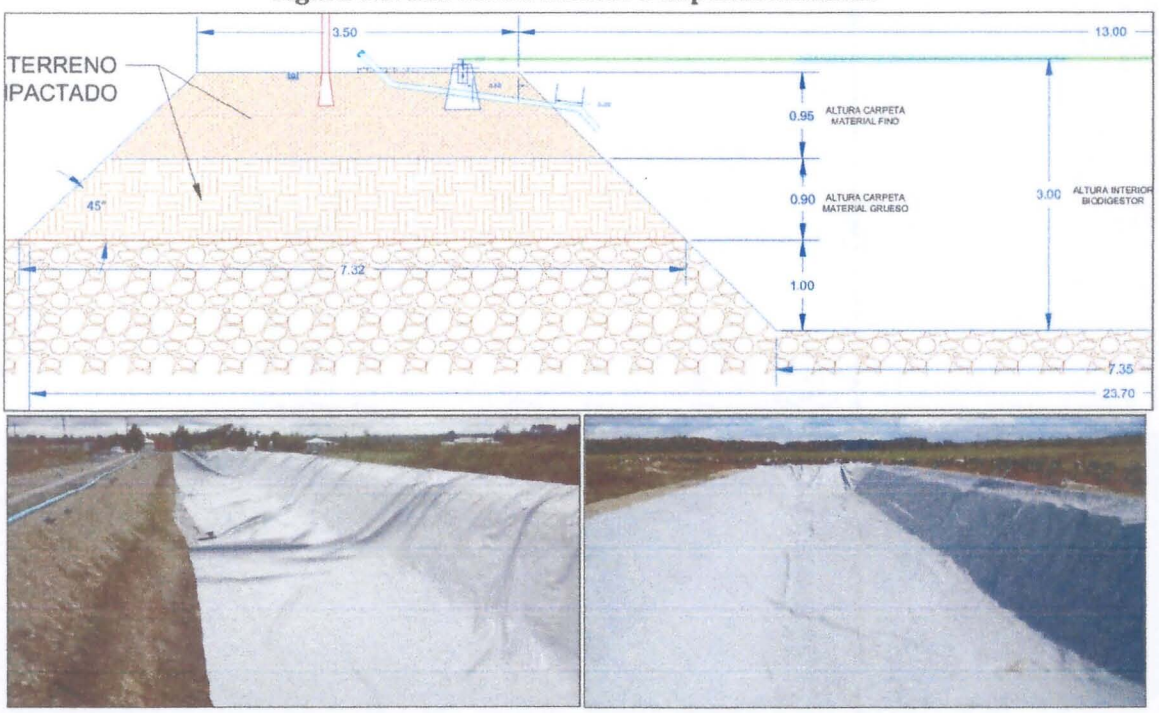
5.1.2. Identificación de Equipos y Elementos

A continuación se destacan los equipos y elementos principales de la Unidad Biodigestora:

Estructura Inferior:

Terreno impermeabilizado completamente con Geotextil y Geomembrana Lay-field compuesta de PVC y HDPE. Dimensiones de la estructura inferior se ilustra en figura 5.1. siguiente.

Figura 5.1: Estructura Inferior e Impermeabilizado



Estructura Superior:

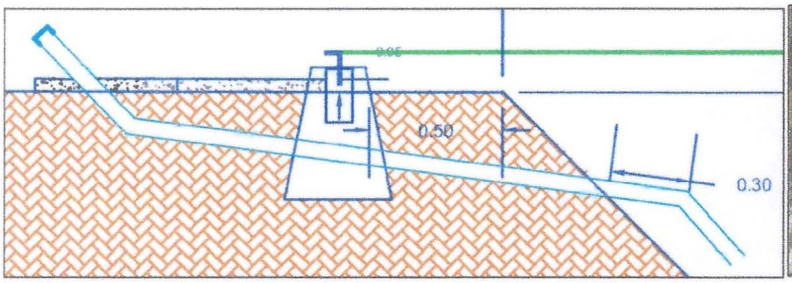
Geomembrana Flexible de EPDM, 1,14 mm de espesor. Posicionamiento de esta Membrana superior se ilustra en figura 5.2. siguiente.

Figura 5.2: Membrana Superior

Murete Perimetral:

Elemento de fijación de las membranas y facilitadora del cierre hermético del biodigestor (construcción en hormigón armado H-25)

Figura 5.3: Murete Perimetral



Sistema de Anclaje, Sujeción y Hermetizado:

Elemento estructural metálico (Fabricación en platinas y perfil estructural angular de acero carbono, espesor de 5mm con uniones pernadas en acero inoxidable 304).

Figura 5.4: Anclaje, Sujeción y Hermetizado

Sistema de ingreso y salida:

Tubería o Piping de conexionado por impulsión (tubería de PVC, con diámetro 90mm-PN10, conectado a bomba sumergida de 3kW de potencia, presente en decantador con función de estanque de recepción).

5.2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS

El único sistema que podría considerarse como de Extracción de Aguas, es el equipo de bombeo (Bomba Sumergida de 3KW) instalado en el Estanque Decantador con el propósito de Impulsar el sustrato desde el ultimo decantador de una serie de tres decantadores en línea al interior del Biodigestor y así habilitarlo para su labor de digestión anaeróbica.

