



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA MECANICA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO**

TITULO

**Diseño, montaje y puesta en marcha del Laboratorio de
Biomasa de la FTI.**

AUTOR:

**Padilla Dávila, Jean Paul
Morales Valdez, Jorge Ronaldo**

TUTOR

Castillo Rayo, María Teresa

Managua, 2012

Agradecimientos

La culminación de los estudios universitarios es el logro más grande hasta hoy realizado, esto ha representado grandes retos que hemos tenido que superar para poder alcanzar una meta, sin embargo esto no sería posible sin la ayuda, mano amiga y el apoyo de muchas personas.

Antes que nada, queremos dar gracias a nuestro DIOS, ya que sin él nada es posible.

Agradecemos el apoyo y todo el esfuerzo que realizaron nuestros padres, que siempre están para darnos lo imposible. A ellos se les dedica este trabajo y este título.

A los Profesores, Ing. María Teresa Castillo Rayo (tutora) y al Ing. Edgard Somarriba (asesor) que siempre nos motivaron y dieron palabras de aliento para nunca abandonar nuestra meta, en ellos encontramos verdaderos amigos y personas a las cuales recordaremos por sus consejos.

A todos nuestros amigos que nos brindaron apoyo y compañerismo: Darwin Obregón, Virgilio Moreno, Carlos Obando y al resto del grupo de amigos.

A los profesores de nuestra Facultad, todos ellos muchas gracias por educarnos.

A la familia que nos abriga con su amor. A todos ellos muchas gracias

Resumen

Este proyecto inicia con la ideas de los Prof. María Teresa Castillo Rayo y Edgard Somarriba Lezama que junto a la Universidad Carlos III de Madrid de España, quienes obtuvieron el financiamiento para la ejecución de este proyecto a través del Programa de Cooperación Interuniversitario PCI.

La ingeniera María Teresa Castillo Rayo nos contacta y brinda información del proyecto y nos puso en conocimiento de la venida del alumno Francisco Javier Luis Rodríguez a Nicaragua por la universidad Carlos III de Madrid de España a instalar el Laboratorio de Biomasa para la Facultad de Tecnología de la industria; para tal efecto se requería de dos estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica que desarrollaran su monografía en este campo de la biomasa, ya que el proyecto es de carácter bilateral, instalándose uno en España y otro con las mismas características en nuestro país.

Se inicia el trabajo realizando esquemas, elaborando cálculos y desarrollando el cronograma de actividades a ejecutar, en los siguientes tres meses de estancia del estudiante español, para luego continuar el proyecto sin su presencia.

Se inicia el trabajo habilitando el lugar donde se instala el laboratorio, este espacio está ubicado dentro del taller automotriz, el cual fue remodelado por el personal de mantenimiento del RUPAP; se prosigue por acondicionar el espacio y equipar el laboratorio dentro de los estantes previamente instalados.

Se acuerda la construcción de cinco biodigestores anaeróbicos en dos modalidades: tres de ellos a temperatura ambiente y los dos restantes en camisas de agua, es decir se introducen los digestores en tanques de mayor tamaño a temperatura controlada.

Se utilizan dos tipos de sustratos: estiércol de cerdo y de vaca, pero también se trabaja en codigestión, es decir, se mezclan ambos tipos de estiércol.

De los cinco biodigestores construidos se cargan cuatro, dos de los recipientes, se cargan en camisas de agua, es decir dentro de recipientes más grandes llenos de agua con calentadores que mantienen la temperatura controlada. Uno de estos dos biodigestores, se carga con sustrato de cerdo y el otro en codigestión. Los otros dos restantes, se dejan a temperatura ambiente y son cargados uno con residuos de cerdo y el otro con residuos de vaca. Estos se cargarán una sola vez ya que el biodigestor que se utiliza es de tipo discontinuo.

Durante el tiempo de retención se pudieron observar distintos problemas con el nivel de generación de biogás, el porcentaje que se obtenía de éste era inferior al esperado, y esto debido a la temperatura, ya que durante el tiempo de retención bajó bastante, ya que fue un período lluvioso. En los biodigestores cargados con estiércol de cerdo se detecta la presencia de un hongo, el cual no se pudo determinar su tipo. A partir de este suceso, el porcentaje de generación de biogás empezó a disminuir, hasta inhibirse totalmente la producción. Se cree que este bajado de rendimiento, se pudo ocasionar por el estiércol utilizado para la prueba, ya que los animales estaban siendo medicados y esto pudo afectar a las bacterias que generan el biogás.

Debido a estos problemas el biogás que se obtuvo, resultó con bajo índice de poder calorífico, en comparación con los rangos ya establecidos.¹

Una vez que terminó la producción de biogás, se procedió a limpiar los biodigestores para iniciar un nuevo ciclo de carga.

¹ Ver conclusión de cálculos

INDICE

Introducción.....	1
OBJETIVOS	2
Objetivo general:.....	2
Objetivos específicos:	2
JUSTIFICACIÓN	3
ANTECEDENTES	4
HIPÓTESIS	5
METODOLOGÍA DE INVESTIGACION	6
MARCO TEÓRICO.....	8
Aplicación del biogás.	9
Beneficios del Biogás.....	9
Digestión anaeróbica	10
Laboratorio de Biomasa	10
El biodigestor	11
1. Sistema de Desplazamiento Horizontal.....	11
2. Sistema de tanques múltiples.	11
3. Sistema de tanque vertical.....	11
Sistema de desplazamiento horizontal (Biodigestores de flujo pistón):	12
Modelos de biodigestores	14
Modelo Indio.....	14
Modelo Chino	15
Biodigestor de Compañía Licorera de Nicaragua:	17
PROCESO DIGESTIÓN ANAEROBIA	18
Introducción	19
1.1 Proceso de fermentación anaeróbica.....	19
1. Fase de Ajuste inicial	20
2. Fase de transición	21
3. Fase ácida.....	21
4. Fase de fermentación del metano	22
5. Fase de maduración.....	22
1.2 Inhibidores	23

1.3 Grupos de bacterias aeróbicas	25
1. Mesofilicas	25
2. Psicrofila	25
3. Termofílica	26
1.4 Temperatura	27
Influencia de la temperatura sobre aspectos bioquímicos	28
1.5 El PH	31
1.6 Tiempo de retención	33
1.7 Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)	33
1.8 Sustratos para obtener biogás	34
DISEÑO DEL LABORATORIO DE BIOMASA PARA PREGRADO DE LA F. T. I.	36
Introducción:	37
2.1 Aceptación del Proyecto.	37
2.2 Selección del sitio	38
2.3 Acondicionamiento del lugar.	39
CÁLCULOS DE CARGA DE LOS BIODIGESTORES	41
Introducción	42
3.1 Determinación de la producción de biogás.....	42
3.2 El cieno de fermentación	42
3.3 Tiempo de retención (TR):.....	43
3.4 Temperatura.....	44
3.5 Volumen de gas a producir	46
3.6 Determinación del Poder Calorífico Inferior (PCI).....	49
3.7 PCI biogás.....	50
3.8 Cálculos de carga de los Biodigestores:.....	54
3.9 PCI GLP	55
3.10 Conclusión	58
SELECCIÓN, DISEÑO y CONSTRUCCION DE BIODIGESTORES.	59
Introducción.....	60
4.1 Recopilación de información	60
4.2 Selección de los Biodigestores.....	60
4.3 Dimensionamiento de los Biodigestores.....	61
4.4 Determinar los tipos de biomasa a utilizar	62

4.5 Proceso de construcción del biodigestor tipo Batch	62
4.6 Construcción de Biodigestores termalizados.....	65
4.7 Carga de biodigestores	67
4.8 Mantenimiento del Biodigestor	71
EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO.....	72
Introducción	73
5.1 Equipos construidos:.....	73
5.2 Equipos adquiridos:.....	75
Descripción del horno	83
GUÍA DE LABORATORIO DE BIOMASA DE LA FTI.....	85
Introducción	86
Objetivo general.....	86
Objetivos específicos	86
6.1 Uso del equipo y material de laboratorio	87
6.2 Guía Num.1 de laboratorio	88
Introducción.....	88
Objetivos	89
6.2.1 Procedimiento.....	89
6.2.2 Informe de entrega	90
6.3 Guía Num.2 de laboratorio	92
Tema:” gasómetros”	92
Introducción.....	92
Objetivos	93
6.3.1 Procedimiento	93
6.3.2 Responder	94
6.4 Guía Número 3 de laboratorio	95
Tema: “Ensayos y experimentación del biogás”	95
Introducción.....	95
Objetivos	95
6.4.1 Determinación del Poder Calorífico Inferior (PCI)	96
Conclusión de las prácticas	102
Bibliografía	106

Índice de figuras

Figura 1. Biodigestor de flujo pistón.....	12
Figura 2. Biodigestor semi-continuo.....	13
Figura 3. Biodigestor tipo indio.....	14
Figura 4. Biodigestor tipo chino.....	15
Figura 5. Biodigestor tipo Batch.....	16
Figura 6. Biodigestor de compañía Licorera de Nicaragua.....	17
Figura 7. Fases generales de la fermentación anaeróbica.....	20
Figura 8. Reacción química para la fermentación anaeróbica.....	23
Figura 9. Bacteria Psicrofila.....	25
Figura 10. Bacteria Mesofílica.....	25
Figura 11. Bacterias Termofílicas.....	26
Figura 12. Antes	39
Figura 13. Después.....	39
Figura 14. Estructura metálica.....	40
Figura 11. Ganado Vacuno.....	44
Figura 12. Ganado porcino.....	45
Figura 13. Modelo calorimétrico Junkers.....	49
Figura 14. Orificios superiores.....	62
Figura 15. Orificios de descarga.....	63
Figura 16. Recirculación del biogás.....	64
Figura 17. Drenaje del biol.....	64
Figura 18. Biodigestor a temperatura ambiente.....	65
Figura 19. Drenaje del biol parte interna.....	66
Figura 20. Drenaje del biol parte externa.....	66
Figura 21. Camisa termalizada- interior.....	66

Figura 22. Camisa termalizada.....	66
Figura 23. Biodigestorencamisado.....	67
Figura 24. Recolección del sustrato vacuno en Tipitapa.....	68
Figura 25-26. Carga de los biodigestores.....	70
Figura 27. Gasómetro de vasos comunicantes.....	73
Figura 28. Gasómetro de campana.....	74
Figura 29-30 Gasómetro de neumático.....	75
Figura 31. Mechero Busen.....	76
Figura 32. Malla de Asbesto.....	77
Figura 33. Pinzas para matraz o buretra.....	78
Figura 34. Pipetas.....	78
Figura 35. Erlenmeyers.....	79
Figura 36. Beakers.....	80
Figura 37. Phmetro.....	81
Figura 38. Aparato orsat.....	82
Figura 39. Mufla.....	82

Índice de tablas

Tabla 1. Inhibidores	24
Tabla 2. Sustratos	35
Tabla 3. Volumen de gas.....	48
Tabla 4. Condiciones de ensayo.....	50
Tabla 5. Comparación tiempo y temperatura Biogás vs GLP.....	51
Tabla 6. Densidades.....	51

Introducción

Considerando la necesidad y la falta de una infraestructura, para la investigación de la biomasa, dirigida al estudiantado en la Universidad Nacional de Ingeniería, UNI, en el recinto Pedro Aráuz Palacio (RUPAP), se solicitó apoyo mediante el convenio ínter universitario que existe entre la universidad Carlos III de Madrid España (UC3M) y Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), para la instalación de un laboratorio de biomasa en la FTI.