5.3. SISTEMA DE LIMPIEZA DE BIOGÁS

5.3.1. Proceso

Se dispondrá de una estructura especialmente diseñada para Desulfuración del Biogás en el sistema, la que será en base a estructura metálica, y fijada a radier de hormigón mediante pernos de anclaje tipo Hilti. Esta estructura constará con un sistema de tuberías de PVC de 63 mm de diámetro (*Según Tabla de Resistencia Química Adjunta como Anexo, el PVC se comporta estable en presencia de los gases que componen el Biogás*), Válvulas de cierre de paso y Válvula de sobre presión, también un Soplador de gas, (motor 1,0kw), y dos estanques de fibra de vidrio de 0,5 m^3 cuya función será filtrar H_2S.

El proceso comienza con el ingreso del biogás al primer Estanque de Filtrado de ácido sulfhídrico (H_2S), con biogás proveniente de la unidad Biodigestora a través de una red de piping, el biogás ingresa directamente por el ducto de entrada al Estanque de Filtrado, una vez ahí queda supeditado su salida a la acción del componente de filtrado el que corresponde a Viruta de Fierro (Fe), ya que este atrae un porcentaje significativo del azufre (S) enlazado hidrógeno (H), que junto a este conforman el ya mencionado H_2S. Además está sujeto a un pequeño cambio de temperatura, lo que hace condensar el contenido de humedad presente en el flujo de biogás, formando agua (H_2O), la cual se acumula en el fondo el estanque, siendo direccionada por medio de la red de piping que desagua los condensados de los dos estanques que componen la Estación de Filtrado hacia la válvula de sobre presión.

Terminado su paso por el primer Estanque de Filtrado, el biogás ingresa al segundo Estanque de Desulfurado, una vez dentro la acción del componente de filtrado el que corresponde a Carbón Activado que atrapa otro porcentaje de azufre, disminuyendo de manera considerable el contenido de H_2S. Por último el biogás es impulsado por el soplador hacia el Cogenerador.

5.3.2. Identificación de Equipos y Elementos

A continuación se destacan los equipos y elementos principales de la Unidad de Filtrado y limpieza del Biogás:

Sistemas de Estanques de Desulfurado

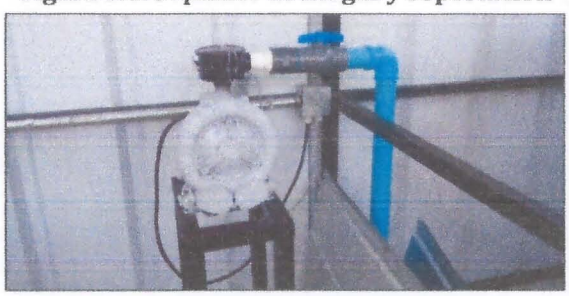
2 Equipos Estanque de Filtrado (estructura en fibra de Vidrio con capacidad de 0,5m³), opera a temperatura ambiente.

Figura 5.5: Estanques de Filtrado

Soplador de Biogás y Soportación

Equipo Soplador Biogás (estructura de Soporte metálica en acero carbono y carcasa Acero fundido, con potencia eléctrica de 0,3KW), opera a temperatura ambiente.

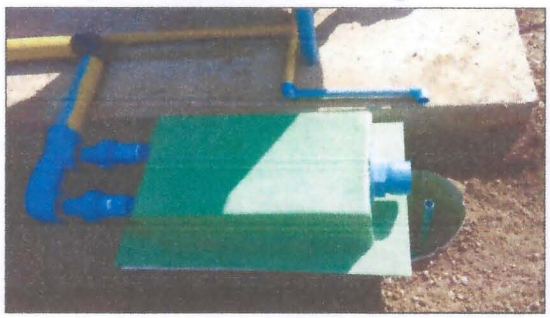
Figura 5.6: Soplador de Biogás y Soportación



Válvula de Sobrepresión

Equipo válvula de sobrepresión por sello hidráulico (estructura carcasa interna y externa en fibra de vidrio, capacidad de 150 a 200Lts. Aprox.), opera a temperatura ambiente.

Figura 5.7: Válvula de Sobrepresión



5.4. SISTEMA DE GENERACIÓN

5.4.1. Proceso

Este Sistema tiene por objetivo aprovechar la producción de biogás del Biodigestor transformándola en energía para autoconsumo del propio plantel lechero y/o por la misma planta de biogás instalada. Este sistema transforma el biogás producido por la planta de biogás en energía eléctrica (Generación), por medio de un equipo electrógeno a biogás (*Motor de Combustión Interna Diseñado para Operar con Biogás Conectado a un Generador Eléctrico Mediante un Eje*).

El proceso comienza con el ingreso del biogás entre 10 a 20 mbar al Motor de combustión interna procedente desde la estación de filtrado e impulsado por el Soplador de biogás a través de una red de piping dispuesta para ello, el biogás que ingresa directamente al motor es combustionado y sus gases son expulsados por el tubo de escape hacia el exterior al ambiente. La expansión de explosión en un proceso de combustión interna (Energía Térmica) pone en movimiento todos elementos y piezas móviles trasformado la energía térmica en (Energía Mecánica). Este movimiento o energía mecánica se transmite a través de un eje acoplado al generador eléctrico, el cual transforma la energía mecánica a energía eléctrica la que es conectada en sincronía a la del Sistema Interconectado Central dentro de la red eléctrica del plantel lechero, para que sea aprovechada como autoconsumo y así reducir costos del consumo interno del plantel.