Con la instalación de este laboratorio, se pretende brindar conocimiento práctico y teórico en lo que respecta a biomasa y biogás, a los estudiantes de la UNI y de otras universidades que lo requieran.

En este se realizarán pruebas, ensayos y experimentos de los distintos tipos de sustratos y los resultados obtenidos podrán ser almacenados en una base de datos de carácter científico, para que los estudiantes en un futuro puedan realizar estudios en base a estas estadísticas. Así mismo, los resultados pueden ser de utilidad en los distintos sectores energéticos del país.

Ya que el laboratorio es con fines académicos, su diseño y elaboración tiene que contar con las comodidades y espacio necesarios para el equipo y el correcto manejo de estos, tratando de cumplir las normas de seguridad y ergonomía para que los estudiantes puedan trabajar con las condiciones óptimas. La ubicación de este laboratorio es muy importante ya que los sustratos producen malos olores, riesgos biológicos y el biogás es un gas inflamable.

Para que el laboratorio sea de calidad y se puedan obtener resultados confiables tiene que contar con una gran variedad de equipos que puedan ayudar y facilitar la investigación y pruebas a realizarse.

OBJETIVOS

Objetivo general:

1. Instalar el laboratorio de biomasa donado por la Universidad Carlos III de Madrid para la F.T.I. consistente en digestores anaeróbicos y sistemas de análisis.

Objetivos específicos:

1. Diseñar e instalar los componentes del laboratorio de biomasa para su funcionalidad
2. Construcción degasómetro y manómetro de columna.
3. Estudio de las condiciones de funcionamiento del digestor anaeróbico y análisis de muestras obtenidas.
4. Elaborar una guía práctica de laboratorio para los estudiantes.

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se está desarrollando debido a que la F.T. I. no posee un laboratorio que permita a los estudiantes de las carreras ingenieriles, realizar estudios de investigación y pruebas de laboratorio en el área de biomasa.

Es por lo que a través de la donación de la universidad Carlos III de Madrid España, se ha logrado obtener un laboratorio de investigación académica para la producción de biogás y su uso como fuente de energías renovables, en el cual se pueden realizar estudios de los diversos tipos de biomasa que se encuentran a nivel local.

Este laboratorio traerá un gran aporte a la comunidad universitaria, ya que no existe un laboratorio de tipo académico y de fines investigativos. Es por tal motivo que la construcción e instalación del mismo, serán de gran ayuda para la mejor comprensión y estudio del área de energía de biomasa. También servirá para generar conciencia en los estudiantes de la importancia del aprovechamiento de las energías renovables.

ANTECEDENTES

El Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacio (RUPAP) cuenta con un laboratorio de biomasa con fines empresariales y de post-gradó. Este laboratorio está ubicado detrás del edificio Julio Padilla, está a cargo del Programa de Biomasa bajo la dirección de la Vice Rectoría de Investigación y Desarrollo, en el cual se realizan estudios en esta área en el análisis de aguas residuales.

Los responsables en realizar estos experimentos, son ingenieros especialistas en esta área de investigación y se orientan a la realización de pruebas para empresas, alcaldías, postgrado, maestrías, lo cual no permite la participación de estudiantes o la realización de pruebas con fines académicos en el pregrado.

HIPÓTESIS

Con la instalación del laboratorio de biomasa y su funcionalidad, se pretende que el estudiante tenga la facilidad de realizar experimentaciones, en los diferentes procesos de producción de biogás a partir de diversos tipos de sustrato, con el auxilio de las guías de laboratorio, lo cual les facilita efectuar el trabajo y manejo de los equipos de laboratorio.

Se pretende a largo plazo que el laboratorio sirva de referencia para las empresas privadas, estatales, agropecuarias, y agroindustriales, que deseen realizar estudios en el campo de la biomasa y aprovechamiento energético.

También se proyecta la expansión del laboratorio tanto en infraestructura y cantidad de equipos, para mejorar las condiciones de operación y lograr el auto-sostenimiento del laboratorio.

Con la instalación de este laboratorio, se espera proporcionar las condiciones adecuadas, para la realización de futuras tesis, por estudiantes que deseen realizar sus trabajos monográficos en el área de biomasa.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACION

Tipo de estudio

Estudio científico

Unidad de muestreo

El sitio para la recolección de la muestra será Finca de Tipitapa y la Universidad Nacional Agraria, UNA, Facultad de Ciencias Animales, FACA.

Estiércol de cerdo, estiércol de vaca y la codigestión de ambos en las instalaciones del laboratorio de biomasa de la FTI, bajo las condiciones ambientales que se presenten en las instalaciones de dicho laboratorio.

Tamaño de la muestra

La cantidad de sustrato a tratar es de 71.5 kg de estiércol de vaca y 47.0 kg de estiércol de cerdo.

Método de muestreo

El muestreo de los sustratos se hará por conveniencia. En correspondencia a lo anterior, la muestra se obtendrá directamente de los lugares antes mencionados.

El volumen de residuos recolectados se transportará en bolsas plásticas de un quintal, cerradas debidamente, hasta el sitio del laboratorio. Esto, para evitar posibles variaciones en las características de los residuos.

Variaciones de operación

Se estudiarán tres tipos de variables operacionales, las cuales se describen a continuación:

1. Variables según tipo de sustrato

- a) Sustrato de Vaca: se cargarán dos biodigestores con estiércol de vaca. un biodigestor encamisado y otro a temperatura ambiente, esto con el fin de analizar las diferencias que surgen en la generación de biogás entre ambos biodigestores.
- b) sustrato de cerdo: se determina cargar únicamente, un biodigestor a temperatura ambiente con este sustrato, con el fin de poder realizar comparaciones entre el nivel de producción de biogás, con el biodigestor que se carga con estiércol de vaca en las mismas condiciones.
- c) Sustratos en cogestión: se cargará un biodigestor termalizado con sustratos de vaca y cerdo, con el objetivo de determinar la generación de biogás que se produce al mezclar ambos tipos de sustratos.

2. VARIABLES SEGÚN TIPO DE DIGESTOR

- a) Digestor de Bacht.
- b) Digestor semi continuo.

3. VARIABLES SEGÚN CONDICIONES CLIMATICAS DE DIGESTORES

- a) Digestores termalizados.
- b) Digestores a temperatura ambiente.

MARCO TEÓRICO

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros) que pueden ser convertidos en energía.

Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuales son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bioquímico.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos.

El biogás es el gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico). El producto resultante está formado por metano (CH₄), Dióxido de carbono (CO₂), Monóxido de carbono (CO) y otros gases en menor proporción.

El biogás está compuesto por:

1. Metano (CH₄) 55 a 70 %.
2. Anhídrido carbónico (CO₂) 35 a 40 %.
3. Nitrógeno (N₂) 0.5 a 5 %.
4. Sulfuro de (SH₂) 0.1 %.
5. Hidrógeno (H₂) 1 a 3 %.
6. Vapor de agua Trazas.

Aplicación del Biogás.

1. Se emplea como combustible en las cocinas en sustitución del gas butano-propano.
2. Se ocupa para iluminación con lámparas de gas.
3. Se utiliza en calderas para generación de calor o electricidad.
4. Se emplea en motores para generar electricidad.
5. Se aprovecha como combustible de automoción.
6. Se usa en refrigeradoras de gas.

Beneficios del Biogás.

1. Reducción de la producción del gas metano que se esparce en el medio ambiente.
2. Evita la proliferación de insectos en las actividades pecuarias.
3. Los sistemas de biogás pueden proveer beneficios económicos a sus usuarios.
4. Producción de energía (calor, luz, electricidad).
5. Transformación de desechos orgánicos en fertilizante de alta calidad.
6. Ventajas ambientales a través de la protección del suelo, agua, aire y la vegetación leñosa,
7. Reducción de la deforestación.

Digestión anaeróbica

Es el proceso en el cual algunos microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno. Este proceso genera diversos gases, entre los cuales se encuentran el dióxido de carbono y el metano, que son los más abundantes. En los biodigestores se aprovecha esta liberación de gases para luego ser usados como combustible. La intensidad y duración del proceso anaeróbico varían dependiendo de diversos factores, entre los que se destacan la temperatura y el pH del material biodegradado.

Los beneficios asociados a la digestión anaerobia son:

1. Reducción significativa de malos olores,
2. Mineralización, de los residuos.
3. Producción de energías renovables
4. Aprovechamiento energético del biogás como sustituto de una fuente de energía fósil.
5. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la reducción de emanaciones incontroladas de CH₄, (que produce un efecto invernadero 20 veces superior al CO₂), y reducción del CO₂ ahorrado por sustitución de energía fósil.
6. Obtención de abono natural tanto líquido (efluente) como sólido (lodos) para mejorar la calidad de los cultivos.

Laboratorio de Biomasa

Un laboratorio de biomasa es el sitio donde se realizan análisis y evaluación del comportamiento de la biomasa y sus residuos, la determinación de sus partículas, su composición física, química, el poder calorífico, la capacidad de producción, para lograr obtener el mejor resultado de los estudios a realizarse.

EL BIODIGESTOR

El biodigestor es un contenedor donde se produce biogás, biol (abono natural) y el lodo, a partir de material orgánico, principalmente excretas de animales y seres humanos, desperdicios de alimentos, residuos de plantas, animales en estado de descomposición y desechos vegetales. Se trata de un sistema sencillo y económico que recicla los residuos orgánicos convirtiéndolos en energía y fertilizantes para usos agrícolas, ideal para comunidades rurales y países en vías de desarrollo.

Los biodigestores se clasifican en tres tipos, los continuos, semicontinuos y los discontinuos, todos tienen características similares en funcionabilidad, productividad y mantenimiento, aunque difieren en la metodología de construcción.

Biodigestores continuos:

Estos son biodigestores que se cargan diariamente para la producción de biogás. Se usan generalmente para tratamiento de aguas residuales, tienden a ser grandes, de corte industrial, con sistemas comerciales para el control y gestión del proceso, con una alta producción de Biogás. Estos biodigestores se clasifican según su diseño en:

1. Sistema de Desplazamiento Horizontal (movimiento por flujo pistón, movimiento por gravedad).
2. Sistema de tanques múltiples.
3. Sistema de tanque vertical.

Sistema de desplazamiento horizontal (Biodigestores de flujo pistón):

Son aquellos en los cuales la cámara de digestión es alargada y por lo tanto la degradación de los residuos transcurre a medida que transitan a lo largo del digestor. Es básicamente un digestor tubular horizontal en cuyos extremos se sitúan las cámaras de carga y descarga del sistema. Su configuración alargada impide que la carga líquida inicial y el efluente se mezclen; Esto lo hace útil en el aprovechamiento de residuos que requieran un tratamiento prolongado, tales como excretas humanas y ciertos desperdicios de animales.

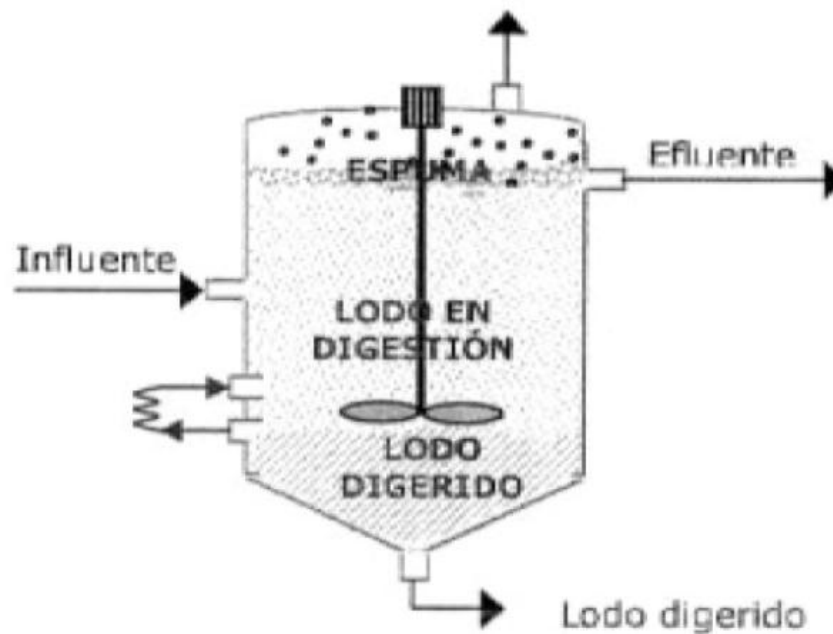


Figura 1. Biodigestor de flujo pistón

BIODIGESTORES SEMICONTINUOS:

Estos son alimentados diariamente con una carga relativamente pequeña en comparación al contenido total. Ésta se deposita en la cámara de carga, e igualmente se debe extraer de la cámara de descarga un volumen igual de efluente líquido, para lograr mantener el volumen constante. La producción de biogás es estable, gracias alaalimentación continua en los digestores, lo que proporciona el sustento a las comunidades de bacterias. Una limitante importante es la disponibilidad de agua, debido a que la carga debe ser en proporciones de 1:4. Se mezcla una parte del material orgánico por cuatro partes de agua.

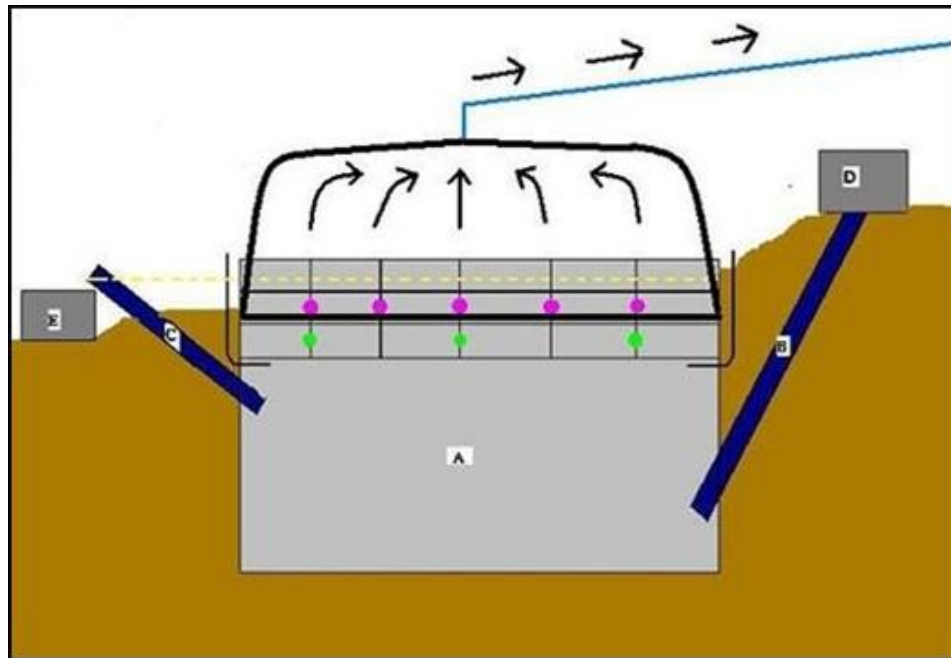


Figura 2. Biodigestor semi-continuo

Modelos de biodigestores

En la actualidad existen una variedad de diseños de biodigestores, que están adecuados a las necesidades culturales de los diversos países del mundo. Todos ellos cumplen la misma función de proveer de gas metano, biol y energía.

Modelo Indio

También llamado de domo flotante. En su parte superior presenta una campana o domo que se mantiene flotando en el líquido a causa del biogás que retiene en su interior. El domo puede ser de metal o preferiblemente de un material resistente a la corrosión (plástico, fibra de vidrio, etc.). Esta campana sube y baja dependiendo del volumen de gas en el interior y por esto, requiere una guía central o rieles laterales, que eviten el rozamiento de esta campana contra las paredes de la estructura. Este modelo tiene la ventaja que no necesita un contenedor externo para almacenar el gas generado. Este se mantiene a una presión relativamente constante al interior del domo.

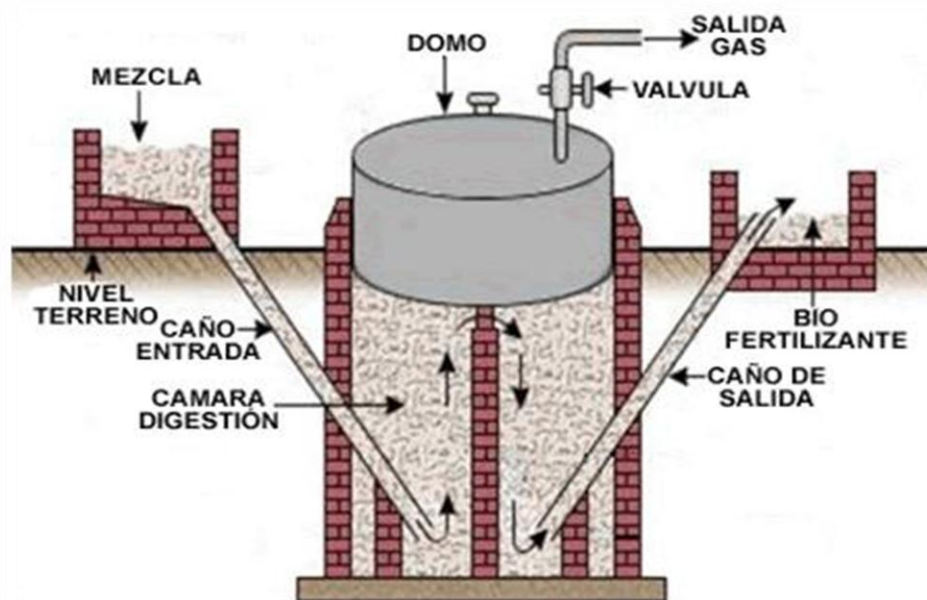


Figura 3. Biodigestor tipo indio

Modelo Chino

Se originó en China y consiste en una estructura cerrada con cámaras de carga y descarga. Esta puede ser construida de concreto armado o ladrillos. Tienen una larga vida útil (mayor a 15 años) con un adecuado mantenimiento. Sin embargo, el alto costo de este modelo, hace que no seahabitual en países latinoamericanos como con otros diseños. El digester almacena solo un pequeño volumen de gas que se genera en el interior, por lo que requiere la construcción de un contenedor (gasómetro)para el almacenamiento del gas metano.

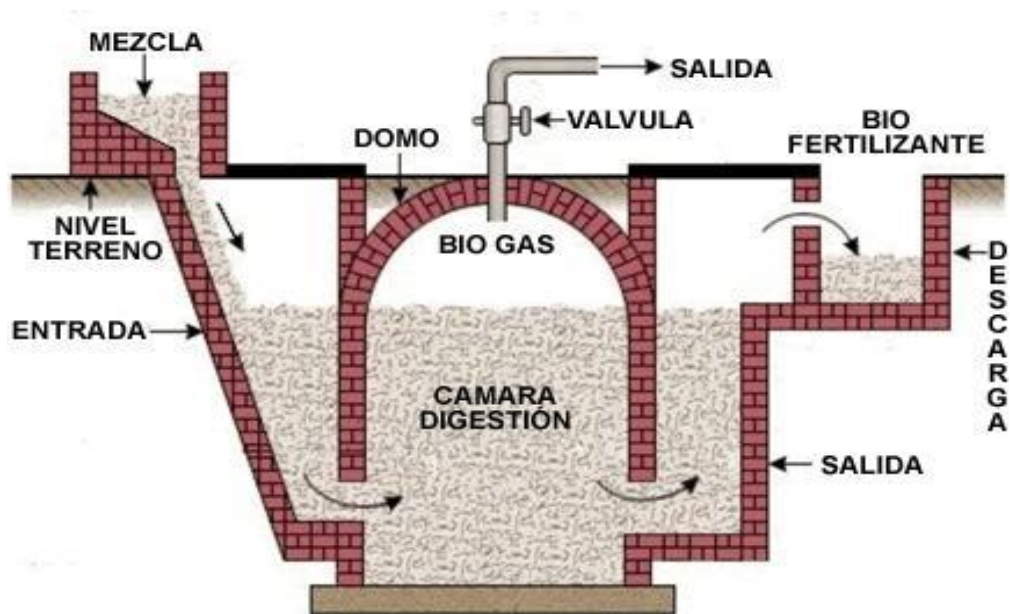


Figura 4. Biodigestor tipo chino

Biodigestores de Bacto Discontinuos.