Debido a que un motor de combustión interna es un tanto ineficiente a la hora de transformar la energía térmica generada en energía mecánica, es que este rechaza gran parte de la energía térmica por el cuerpo estructural de acero de mismo motor (entiéndase por block, culata, cárter, etc.), además de la expulsada por el tubo de escape en los gases de combustión y el calor absorbido por el agua de refrigeración

del motor y rechazado al ambiente a través del radiador, el que es parte importante en sistema de refrigeración.

5.4.2. Identificación de Equipos y Elementos

A continuación se destacan los equipos y elementos principales de la Unidad de Generación a Biogás:

Grupo Electrógeno

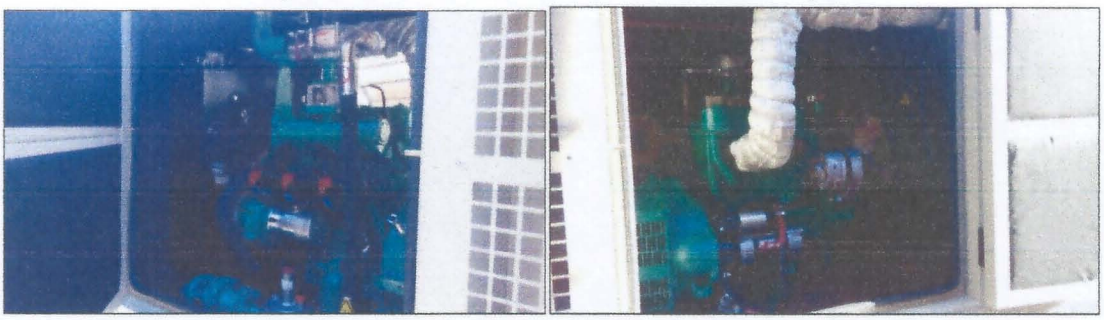
Equipo Grupo Electrógeno (estructura metálica) y su interior yacen el motor de combustión interna y el generador eléctrico, los que opera a temperatura ambiente.

Figura 5.8: Grupo Electrógeno a Biogás

Motor de Combustión Interna

Equipo Motor de Combustión Interna (motor de 6 cilindros en línea y 1500rpm, con un consumo específico de combustible de 0,35Nm^3/KWh), para mayor información se recomienda ver Ficha Técnica adjunta en Anexo A.

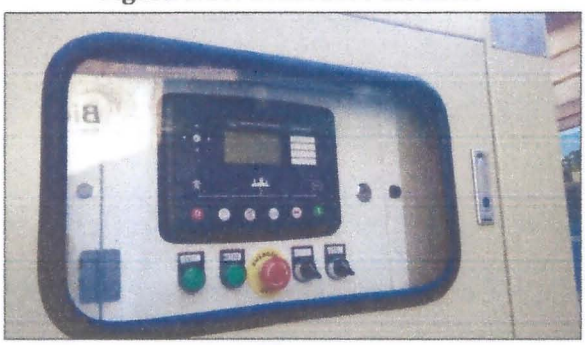
Figura 5.9: Motor de Combustión Interna a Biogás



Generador Eléctrico

Equipo Generador Eléctrico (potencia Prime de 10KW/12,5KVA, frecuencia de 50/60Hz, voltaje de 400/230Volt y Factor de potencia de 0,8 trifásico/1,0 monofásico), para mayor información se recomienda ver Ficha Técnica adjunta en Anexo A.

Figura 5.10: Generador Eléctrico



Biotecsur
Energía limpia y renovable

6. PLANO PLANTA GENERAL AS-BUILT

7. MEMORIA DE CÁLCULO TÉCNICA

7.1. DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR

7.2. CONSUMO DE LA PLANTA DE BIOGÁS

7.3. CÁLCULO ENERGÍA Y ELECCIÓN TAMAÑO GRUPO ELECTRÓGENO A BIOGÁS

7. MEMORIA DE CÁLCULO TÉCNICA

En este capítulo se expresan los cálculos y consideraciones para elegir tamaños y materiales principales para la construcción y fabricación del Biodigestor, Red Biogás y Grupo Electrógeno.

7.1.- Dimensionamiento del Biodigestor

Los cálculos para el dimensionamiento del Biodigestor están basados en la generación de estiércol de este predio las cuales son ingresadas en un sistema Excel de acuerdo a los datos recopilados por Biotecsur, resultados siguientes:

Tabla N° 7.1:

Cuadro CALCULOS BASE Produccion INVIERNO	
8	Hotras Patio
500	Vacas promedio
875	Litros Purines/hora
7000	Litros Purines/dia
21000	Litros/día RILES (purines+agua)
112	m3 de biogas/dia (Factor 16m3 por m3 de purines, sistema sin calefaccion)
190.4	kwh/día (1,7kw por m3 de Biogás 65% metano medido en planta Puyehue)
7.9	kw/hora

Para el dimensionamiento se considera una producción de 16 m^3 de Biogás por cada metro cúbico de purines (fase líquida) de acuerdo a testeos realizados en Biotecsur con anterioridad a este tipo de fase liquida de sustrato, con un volumen de producción de purines en Invierno de 20m^3/día. Además se utiliza un valor de 1,857 kWh por cada m^3 de Biogás, según tabla especificaciones técnicas del proveedor Grupo Electrógeno (ANEXO A).

Nota: Se consideran para los cálculos de producción de purines un peso promedio de las vacas de 520 kg, y el 8% de su peso como generación diaria de purines (estiércol más orina).

Según revisión del proceso de lavado y limpieza de esta lechería aproximamos la relación promedio entre el Volumen de Purines y el volumen total de RILES (Purines más agua de lavado) como sigue:

Volumen de RILES= Volumen de Purines*3

Para este caso ya que solo lavan los patios cercanos a la Sala de ordeña.

Cálculo Volumen Estanque de Acopio:

Estanque de Acopio Existente. La planta utilizará el actual pozo purinero de hormigón como Estanque de Acopio donde se acumulará el digestado.

Medidas del estanque de Acopio:

22,0 m diámetro superior. 2,0m profundidad útil.

Talud = NO presenta talud.

Volumen de un cilindro (Vc) = PI x r2 x h

Donde:

PI= 3,1416

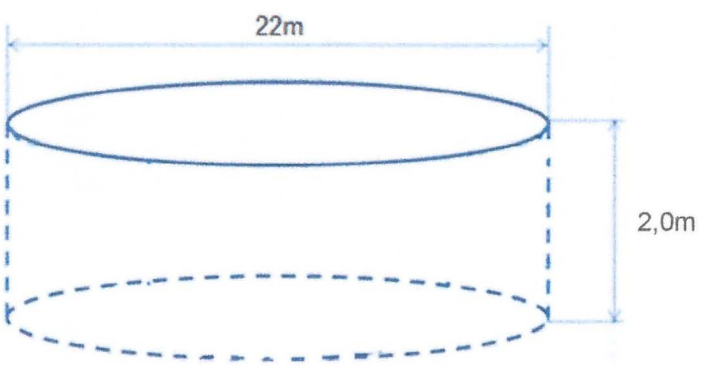
r = Radio del cilindro

h = altura del cilindro

Volumen real del estanque = Vc

Donde:

Vc=Volumen del estanque considerando que es un cilindro sin Talud



Volumen Real del Estanque de Recepción =

$= (3{,}1416 \times 11{,}0^2 \times 2{,}0) = 760$

Volumen Real del Estanque de Recepción = **760 m3**

Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulica

TRH= Ve/Vp

Donde:

TRH es el tiempo de retención Hidraulica

Ve es el Volumen neto del estanque o reactor

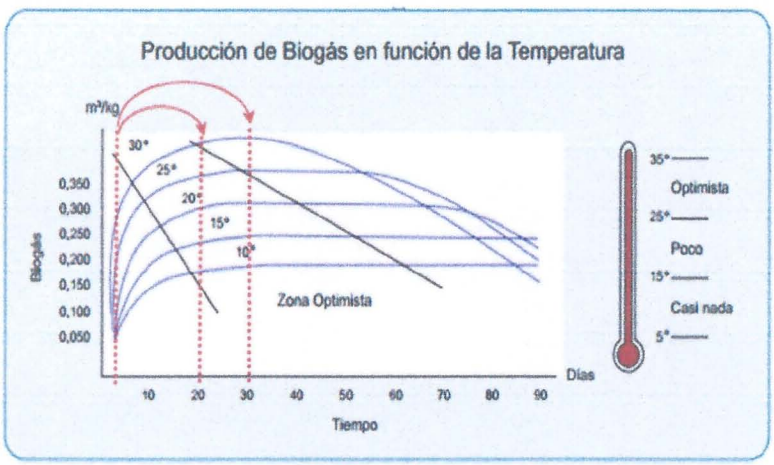
Vp es el Volumen de sustrato alimentado por día.

TRH invierno Estanque de Acopio: 760/20= 38 días

Con esto se persigue almacenar la fases liquida del proceso anaeróbico en un mismo estanque optimizando el Volumen del Biodigestor.

Cálculo Volumen Biodigestor

El Biodigestor será a temperatura ambiente, por la excesiva cantidad de agua presente en la mezcla**.** Por tanto según fuente:



Fuente: Varnero, 1991

Rango elegido 10 a 20°C.

TRH promedio= 80. Por experiencia TRH mayores mejoran el proceso.

Volumen de Sustrato máximo promedio según Tabla 1 = 21m3/día

Volumen Biodigestor: 21x80=1680m3 (Sugerido)

Es importante destacar la presencia de agua de napa, que nos obliga a construir con terraplén sobre el suelo, enterrándonos máximo 1m de profundidad bajo el nivel del suelo, y considerando un Talud para este caso de 1:1, ya que se debe rellenar para formar la contención.

V=(Ancho –Alto) x (Largo-alto) x Alto (Para Talud 45° ó 1:1)

V= (13 – 3) x (58 – 3) x 3 = 1650

Nota: La Geomembrana Superior empleada tiene 15,2 x 60 metros, por lo que dimensionamos según paño de Geomembrana disponible.

Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulica

TRH= Ve/Vp

Donde:

TRH es el tiempo de retención Hidráulica

V_e es el Volumen neto del estanque o reactor

Vp es el Volumen de sustrato alimentado por día.