Este tipo de biodigestor se carga una sola vez y la descarga se efectúa hasta que ha dejado de producir gas metano. Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Este tipo de biodigestor es ideal a nivel de laboratorio, si se decide evaluar los parámetros del proceso o el comportamiento de un residuo orgánico, residuos animales o mezcla de ambos.

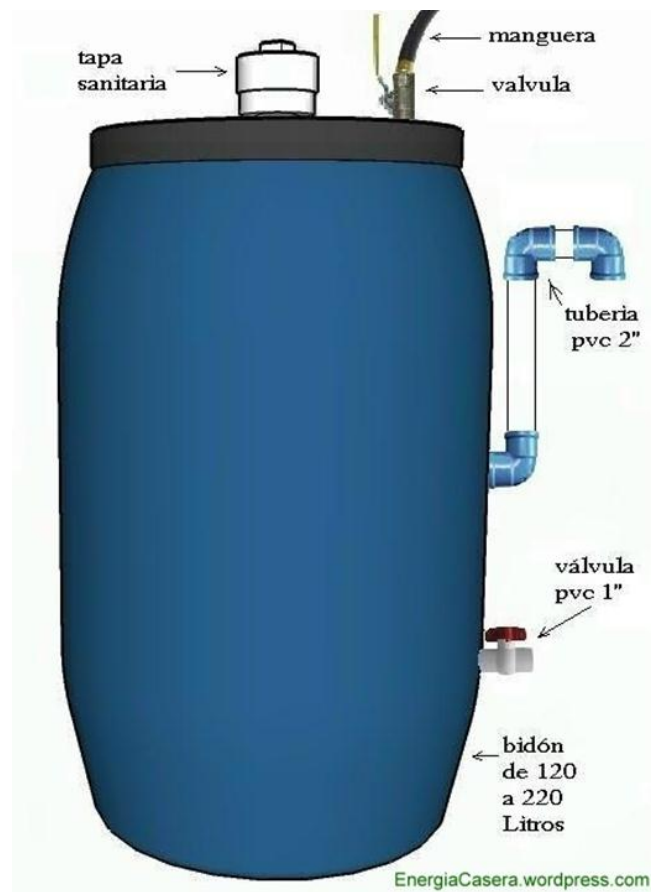


Figura 5. Biodigestor tipo Batch

Biodigestor de Compañía Licorera de Nicaragua.

La Compañía Licorera cuenta con un moderno biodigestor construido en el año 2003 con una inversión superior a los 8 millones de dólares. Hace el trabajo aproximado de más de 3 millones de árboles, ya que evita la emisión anual de 120 mil toneladas de dióxido de carbono. Esto equivale a que cerca de 21 mil 818 vehículos salgan de circulación anualmente. El biodigestor de Compañía Licorera es en su tipo el proyecto más grande de Centroamérica, y único en América Latina. La metodología utilizada por Naciones Unidas para medir las reducciones de emisiones generadas por los biodigestores está basada parcialmente en el biodigestor de Compañía Licorera.



Figura 6. Biodigestor de compañía Licorera de Nicaragua

CAPITULO I

PROCESO DIGESTIÓN ANAEROBIA

Introducción

El sistema convencional de la digestión anaeróbica está basado en el contacto íntimo y prologando entre un residuo a tratar y los microorganismo que proliferan en el proceso.

El estiércol fresco contiene bacterias que continúan digiriéndolo y producen metano, dióxido de carbono y otros gases. Si esta digestión se hace en ausencia de aire (digestión anaerobia) se produce biogás, que es uno de los principales intereses de un biodigestor.

Los procesos de digestión anaerobia ocurren normalmente en la naturaleza, en el fondo de los ríos, los lagos y el mar, las ciénagas y el tracto intestinal, de prácticamente todos los animales, siendo estos los lugares donde se desarrollan estos procesos.

1.1 Proceso de fermentación anaeróbica.

El proceso de fermentación anaerobia de la materia orgánica se produce en cinco fases secuenciales desde las primeras descomposiciones microbianas de la materia orgánica hasta la estabilización del producto con la producción del denominado biogás.

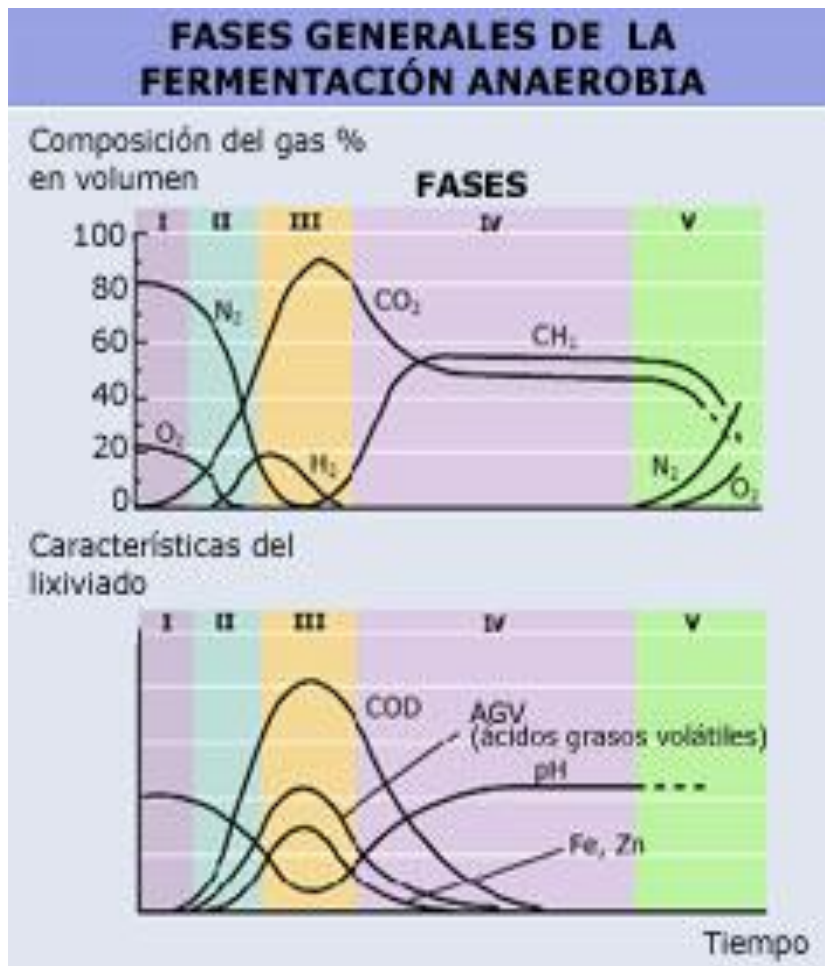


Figura 7. Fases generales de la fermentación anaeróbica

1. **Fase de Ajuste inicial.** Esta primera fase de descomposición microbiana, de la fracción orgánica, de los residuos sólidos urbanos, se realiza bajo condiciones aerobias, mientras se ejecutan las operaciones necesarias para introducir la materia orgánica, en un medio que posea condiciones anaerobias: túneles de fermentación, digestor, vertedero.

2. **Fase de transición.** Esta fase se caracteriza, por el paulatino descenso de las condiciones aerobias, (presencia de oxígeno) hasta su completa desaparición, comenzando así la etapa anaerobia. El oxígeno desaparece del metabolismo respiratorio, siendo sustituido por compuestos inorgánicos oxidados, como el nitrito y el sulfito, los cuales, sometidos a un potencial de oxidación-reducción del medio, alrededor de -50 a -100 milivoltios, se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. En estas condiciones, el potencial reductor del medio irá incrementándose, y cuando llegue a valores aproximados a -150 ó -300 milivoltios, comenzará la generación de metano. Mientras sigue bajando el potencial de oxidación/reducción, los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, comienzan un proceso que se resume en la conversión del material orgánico complejo, en ácidos orgánicos y otros productos intermedios. El pH de la fase líquida, comienza a caer debido a la presencia de ácidos orgánicos y al efecto de las elevadas concentraciones de CO₂ dentro del medio.
3. **Fase ácida.** En esta fase se acelera la actividad microbiana iniciada en la fase anterior, con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas de hidrógeno. Esta fase, predominada por las bacterias no metanogénicas o acidogénicas, pueden resumirse en:

 - Transformación enzimática o hidrólisis, de compuestos con alto peso molecular tales como lípidos, polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos, en otros compuestos aptos para ser utilizados por los microorganismos como fuentes de energía y como transformación a carbono celular.
 - Conversión microbiana o acidogénesis de los compuestos resultantes de la fase de ajuste inicial, en compuestos intermedios de bajo peso molecular, como son el ácido acético (CH₃COOH) y las

pequeñas concentraciones de ácido fúlvico y otros ácidos más complejos.

Características propias de la fase ácida:

- Generación de diversos compuestos gaseosos, principalmente dióxido de carbono, CO_2 , además de gas de hidrógeno, H_2 .
- El pH de la fase líquida del medio, frecuentemente caerá hasta un valor de 5 o menos, por la presencia de los ácidos orgánicos y por las elevadas concentraciones de CO_2 .
- La demanda bioquímica de oxígeno líquido se incrementarán significativamente debido a la disolución de ácidos orgánicos.
- Disolución de algunos constituyentes inorgánicos, principalmente metales pesados, y de algunos nutrientes en el medio líquido, debido a los bajos valores del pH.

4. **Fase de fermentación del metano.** Esta fase, está dominada por microorganismos que comienzan a desarrollarse hacia el final de la fase ácida, estrictamente anaerobios y denominados metanogénicos. Se caracteriza por la conversión del ácido acético y el gas de hidrógeno, producidos por los formadores de ácidos en la fase ácida, en CH_4 y CO_2 . Debido a esta transformación de los ácidos y el gas de hidrógeno en CH_4 y CO_2 , el pH de la fase líquida subirá a valores más neutros, en rango de 6,8 a 8, reduciendo la demanda química de oxígeno, así como el valor de conductividad del líquido. Con este incremento de pH, disminuye la concentración de constituyentes inorgánicos en la disolución y, como resultado, la concentración de metales pesados presentes en el líquido también se reducirá.

5. **Fase de maduración.** Esta fase, mucho menos activa en cuanto a la generación de gases se refiere, viene caracterizada por una disminución de la humedad y la conversión del material biodegradable que anteriormente no estaba disponible. La velocidad de generación del gas

de vertedero disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han diluido en el medio líquido durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el medio sólido son de una degradación lenta.