TRH invierno del Biodigestor: 1650/20= 82,5 días

7.2.- Consumos de la Planta:

1.- Bomba Estanque de Bombeo (3,0 kWh - Funcionamiento 120minutos por día)

60/120=0,5

2/1=2,0

3,0x2,0=6,0 kwh/día

2.- Soplador Biogás (0,5 kWh – Funcionamiento de16 horas al día)

0,5x16= 8 kWh/día

Nota: Agitación externa con motobomba a modo de servicio externo o mantención.

7.3.- Cálculo energía y Elección Tamaño Grupo Electrógeno a Biogás:

Cuadro CALCULOS BASE Producción INVIERNO	
8	Horas Patio
500	Vacas promedio
875	Litros Purines/hora
7000	Litros Purines/día
21000	Litros/día RILES (purines + agua)
112	m3 de biogás/día (Factor 16m3 por m3 de purines, sistema sin calefacción)
190.4	kWh/día (1,7kw por m3 de Biogás 65% metano medido en planta Puyehue)
7.9	kW/hora (24 hrs.)

Según Guia de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile:

Cálculo de Energía disponible por día

$$E_{total}\ (kWh) = Q_{biogas} * m * 9{,}96$$

$$P_{nom}(kW) = E_{total} / 24$$

Donde:

E_{total}=Energía Disponible por día

Q_{biogas}=Cantidad diría de biogás en m^3 = 112

m = Fracción de metano en el biogás en % = 65

P_{nom} = Potencia nominal disponible asumiendo generación constante de energía

$$E_{total}\ (kwh) = 112 * 0{,}65 * 9{,}96 = 725{,}088$$

$$P_{nom}\ (kw) = 725.088 / 24 = 30$$

Potencia eléctrica:

$$P_e\,(kw) = P_{nom} * N_e$$

Donde:

P_e=potencia eléctrica

P_{nom}=potencia nominal disponible asumiendo generación constante de energía

N_e=eficiencia eléctrica (en %)

$$P_e\,(kW) = 30 * 40\% = 12$$

Potencia térmica:

$$P_t\,(kW) = P_{nom}\ x\ N_t$$

Donde:

P_t = potencia térmica

P_{nom} = potencia nominal disponible asumiendo generación constante de energía

N_t = eficiencia térmica (en %)

$$P_t.(kW) = 30\ x\ 40\% = 12$$

Energía eléctrica anual generada:

$$E_e\,(kWh) = P_e * 0{,}9 * 8.760$$

Donde:

E_e= Energía eléctrica anual generada

$$E_e\,(kwh) = 12 * 0{,}9 * 8.760 = 94.608$$

Según catálogo del proveedor del grupo, el máximo consumo del motor-generador es de 3,5 m^3/hr, lo que significa lo siguiente:

Biotecsur
Energía limpia y renovable

Donde:

Potencia Eléctrica Grupo Electrógeno = (10kW) ó $\left(\frac{10kwh}{1hra.}\right)$

$$\textbf{Rendimiento Máx. Grupo Electrógeno} = \frac{\left(\frac{10kwh}{1hra.}\right)}{\left(\frac{3{,}5m^3}{1hra.}\right)} = 2{,}857\left(\frac{kwh}{m^3}\right)$$

$$\textbf{Rendim. Mín. G. Electrógeno} = \frac{\left(2{,}857\frac{kwh}{m^3}\right) * 65}{100} = 1{,}857\left(\frac{kwh}{m^3}\right)$$

Según Tabla N°1 se tiene:

Producción de Biogás **promedio** de **112 m³/día**

Considerando rendimiento de 1,857 y 2,857 kWh por m³ de Biogas mediante cálculo según dato extraido (3,5 m³/hr) de Ficha Técnica proveedor WEIFANG (ANEXO A).

Según Ficha Técnica (proveedor) se tiene:

Rendimiento del Grupo Electrógeno considerado de **1,857 kWh/m³ de biogás**

Tenemos:

$$\mathbf{E_e(kWh) = (112 / 24) * 1{,}857 = 8{,}66}$$

Potencia **promedio** en KW, de **8,7 kW**

Energía **promedio** en KWh, de **8,7 kWh**

Producción **promedio** de KWh/día en (24hrs), de **208,8 kWh/dia**

Se elige grupo capaz de entregar 10 kWh, MODELO 10GFT. Este equipo cumple con normas vigentes de la Unión Europea.

$$\mathbf{E_e(kWh) = 10 * 0{,}9 * 8760 = 78.840}$$

Producción **promedio** de KWh/año, de **78.840 kWh/año**

Según Ficha Técnica (proveedor) se tiene:

Biotecsur
Energía limpia y renovable

Según catálogo del proveedor del grupo, el máximo consumo del motor-generador es de 3,5 m^3/hr, y 10KW de potencia, con lo que se obtiene:

Consumo Específico= 3,5 (m3/hr) / 10 (kW)= 0,35m^3/kWh

Según catálogo del proveedor del grupo, Su Consumo maximo Especifico es de 0,35m^3 de Biogás por cada 1kWh Generado. Esto para un 100%CH_4 en el biogás, lo que no es el caso, si no que mas bien un 65%, con lo que se tiene una menor energía eléctrica a generar en comparación a las formulas obtenidas de la Guia de Planificción de Proyectos de Biogas del Ministerio de Energía de Chile. Ver Catalogo ANEXO A.