En resumen, la reacción química generalizada para la fermentación anaerobia de residuos sólidos puede escribirse de la forma siguiente:

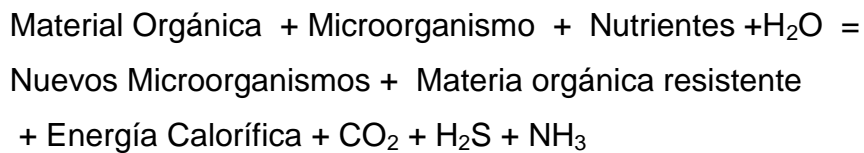


Figura 8. Reacción química para la fermentación anaeróbica

La duración del proceso completo de fermentación anaerobia con producción de biogás está determinado por la duración de cada una de las fases individuales del proceso, y la duración de cada una de estas, varía según la distribución de los componentes orgánicos, la disponibilidad de nutrientes, el contenido de humedad de los residuos, el grado de humedad del medio sólido y el grado de compactación inicial.

El resultado final es una materia orgánica lista para ser utilizada como abono, compost, y un gas compuesto de varios componentes, principalmente CH_4 y CO_2 , además de múltiples gases en composición traza.

1.2 Inhibidores

La presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes en determinadas concentraciones pueden inhibir e incluso interrumpir el proceso fermentativo.

Cuando es demasiado alta la concentración de ácidos volátiles (más de 2.000 ppm para la fermentación Mesofílica y de 3.600 ppm para la Termofílica se inhibirá la digestión). También una elevada concentración de Nitrógeno y Amoníaco destruyen las bacterias metanogénicas.

INHIBIDORES	CONCENTRACION INHIBIDORA
SO ₄	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato (según contenido de Nitrógeno)	0,05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN (Después que se han domesticado las bacterias metanogénicas a 2-10 mg/ml).	25 mg/l
ABS (Detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3.500-5.500 mg/l
K	2.500-4.500 mg/l
Ca	2.500-4.500 mg/l

Tabla 1. Inhibidores

El cuadro muestra valores de concentraciones de ciertos inhibidores comunes. Valores que se deben tomar como referencia, puesto que las bacterias que intervienen pueden con el tiempo adaptarse a condiciones que en un principio las afectaba marcadamente.

1.3 Grupos de bacterias aeróbicas

Para tener un poco de conocimiento de las bacterias que están presentes en el proceso de fermentación se describen los diferentes tipos y el grado de temperatura que necesitan para desarrollarse:

1. **Mesofílicas:** Este tipo de bacterias presentan un crecimiento óptimo a la temperatura, entre 25°C y 40°C, la mayoría de los patógenos humanos presentan un crecimiento óptimo de 37°C, correspondiendo a este grupo.



Figura 9. Bacteria Mesofílica

2. **Psicrofílica:** Estas obligatoriamente necesitan temperatura. de 15 °C o menos, incluso algunas resisten temperatura. debajo 0°.



Figura 10. Bacteria Psicrofílica

3. **Termofílica:** Son aquellas que se desarrollan a temperatura de 45°C, pudiendo superar incluso los 100°C, siempre que exista agua en estado líquido.



Figura 11. Bacterias Termofílicas

El hábitat de las bacterias anaerobias está limitado a zonas corporales del hombre y de los animales donde la tensión de oxígeno es baja. Forman parte de la microbiota normal como comensales y mutualistas, jugando un importante papel en la resistencia inespecífica a la infección. Son particularmente frecuentes en la boca (especialmente en la placa dental sobre todo en su porción sub-gingival) y en las vías respiratorias altas, vagina e intestino (en especial en colon, recto y en las heces, donde superan a los aerobios y a los microorganismos facultativos). A partir de aquí pueden contaminar de forma pasajera la piel, sobre todo la del periné. La piel es pobre en anaerobios permanentes.

1.4 Temperatura.

La temperatura es un elemento muy importante en este proceso y la producción de biogás depende mucho de esta. Todo el proceso de fermentación será afectado si ocurre un descenso en el grado de temperatura, retardando el tiempo de retención necesario para obtener biogás e inclusive puede llegar a anularse el proceso de la degradación.

En el proceso de digestión anaerobia, las bacterias metanogénicas producen el gas metano en la etapa final del procedimiento. Existen diferentes poblaciones de bacterias metanogénicas y cada una de ellas requiere una temperatura para trabajar de forma óptima. Existen poblaciones que tienen su mayor rendimiento a 70 °C de temperatura, pero para ello habría que calentar el lodo interior del biodigestor.

Hay otras poblaciones que tienen su rango óptimo de trabajo de 30 a 35 °C. Estas temperaturas se pueden alcanzar en zonas tropicales de manera natural. La actividad de las bacterias desciende si estamos por encima o por debajo del rango de temperaturas óptimas de trabajo. En biodigestores sin sistema de calefacción, se depende de la temperatura ambiente que en muchas regiones es inferior al rango de temperaturas óptimas. A menores temperaturas se sigue produciendo biogás, pero de manera más lenta. A temperaturas inferiores a 5°C se puede decir que las bacterias quedan “dormidas” y ya no producen biogás.

La solubilidad de los gases amoníaco (NH_3), ácido sulfhídrico (H_2S), desciende al aumentar la temperatura, favoreciéndose la transferencia líquido-gas, y por lo tanto desaparecen más rápidamente del medio acuoso. Esto supone un efecto positivo, dada la toxicidad sobre el crecimiento de los microorganismos anaerobios de los citados compuestos. Una posible desventaja de este fenómeno es que el descenso de la solubilidad del CO_2 , produce un aumento del pH, lo que en condiciones de alta concentración de amonio puede ser negativo.

La solubilidad de la mayoría de las sales aumenta con la temperatura. Las sales orgánicas son más solubles a altas temperaturas, por lo que la materia orgánica es más accesible para los microorganismos, y aumenta la velocidad del proceso. Sin embargo, si se trata de compuestos tóxicos, al aumentar su solubilidad con la temperatura serán potencialmente más tóxicos, lo que puede explicar parcialmente la mayor inhibición de determinados compuestos orgánicos en el rango hemofílico, como los ácidos grasos de cadena larga. Además, la temperatura influye directamente en determinados equilibrios químicos, con gran influencia sobre el proceso anaerobio, como los del amonio-amoniaco libre o ácidos grasos volátiles ionizados-no ionizados. En general, con la temperatura se favorecen las formas no ionizadas, que resultan más tóxicas para los microorganismos (NH_3).

La viscosidad de los líquidos y semisólidos disminuye al aumentar la temperatura, lo que implica menores requerimientos energéticos para la mezcla (agitación). A altas temperaturas se produce también una mejor sedimentación de los sólidos.

Influencia de la temperatura sobre aspectos bioquímicos

El proceso anaerobio se produce en la naturaleza en un amplio rango de temperaturas, que van desde 0° a 97°C . La eficiencia del proceso, no obstante, es muy diferente en función de la temperatura del medio. Se habla de tres rangos principales de temperatura, Psicrófilico (por debajo de 25°C), Mesofílica (entre 25 y 45°C) y Termofónica (entre 45°C y 65°C), siendo la tasa máxima específica de crecimiento mayor, conforme aumenta la temperatura. Dentro de cada rango de temperatura, existe un intervalo en que dicho parámetro se hace máximo.

La velocidad del proceso aumenta con la temperatura, aunque también aumentan los requerimientos energéticos, y puede disminuir la estabilidad del

proceso. Por otro lado, es preciso desarrollar un completo balance energético para establecer el interés de mantener una determinada temperatura.

El rango Psicrófilico se plantea como poco viable debido al gran tamaño de reactor necesario. Sin embargo, simplifica mucho el diseño y hay menos problemas de estabilidad. Cuanto mayor es la duración del tiempo de retención menor es la diferencia entre las velocidades de degradación a diferentes temperaturas.

La temperatura más utilizada en la digestión anaerobia de residuos es dentro del rango Mesófilico, alrededor de 35-37°C, aunque hay cierta tendencia en los últimos años a pasar al rango Termófilica, tanto para conseguir una mayor velocidad del proceso, como para mejorar la destrucción de organismos patógenos.

La producción de biogás, en ausencia de inhibidores, aumenta con la temperatura, puesto que aumenta la tasa de crecimiento de los microorganismos; temperaturas más bajas implican tiempos de retención más largos, y por tanto mayores volúmenes de reactor. La tasa de hidrólisis también aumenta con la temperatura por lo que el régimen Termófilico puede tener gran interés al tratar residuos en los que la hidrólisis sea la etapa limitante, como los residuos con alto contenido en componentes Lignocelulósicos.

El régimen Termófilico se ha relacionado tradicionalmente con mayores problemas de estabilidad. Sin embargo otros autores consideran que las plantas Termófilicas son tan estables y tan operables como las Mesófilicas, presentando, además de las ventajas antes mencionadas, una mayor producción de gas por unidad de sólidos volátiles y una mejora en el pos tratamiento, ya que el efluente de la digestión Termófilica es más fácilmente deshidratable, junto con una menor producción de malos olores.

La temperatura óptima para el crecimiento bacteriano depende de cada especie. La mayoría de las bacterias Termófilicas presentan tasas específicas de

crecimiento máximas mayores que los organismos Mesofílico. La temperatura normal de operación dentro del rango Termofílico está sobre los 55°C (52-56°C). Por encima de este nivel los microorganismos acetogénicos disminuyen drásticamente su velocidad de crecimiento. Sin embargo, la tasa específica de crecimiento de los microorganismos metanogénicos continúa aumentando hasta los 70°C.

La sensibilidad a los cambios de temperatura ambiental depende de diversos factores, principalmente del grado de adaptación del cultivo, del modo de operación y del tipo de bioreactor. En el rango Termofílico un aumento brusco de la temperatura puede provocar un importante descenso en la producción de gas, mientras que una disminución de temperatura, puede suponer un descenso en la producción de gas, pero completamente reversible, o puede no mostrar diferencias, debido a la disminución del efecto de inhibición por amoníaco. Para pasar un reactor del rango Mesofílico al Termofílico sin que se produzca una interrupción en la producción de gas, la cual se debe realizar muy lentamente.

El efecto inhibitor del amonio es mayor en el rango Termofílico que en el Mesofílico por el aumento de la concentración de la forma tóxica, NH_3 , al aumentar la temperatura y a pesar de la mayor sensibilidad de los microorganismos Mesofílicos al amoníaco libre. Un problema adicional al de inhibición por amonio es la mayor tasa de hidrólisis de proteínas en el rango Termofílico frente al Mesofílico.