Biotecsur
Energía limpia y renovable

8. DOCUMENTACIÓN INSCRIPCIÓN ELÉCTRICA

Biotecsur
Energía limpia y renovable

9. RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN PROYECTO ESPECIAL

Biotecsur
Energía limpia y renovable

9. RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN DE PROYECTO ESPECIAL

Gobierno de Chile

SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE COMBUSTIBLES

ACC: 1331838/ DOC: 1129789

RESUELVE PRESENTACIÓN DE PROYECTO ESPECIAL "PLANTA DE BIOGÁS Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA AUTOCONSUMO", SEGÚN SE INDICA. /

RESOLUCIÓN EXENTA N° 14036 /

SANTIAGO, 23 JUN 2016

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N° 18.410, de 1985; el DFL N° 1, de 1978; y la Resolución N° 1600, de 2008, de la Contraloría General de la República, y

CONSIDERANDO:

1° Que con fecha 07.05.2015, la empresa BiotecsurLtda., representada por el instalador de gas, Sr. Mario Ávila Grothusen, a nombre de la empresa Siete Inversiones Ltda., , cuya representante legal es Sra. Catia Konrad Gebauer de ambos domiciliados en comuna de Puerto Octay,presentó una solicitud de autorización de proyecto especial denominado "Planta de Biogás y Generación de Energía Eléctrica para Autoconsumo", a desarrollarse en el Fundo Taihuen, Región de Los Lagos.

2° Quede acuerdo al artículo 2° del DFL N° 1 del Ministerio de Minería, de 1979, modificado por la Ley 20.339, todas las personas que produzcan, importen, refinen, distribuyan, transporten, almacenen, abastezcan o comercialicen biogás, deberán registrarse ante esta Superintendencia. En este caso en la planta que solicita autorización como proyecto especial, se realizan actividades de producción, almacenamiento y consumo de biogás en un generador.

10. CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS Y EQUIPOS

10.1. CERTIFICADO GRUPO ELECTRÓGENO

10. CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS Y EQUIPOS

10.1. CERTIFICADO GRUPO ELECTROGENO

11. FORMULARIO DE DECLARACIÓN – TCB1

11.1. PRIMERA COPIA FORMULARIO – TCB1

11.2. SEGUNDA COPIA FORMULARIO – TCB1

11.3. TERCERA COPIA FORMULARIO – TCB1

Biotecsur
Energía limpia y renovable

12. ANEXOS

12.1. ANEXO A. FICHA TÉCNICA GRUPO ELECTRÓGENO

Biotecsur
Energía limpia y renovable

12. ANEXOS

ANEXO A. FICHA TÉCNICA GRUPO ELECTRÓGENO

WEIFANG NAIPUTE GAS GENSET CO.,LTD.
www.wfnpt.com.cn/www.wfnpt.com

10kW Biogas Generator Quotation

To:	From:Helen Wang	Quote date:17/10/2016	Valid period: 30 days	Trade terms:FOB
Product Description	**Model**	**Quantity**	**FOB QINGDAO(USD)**	**Total Amount**
10KW Biogas genset	10GFT	1 unit		
Optional Device	ATS	1 unit		
	Connection Device	1 unit		
	Soundproof	1 unit		
	Waste heat recovery（CHP）	1 unit		
	Biogas processing	1 unit		

SPECIFICATION:

1.Generator set parameter

Model	10GFT
Rated power	10kW/12.5kVA
Basics electric parameter	50/60Hz,3 p 4 w,400V/230V
Rated speed	1500/1800rpm
Power factor	Lag0.8
Insulation Class	H
Protection Class	IP23
Gross Weight	500kg
*Dimension(L*W*H)*	1320*600*900mm

2.Engine parameter

Engine Model	NQ14D1.3	*Cylinder Qty*	L3
Engine Type	Four-stroke,Water cooling,electronic ignition(ECU	*Bore*Stroke*	80*90mm
Rated power	15kW	*Displacement*	1.4L
Rated Speed	1500/1800rpm	*Fuel gas type*	biogas
Speed regulation	Electronic governor	*Fuel gas intake pressure*	2kPa--50kPa

3.Alternator parameter

Brand	MBH(Germany)	*Rated Frequency*	50Hz
Model	XN164C	*Rated output*	400V/230V
Rated Power	10.8kW/13.5kVA	*Exciting Mode*	Self-Excited,Brushless
Rated current	18A	*Voltage Regulation*	AVR

4.Genset Controller introduction

Main Protection Function		*Main Displayed Parameter*	
Fail to start	Over speed	L-L&L-N voltage	Speed and running hours
Low engine oil pressure	High engine temperature	load current	Engine oil temperature
Generator low frequency	Generator high frequency	Frequency	Engine oil pressure
Generator low voltage	Generator high voltage	Load power	Coolant temperature

Shandong province ,China

Biotecsur
Energía limpia y renovable

Description

NPT brand 10kW Gas Generator Set

Generating set general Model		10GFT
Structure		integral
Exciting method		AVR Brushless
Rated Power (kVA/kW)		12.5/10
Rated Current (A)		18
Rated Voltage (V)		400/230
Rated Frequency (Hz)		50
Rated Power Factor		0.8 LAG
No load voltage setting range		95%-105%
Steady state voltage regulation rate		≤±1%
Transient state voltage regulation rate		≤-15%~+20%
Voltage fluctuation rate		≤3s
Steady state frequency regulation rate		≤±0.5%
Transient state frequency regulation rate		≤±10%
Frequency stabilization time		≤5s
Line-voltage waveform sinusoidal distortion rate		≤2.5%
Gas Engine	Model	NQ15D1.5
	Type	In-line 4stroke, electric control ignition, pre-mixed stoichiometry-burn
	Cylinder number	3
	Bore x Stroke (mm)	80×90
	Total displacement (L)	1.5
	Rated Power (kW)	13
	Rated Speed (r/min)	1500/1800
	Speed Regulation Mode	Electrical
	Starting Mode	Electrical
	Fuel type	Gas
	MAX gas Consumption (m3/h)	3.5
Overall dimension (L x W x H)(mm)		1360×600×1000
Net weight (kg)		500

NPT 耐普特 ®

Biotecsur
Energía limpia y renovable

DSEGenset

DSE

DSE7310/20

AUTO START & AUTO MAINS FAILURE CONTROL MODULES

FEATURES

The DSE7310 is an Auto Start Control Module and the DSE7320 is an Auto Mains (Utility) Failure Control Module suitable for a wide variety of single, diesel or gas, gen-set applications.

Monitoring an extensive number of engine parameters, the modules will display warnings, shutdown and engine status information on the back-lit LCD screen, illuminated LEDs, remote PC and via SMS text alerts (with external modem).

The DSE7320 will also monitor the mains (utility) supply. The modules include USB, RS232 and RS485 ports as well as dedicated DSENet® terminals for system expansion.

Both modules are compatible with electronic (CAN) and non-electronic (magnetic pick-up/alternator sensing) engines and offer an extensive number of flexible inputs, outputs and extensive engine protections so the system can be easily adapted to meet the most demanding industry requirements.

The extensive list of features includes enhanced event and performance monitoring, remote communications and dual mutual standby (DSE7310 only) to reduce engine wear.

The modules can be easily configured using the DSE Configuration Suite PC software. Selected front panel editing is also available.

ENVIRONMENTAL TESTING STANDARDS

ELECTRO-MAGNETIC COMPATIBILITY
BS EN 61000-6-2
EMC Generic Immunity Standard for the Industrial Environment
BS EN 61000-6-4
EMC Generic Emission Standard for the Industrial Environment

ELECTRICAL SAFETY
BS EN 60950
Safety of Information Technology Equipment, including Electrical Business Equipment

TEMPERATURE
BS EN 60068-2-1
Ab/Ae Cold Test -30 °C
BS EN 60068-2-2
Bb/Be Dry Heat +70 °C

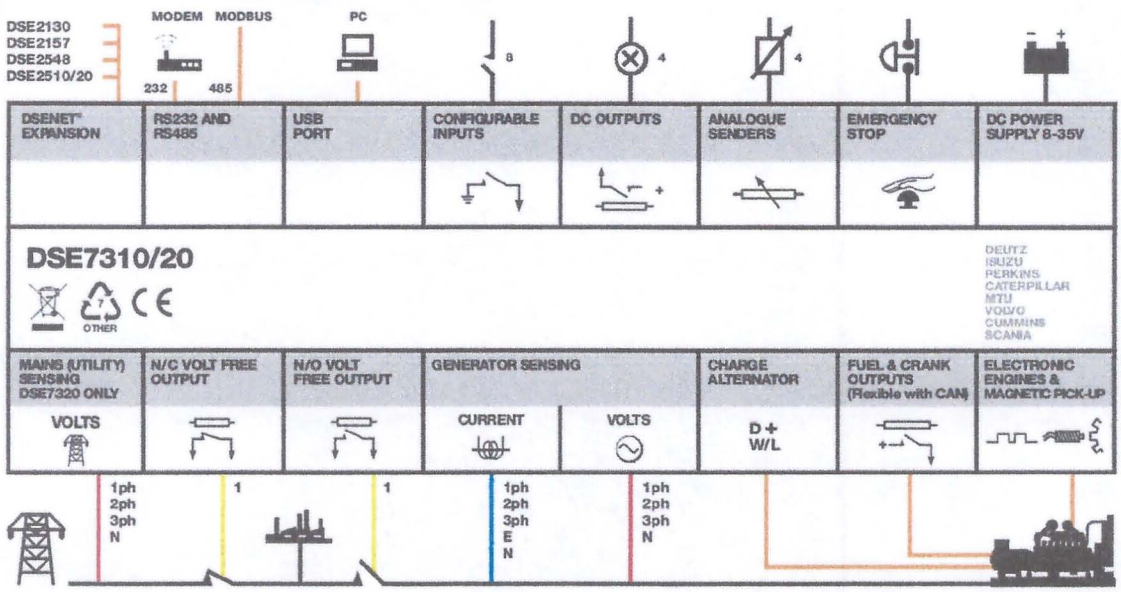
VIBRATION
BS EN 60068-2-6
Ten sweeps in each of three major axes
5 Hz to 8 Hz @ +/-7.5 mm,
8 Hz to 500 Hz @ 2 gn

HUMIDITY
BS EN 60068-2-30
Db Damp Heat Cyclic 20/55 °C
@ 95% RH 48 Hours
BS EN 60068-2-78
Cab Damp Heat Static 40 °C
@ 93% RH 48 Hours

SHOCK
BS EN 60068-2-27
Three shocks in each of three major axes
15 gn in 11 mS

DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES
BS EN 60529
IP65 - Front of module when installed into the control panel with the supplied sealing gasket.