El tratamiento Termofílico presenta una importante ventaja que es la de mayor eliminación de organismos patógenos, que puede ser un factor clave en función del destino final del efluente, sobre todo para su uso como fertilizante orgánico. Un tratamiento Termofílico por encima de 50°C reúne en un sólo paso el tratamiento de higienización y el de digestión anaerobia. El proceso de digestión anaerobia produce la inactivación de algunos virus patógenos (enterovirus y parvovirus), pero la tasa de inactivación depende del tipo de virus, de la duración del proceso y de la temperatura de operación.

Sobre lodos de depuradora se han realizado numerosos estudios de comparación de la eficiencia de eliminación de patógenos en función de la temperatura de tratamiento, resultando generalmente muy favorable el rango Termofílico. Una técnica interesante, especialmente en instalaciones ya existentes de digestión de lodos de depuradora, es la combinación de dos fases de digestión, una primera de alta carga en Termofílico y una segunda con menor carga en Mesofílico. Con este sistema aprovechan las ventajas del sistema Termofílico (reducción de patógenos, menos problemas de formación de espumas y evitan posibles problemas de inestabilidad).

1.5 El pH

El pH (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. Indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ (que es cuando en un medio líquido se disocia por un momento una molécula de agua, se separa un protón y por un momento muy breve una molécula de H_2O "hale" ese protón libre, dando como resultado el radical H_3O , de acuerdo con la cantidad de este ión se puede determinar la acidez (pH o potencial de hidrógeno) presentes en determinadas sustancias.

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata o cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno.

También se puede medir de forma aproximada el pH de una disolución empleando indicadores, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH. Generalmente se emplea papel indicador, que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del

pH. El papel de litmus o papel tornasol es el indicador mejor conocido. Otros indicadores usuales son la fenolftaleína y el naranja de metilo.

A pesar de que muchos potenciómetros tienen escalas con valores que van desde 1 hasta 14, los valores de pH también pueden ser aún menores que 1 o aún mayores que 14.

El pH con valor de 7, se le considera un pH neutro, menor que 7 es considerado ácido y mayor que 7 es básico. Estos datos se confirman a la temperatura óptima, de trabajo que es de 25 °C.

A distintas temperaturas, el valor de pH neutro puede variar debido a la constante de equilibrio del agua.

La determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más usados en ciencias, tales como química, bioquímica y la química de suelos. El pH determina muchas características notables de la estructura y actividad de las biomacromoléculas, por tanto, del comportamiento de células y organismos.

El pH en el digestor es la función de la concentración de CO₂ en el gas, de la concentración de ácidos volátiles y de la propia alcalinidad de la materia prima.

Las bacterias responsables del mecanismo de producción de biogás son altamente sensibles a cambios en el pH, oscilando de 6-8, teniendo como óptimo un pH de 7-7.2.

El rango de pH óptimo es de 6.6 a 7.6. Los Ácidos Grasos Volátiles (AGV) y el acetato tienden a disminuir el pH del sustrato. Si las bacterias metanogénicas no alcanzan a convertir rápidamente los AGV a medida que lo producen las bacterias acetogénicas, estos se acumulan y disminuyen el pH en el biodigestor. Sin embargo, el equilibrio CO₂ opone resistencia al cambio de pH.

Existen dos métodos prácticos para corregir los bajos niveles de pH en el biodigestor. El primero es parar la alimentación del biodigestor y dejar que las bacterias metanogénicas asimilen los AGV; de esta forma aumentará el pH hasta un nivel aceptable. Deteniendo la alimentación, disminuye la actividad de las bacterias fermentativas y se reduce la producción de los AGV. Una vez que se haya restablecido el pH se puede continuar la alimentación del biodigestor pero en pocas cantidades, después se puede ir aumentando gradualmente para evitar nuevos descensos.

El segundo método consiste en adicionar sustancias buffer como el agua con cal. Las cenizas de soda (carbonato de sodio) para aumentar el pH, constituyen una variante más costosa, pero previenen la precipitación del carbonato de calcio. Los requerimientos de buffer varían según el residual, los sistemas de operación y tipos de operación. Las normas para calcular estos requerimientos han sido desarrolladas por Pohland y Suidon (1978).

1.6 Tiempo de retención.

El tiempo de retención es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el sustrato y producir biogás, este es el proceso de la digestión anaerobia. Este tiempo, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor. Por lo tanto, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención, que será necesario para que las bacterias que tienen menor actividad, tengan tiempo de digerir el sustrato y de producir biogás.

1.7 Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)

Todos los materiales de fermentación están compuestos en su mayor parte por Carbono (C) y Nitrógeno (N). La relación C/N influye sobre la producción de gas. Una relación C/N de 20:1 hasta 30:1 es ideal. Mezclas de materiales de fermentación con alto contenido de nitrógeno (por ejemplo estiércol de gallina) con material de fermentación con alto contenido de carbono (por ejemplo tamo de arroz) dan una elevada producción de gas.

1.8 Sustratos para obtener biogás

Normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales presentan estos elementos en proporciones adecuadas. Sin embargo en la digestión de ciertos desechos industriales puede presentarse el caso de ser necesaria la adición de ciertos compuestos que permiten mejorar el proceso de producción, o bien un post tratamiento aeróbico.

En lo atinente a estiércoles animales la degradación de cada uno de ellos dependerá fundamentalmente del tipo de animal y la alimentación que hayan recibido los mismos.²

Los valores tanto de producción como de rendimiento en gas de los estiércoles presentan grandes diferencias entre distintos autores. Esto es debido a los componentes propios de cada tipo de sustratos. Como norma se debe tomar en cuenta que debido a que se está trabajando en un medio biológico, sólo los promedios estadísticos de una serie prolongada de mediciones serán confiables, siempre y cuando figuren las condiciones en las cuales fueron realizadas las pruebas.

En cuanto al volumen de estiércol producido por las distintas especies animales, son variables de acuerdo fundamentalmente al peso, al tipo de alimentación y manejo de los mismos. Por otro lado, las granjas producen un elevado volumen de residuos húmedos en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su valor nutritivo. Sin embargo, cuando existen cantidades elevadas de estiércol esta práctica puede provocar una sobre fertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas.

²Ver tabla 2

Especie Animal	Tamaño	Cantidad de excreta por día (kg)	Producción de biogás (m ³ /kg excreta)	Rendimiento de biogás (m ³ /animal día)	Relación excreta: agua
Vacuno	Grande	15	0,04	0,6	01:01
	Mediano	10	0,04	0,4	
	Pequeño	8	0,04	0,32	
	Ternero	4	0,04	0,16	
Cerdo	Grande	2	0,07	0,14	1:1 a 1:3
	Mediano	1,5	0,07	0,1	
	Pequeño	1	0,07	0,07	
Avícola	Grande	0,15	0,06	0,009	01:03
	Mediano	0,1	0,06	0,006	
	Pequeño	0,05	0,06	0,003	
Ovino	Grande	5	0,05	0,25	1:2 a 2:3
	Mediano	2	0,05	0,1	
	Pequeño	1	0,05	0,05	
Pato		0,15	0,05	0,008	1:2 a 2:3
Paloma		0,05	0,05	0,003	2:3 a 1:3
Caballo		15	0,04	0,6	1:2 a 2:3
Humanos	Adulto	0,4	0,07	0,028	1:2 a 2:3
	Niño	0,2	0,07	0,014	

Tabla 2. Sustratos

CAPITULO II

DISEÑO DEL LABORATORIO DE BIOMASA PARA PREGRADO DE LA F. T. I.

Introducción

Se inician las actividades como parte de un estudio realizado en la comunidad el Tortuguero, en la Región Autónoma del Atlántico Sur, luego se presente un perfil de proyecto a la universidad Carlos III de Madrid quienes obtuvieron el financiamiento a través del programa de cooperación interuniversitaria en Europa, para la ejecución del mismo. Esto implica que en ambas universidades se instalen laboratorios similares, uno en la UC3M y el otro en la UNI, ambos con las mismas características para uso académico a nivel de pregrado. Para la ejecución del proyecto en Nicaragua, se envió al joven estudiante de la UC3 de Madrid, Francisco Javier Luis Rodríguez, a realizar su trabajo monográfico con la instalación y funcionamiento del laboratorio en la F. T. I., así mismo dos estudiantes de la Carrera de Mecánica deberían incluirse en el proyecto y de esta manera hacer su trabajo monográfico, todos para optar a sus títulos de ingenieros. El joven Luis Rodríguez, vino con la responsabilidad de realizar la compra e instalación de los equipos, instrumentos de medición, construcción de los dispositivos para la realización de experimentos y materiales necesarios para dejar habilitado y en funcionamiento el laboratorio.

2.1 Aceptación del Proyecto.

Dentro del acuerdo marco se aprobó la continuación del Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI)³ en la convocatoria de 2009 de ayuda a proyectos de cooperación interuniversitaria, que se está desarrollando desde el año 2009, con la instalación de un laboratorio de biomasa con digestor anaerobio. La idea de crear este laboratorio surgió de la visita que un grupo de investigadores de la FTI Y FTC hicieron en el 2008 en la comunidad del Tortuguero, donde se realizó un estudio del potencial energético renovable en la zona y de esa visita surge la idea de instalar y activar un biodigestor para

³Ver Anexo 1

alimentar una planta diesel que suministre energía eléctrica por períodos cortos de tiempo, en el casco urbano de la zona, ya que esta es una región ganadera y de carpinterías, y con la instalación de un biodigestor comunal, se puede lograr el aprovechamiento de ésta biomasa, para la generación de energía eléctrica y de esta forma disminuir los costos del combustible.

El objetivo principal de la creación del laboratorio de biomasa de la FTI es que se convierta en una unidad académica, que ofrezca el servicio de enseñanza y capacitación, a los estudiantes y profesionales en el uso de la biomasa. También se pretende a largo plazo, automatizar los biodigestores mediante los sistemas de controles automáticos, apoyándose con la facultad de electrotecnia y computación.

2.2 Selección del sitio

En reunión con el joven estudiante procedente de la UC3M Francisco Javier Luis Rodríguez, la Vicedecana en su momento Ing. Liboria Salgado, El Ing. Edgard Somarriba y la Ing. María Teresa Castillo, se acordó que el laboratorio de biomasa estará ubicado dentro de las instalaciones del Taller Automotriz de la F. T. I. El local estaba como bodega de chatarra informática, por lo cual se procedió a la limpieza y acondicionamiento del sitio.



Figura 12. Antes



Figura 13. Después

2.3 Acondicionamiento del lugar.

Conociendo las medidas del área donde está ubicado el laboratorio, que son de 10.8mts^2 se realizó el diseño de estructuras metálicas donde reposan los digestores, la mesa de trabajo necesaria para realizar las investigaciones, y los estantes para guardar los equipos. Los biodigestores están montados sobre estructuras de soporte metálicas con ruedas, lo que permite su fácil movimiento y el traslado de un sitio a otro. El local se acondicionó con pintura, cielo falso, cerraduras, ventana cerrada, iluminación, tomas de energía eléctrica.

Se realiza un estudio para seleccionar el tipo de digester a construir, según el tamaño del sitio, se determina en que condiciones se podría trabajar, se estiman las temperaturas que se podría alcanzar dentro de las instalaciones, se seleccionan los tipos de sustrato a utilizar y si se prestan las condiciones para instalar biodigestores termalizados y a temperatura ambiente. se realiza el diseño e instalación de estructuras metálicas estanterías, equipos y cristalería. Se investigan los posibles sitios para realizar la recolección del sustrato.



Figura 14. Estructura metálica

La ubicación de los equipos y mesa de trabajo se detallan en un plano⁴

⁴Ver Anexo 2

CAPITULO III

CÁLCULOS DE CARGA DE LOS BIODIGESTORES

Introducción

Para realizar la carga de los biodigestores, se formulan los cálculos basados en el tamaño de los digestores, el tipo de sustrato a utilizar, el tipo de digestor a ensayar y las variaciones en la temperatura del medio ambiente circundante que se presentan en las instalaciones del laboratorio

3.1 Determinación de la producción de biogás.

La producción de biogás depende de la cantidad y propiedades de la carga de sustrato, de la temperatura del digestor y del tiempo de retención.

3.2 El cieno de fermentación.

Cada material de fermentación o material de carga se compone de:

1. Sustancias sólidas orgánicas,
2. Sustancias sólidas inorgánicas
3. Agua

El biogás es producido por la fermentación del material orgánico. Materiales inorgánicos (minerales y metales) son lastres inprovechables y no son modificados durante el proceso de fermentación.

Con el agua aumenta la fluidez del cieno de fermentación, el cual es importante para el funcionamiento de la planta de biogás. En un cieno de fermentación líquido, las bacterias de metano llegan con más facilidad al material de fermentación fresco. De modo que acelera el proceso de fermentación; por eso, con una agitación periódica se aumenta la producción de gas.

Para cargar los biodigestores, se usaron dos tipos de sustrato: bovino y porcino. Se determina una cantidad de 31.5kg de ambos sustratos ya que esta cantidad

es 1/3 del volumen total del recipiente. Este valor del volumen líquido en galones se convierte en m³ por lo tanto el volumen del digestor se determina de la siguiente manera:

Volumen digestor (VD): 1 galón es igual a 0.00378 m³, entonces 25 gal =VD =
 $0.00378m^3 \times 25g = 0.09m^3$

Nota: 1m³ de volumen es equivalente a 1000 kg de biomasa

Volumen de biogás (Vb): cantidad de sustrato dividido entre el equivalente a 1m³de biomasa. Por lo tanto el V_b a ser igual a:

$$Vb = \frac{31.5kg}{1000m^3} = 0.0315m^3 \quad \text{Ec.1}$$

Considerando que el estiércol tiene un promedio de 20% de materia seca, la proporción de agua y estiércol que se recomienda es de 1:1, esto, para que las bacterias realicen eficientemente el proceso de degradación del sustrato y evitar que el material no se solidifique dentro del digestor.⁵

Volumen del gas (V_b): 0.0315m³

Vg= C_s * factor de producción de biogás⁶ Ec.2

3.3 Tiempo de retención (TR)

Es el lapso durante el cual la carga de sustrato permanece en el digestor. Es el lapso de tiempo que requieren las bacterias para su degradación y realizar la producción del biogás. Etapas que determinan el tiempo de retención. Según la temperatura que hay en el digestor:

1. Fermentación psicrófila: 10-20°C, más de 100 días de retención,

⁵Ver tabla 3

⁶Ver tabla 3

2. Fermentación Mesofílica: 20-35°C, más de 20 días de retención,
3. Fermentación Termofílica: 50-60°C, más de 8 días de retención.

El pH del cieno de fermentación indica si el proceso de fermentación transcurre sin inconvenientes. El valor del pH debe de ser de 7, que es un valor adecuado ya que el cieno de fermentación no debe ser ni alcalino, ni ácido, sino neutro.

3.4 Temperatura:

Como factor influyente en la proliferación de las bacterias causantes del proceso de producción de biogás lo requerido es mantener la temperatura constante. Los factores que influyen positivamente en la producción de gas son: temperaturas de 27 a 33 °C, tiempos de retención entre 27 y 35 días y con una mezcla homogénea del cieno de fermentación. Lo contrario a esto, puede inhibir la producción del metano.

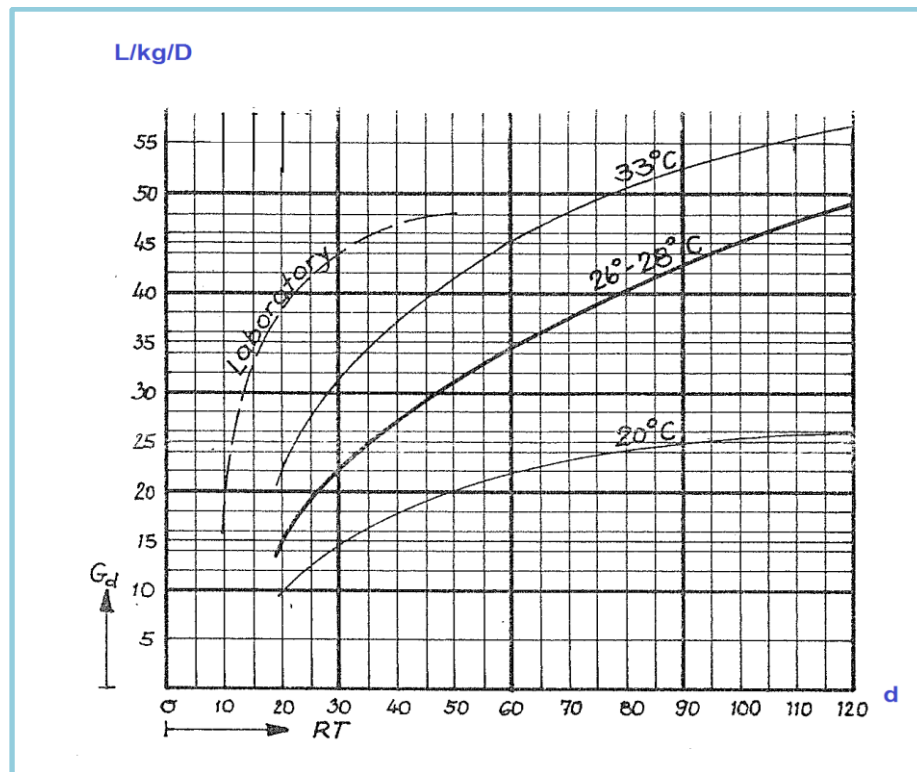


Figura 11. Ganado Vacuno

El gráfico representa, producción de gas con estiércol fresco de ganado vacuno en función del tiempo de retención y de la temperatura del digestor. Las curvas son promedios entre valores de laboratorio y valores de la práctica. Las diferentes cantidades de sólidos en el estiércol, las diferentes clases de forrajes con que son alimentados los animales y los diferentes tipos de plantas causan grandes discrepancias en los valores. Una agitación con regularidad aumenta la producción de gas. La curva 26°-28°C sirve de base para el dimensionamiento en la mayoría de los casos.

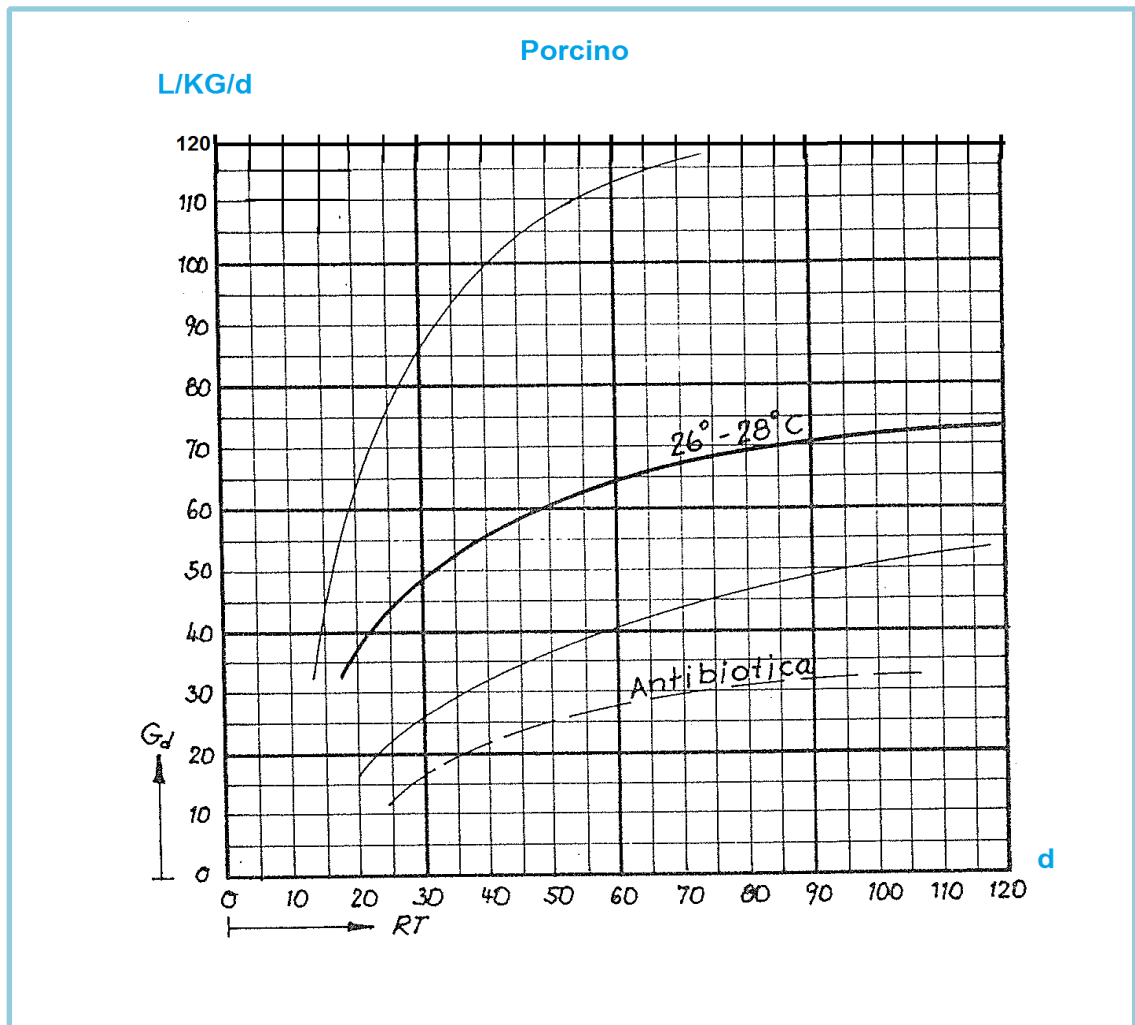


Figura 12. Ganado porcino

El gráfico representa, producción de gas con estiércol fresco de cerdo en función del tiempo de retención y la temperatura del digestor. Las curvas son un promedio entre valores de laboratorio y de la práctica. La discrepancia entre los valores es aún más grande que con el estiércol de ganado vacuno. Grandes diferencias resultan, sobre todo, si los cerdos son engordados empleando suplementos nutritivos. La curva 26°-28°C es un buen punto de partida para planear una planta de biogás.