COMPREHENSIVE FEATURE LIST TO SUIT A WIDE VARIETY OF GEN-SET APPLICATIONS



ISSUE 6

Biotecsur
Energía limpia y renovable

DSEGenset

DSE

DSE7310/20

AUTO START & AUTO MAINS FAILURE CONTROL MODULES

FEATURES

DSE7310

DSE7320

KEY FEATURES

- Reactive power protection
- 4-Line back-lit LCD text display
- Five key menu navigation
- Front panel editing with PIN protection
- Customisable status screens
- Power save mode
- Support for up to three remote display units
- 9 configurable inputs
- 8 configurable outputs
- Flexible sender inputs
- Configurable timers and alarms
- 3 configurable maintenance alarms
- Multiple date and time scheduler
- Configurable event log (250)
- Tier 4 CAN engine support
- Integral PLC editor
- Easy access diagnostic page
- CAN and Magnetic Pick-up/Alt. sensing
- Fuel usage monitor and low fuel alarms
- Charge alternator failure alarm
- Manual speed control (on compatible CAN engines)
- Manual fuel pump control
- Engine exerciser
- "Protections disabled" feature
- kW & kV Ar overload protection
- Reverse power (kW & kV Ar) protection
- LED and LCD alarm indication
- Power monitoring (kW h, kV Ar, kV A h, kV Ar h)
- Load switching (load shedding and dummy load outputs)
- Automatic load transfer (DSE7320)
- Unbalanced load protection
- Independent Earth Fault trip
- True dual mutual standby with load balancing timer (DSE7310 only)
- USB connectivity
- Backed up real time clock
- Fully configurable via DSE Configuration Suite PC software
- Configurable display languages
- Remote SCADA monitoring via DSE Configuration Suite PC software
- User selectable RS232 and RS485 communications
- Configurable Gencomm pages
- Advanced SMS messaging (additional external modem required)
- Start & stop capability via SMS messaging
- Additional display screens to help with modem diagnostics
- DSENet® expansion compatible

KEY BENEFITS

- 132 x 64 pixel ratio display for clarity
- Real-time clock provides accurate event logging
- Multiple date and time scheduler
- Set maintenance periods can be configured to maintain optimum engine performance
- Ethernet communications (via DSE860/865 modules), provides advanced remote monitoring at low cost
- Modules can be integrated into building management systems (BMS)
- Increased input and output expansion capability via DSENet®
- Licence-free PC software
- IP65 rating (with supplied gasket) offers increased resistance to water ingress
- PLC editor allows user configurable functions to meet specific application requirements

SPECIFICATION

DC SUPPLY
CONTINUOUS VOLTAGE RATING
8 V to 35 V Continuous

CRANKING DROPOUTS
Able to survive 0 V for 50 mS, providing supply was at least 10 V before dropout and supply recovers to 5 V. This is achieved without the need for internal batteries. LEDs and backlight will not be maintained during cranking.

MAXIMUM OPERATING CURRENT
340 mA at 12 V, 160 mA at 24 V

MAXIMUM STANDBY CURRENT
160 mA at 12 V, 80 mA at 24 V

CHARGE FAIL/EXCITATION RANGE
0 V to 35 V

MAINS (UTILITY) DSE7320 ONLY
VOLTAGE RANGE
15 V - 333 V AC (L-N)

FREQUENCY RANGE
3.5 Hz to 75 Hz

OUTPUTS
OUTPUT A (FUEL)
15 A DC at supply voltage

OUTPUT B (START)
15 A DC at supply voltage

OUTPUTS C & D
8 A 250 V (Volt free)

AUXILIARY OUTPUTS E,F,G,H
2 A DC at supply voltage

GENERATOR
VOLTAGE RANGE
15 V - 333 V AC (L-N)

FREQUENCY RANGE
3.5 Hz to 75 Hz

MAGNETIC PICK UP
VOLTAGE RANGE
+/- 0.5 V to 70 V

FREQUENCY RANGE
10,000 Hz (max)

DIMENSIONS
OVERALL
240 mm x 181 mm x 42 mm
9.4" x 7.1" x 1.6"

PANEL CUT-OUT
220 mm x 160 mm
8.7" x 6.3"

MAXIMUM PANEL THICKNESS
8 mm
0.3"

OPERATING TEMPERATURE RANGE
-30°C to +70°C

STORAGE TEMPERATURE RANGE
-40°C to +80°C

RELATED MATERIALS

TITLE	PART NO'S
DSE7310 Installation Instructions	053-028
DSE7320 Installation Instructions	053-029
DSE7200/7300 Quick Start Guide	057-101
DSE7200/7300 Operator Manual	057-074
DSE7200/7300 Configuration Suite PC Manual	057-077

DEEP SEA ELECTRONICS PLC UK
Highfield House, Hunmanby Industrial Estate, Hunmanby YO14 0PH

WEBSITE www.deepseaplc.com

DEEP SEA ELECTRONICS INC USA

WEBSITE www.deepseausa.com

Deep Sea Electronics Plc maintains a policy of continuous development and reserves the right to change the details shown on this data sheet without prior notice. The contents are intended for guidance only.

Registered in England & Wales No.01319649
VAT No.316923457

055-051/10/11 (10)