3.5 Volumen de gas a producir.

Para determinar el volumen de gas que se produce, se debe tomar en cuenta la cantidad de sustrato y agua. Debido a que el sustrato se pesa en kilogramos, el agua en galones, y el resultado que se obtiene es gas, se deben convertir estas cantidades a metros cúbicos. Para lo cual se multiplica la cantidad de sustrato a utilizar por el valor de la producción de gas por tamaño de especie animal.⁷

$$VG = cs * pg$$

Donde

VG = volumen de gas

Cs = cantidad de sustrato

Pg = producción de gas por tamaño de animal

Biodigestor 1: Estiércol de vaca

La cantidad de sustrato suministrado es = 31,5 kg

$$VG \text{ (producido previsto)} = 31,5 \text{ kg} * 0,04 = 1,26 \text{ m}^3$$

⁷Ver tabla 3

Donde 0,04 es el valor de Producción de biogás ⁸

Biodigestor 2: Estiércol de Cerdo

- La cantidad de sustrato suministrado es = 31,5 kg

$$VG \text{ (producido previsto)} = 31,5 \text{ kg} * 0,07 = 2,2 \text{ m}^3$$

Donde 0,07 es el valor de la producción de biogás. ⁹

Biodigestor 3: Estiércol de Vaca

- similar al caso 1, en camisa de agua

Biodigestor 4: Estiércol de Vaca y Cerdo en Codigestión

- La cantidad de sustrato total suministrado fue de 31 kg repartida de la siguiente manera: 15,5 kg de estiércol de cerdo y 15,5 kg de estiércol de vaca

$$VG \text{ (producido)} = (cs * pg)_{\text{cerdo}} + (cs * pg)_{\text{vaca}}$$

$$VG \text{ (producido)} = [(15,5 \text{ kg} * 0,07) + (15,5 * 0,04)]$$

$$VG \text{ (producido)} = 1,749 \text{ m}^3$$

⁸ Ver tabla 3

⁹ Ver tabla 3

Especie Animal	Tamaño	Cantidad de excreta por día (kg)	Producción de biogás (m ³ /kg excreta)	Rendimiento de biogás (m ³ /animal día)	Relación excreta: agua
Vacuno	Grande	15	0,04	0,6	01:01
	Mediano	10	0,04	0,4	
	Pequeño	8	0,04	0,32	
	Ternero	4	0,04	0,16	
Cerdo	Grande	2	0,07	0,14	1:1 a 1:3
	Mediano	1,5	0,07	0,1	
	Pequeño	1	0,07	0,07	
Avícola	Grande	0,15	0,06	0,009	01:03
	Mediano	0,1	0,06	0,006	
	Pequeño	0,05	0,06	0,003	
Ovino	Grande	5	0,05	0,25	1:2 a 2:3
	Mediano	2	0,05	0,1	
	Pequeño	1	0,05	0,05	
Pato		0,15	0,05	0,008	1:2 a 2:3
Paloma		0,05	0,05	0,003	2:3 a 1:3
Caballo		15	0,04	0,6	1:2 a 2:3

Tabla 3. Volumen de gas

3.6 Determinación del Poder Calorífico Inferior (PCI)

Para determinar el Poder Calorífico Inferior del biogás, (PCI_b) se hace uso del calorímetro de Junkers. Esta práctica se realiza a una distancia de 2 cm por encima del mechero de Bunsen, en donde se coloca un matraz aforado, conteniendo 5 litros de agua con un termómetro en su interior, el cual, mide la variación de temperatura desde el comienzo del ensayo hasta el final del mismo. Se efectúa tanto con el Gas Licuado de Petróleo como en el Gas Metano (gas de poder calorífico conocido y biogás). La repetición de las condiciones de ambos ensayos garantiza y posibilita que el rendimiento de la combustión sea igual en ambos casos. Esta igualdad en los rendimientos de la combustión se utiliza para relacionar ambos ensayos y calcular así el poder calorífico del biogás en estudio.

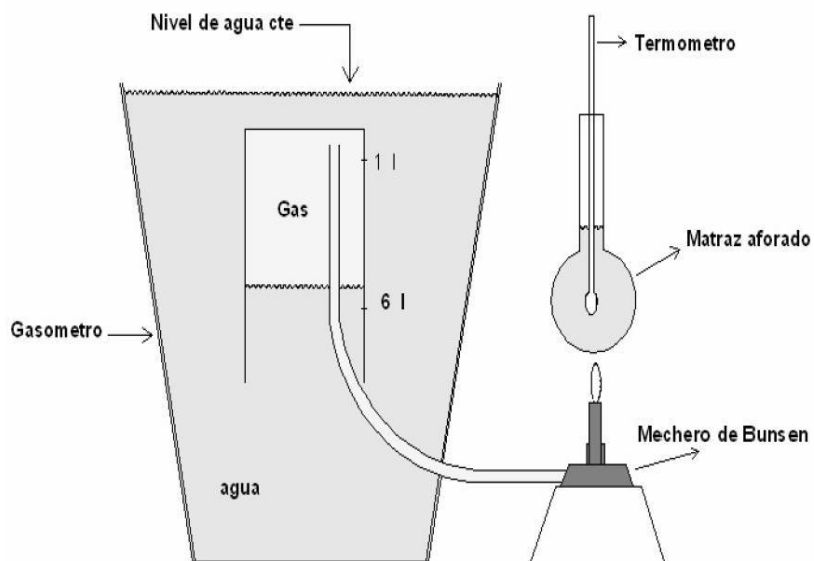


Figura 13. Modelo calorimétrico Junkers

3.7 PCI biogás

Para realizar el cálculo del PCI de la muestra obtenida del biogás, se debe tomar como referencia un gas con PCI conocido y se selecciona para los ensayos un tanque de 25 libras de TROPIGAS, cuyo poder calorífico inferior es certificado por la agencia de venta y distribución de este producto¹⁰.

Temp. amb.°C	P atm mm de Hg	P. manométrica cm de agua	Volumen inicial litros	Volumen final litros	Temperatura inicial agua °C
28	750	12	5	1	23,7

Tabla 4. Condiciones de ensayo

El valor de 12 cm de columna de agua como presión manométrica es el promedio entre la presión del gas en el inicio de la combustión y la presión al final.

Masa molar:

Se necesita calcular la masa molar del biogás y la masa molar del gas licuado para poder determinar el poder calorífico que se obtiene de cada uno de ellos. Para calcular la masa molar usaremos la siguiente ecuación:

$$\text{Para Mb: } Mb = \frac{m PV}{RT} \quad \text{Ec.4}$$

Dónde:

Mb: es la masa del gas

m: masa molecular del gas

¹⁰ Ver anexo Datos de referencia de agencia TROPIGAS.

¹¹ Ecuación obtenida de internet

V: volumen

T: temperatura

R: constante universal de los gases

P: es la presión absoluta

Poder calorífico (PCI):

El cálculo del PCI se podrá determinar con el uso de la siguiente tabla, la cual muestra el tiempo y la temperatura que se obtuvieron en las pruebas realizadas, esto servirá para poder determinar el PCI. Se indican los valores promedio de temperatura final del agua, de variación de temperatura T (con relación a la temperatura inicial del agua de 28 °C) y de duración del ensayo para los 2 gases (biogás y GLP).

Biogás			GLP		
Tf °C	ΔT °C	Duración en segundos	Tf °C	ΔT °C	Duración en segundos
45.6	17.6	435	76.2	48.2	510

Tabla 5. Comparación tiempo y temperatura Biogás vs GLP

Tabla de densidad	
Densidad de GLP	1.7162 de kg/m ³
Densidad de biogás	1,08 kg/m ³

Tabla 6. Densidades¹²

¹² Datos obtenidos de internet

A continuación se calculará el calor entregado por el GLP al quemarse (Q_{GLP}), que será igual al producto de su poder calorífico (P_c) multiplicado por su masa M_{GLP} .

Se tomará una densidad del GLP D_{GLP} 1.7162 de kg/m^{313}

Para esto se utiliza la siguiente formula:

$$Q_{GLP} = \frac{PCI * M_{GLP}}{D_{GLP}} \quad Ec.5$$

Donde:

PCI = Poder Calorífico Inferior

M_{GLP} = Masa del Gas Licuado de Petróleo

D_{GLP} = Densidad del Gas Licuado de Petróleo

Después de calcular el poder calorífico de un gas, será necesario determinar el calor que recibe el agua contenida en el matraz, esto se determinará mediante la fórmula:

$$Q_{aGLP} = m * c_e * \Delta T \quad Ec.6$$

Donde:

m = masa

c_e = es el calor específico

ΔT = variación de temperatura

Rendimiento

¹³Ver tabla 6

Una vez determinada la cantidad de calor recibido por el agua, es necesario determinar el calor que es aprovechado por el agua, esto sería la utilidad del gas, que se determina como rendimiento, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

Dónde:

Q_{GLP} = Calor recibido por la matraz del Gas Licuado de Petróleo

Q_{GLP} = Calor entregado por el Gas Licuado de Petróleo

$$\text{Rendimiento} = \frac{Q_{aGLP}}{Q_{GLP}} \quad \text{Ec.7}$$

Mediante el despeje de la ecuación 8 se determina el calor que entrega el biogás al quemarse, en función del rendimiento de GLP y se obtiene la siguiente ecuación lo cual nos permitirá conocer el calor que entrega el biogás.

Dónde:

Q_b = Calor entregado por el biogás.

Q_{ab} = Calor recibido por la matraz del biogás.

$$Q_b = \frac{Q_{ab}}{\text{Rendimiento}} \quad \text{Ec.8}$$

Una vez obtenido los valores de calor entregado por el biogás se realiza un despeje en la Ec. 10, para obtener la ecuación que permita brindar el valor del poder calorífico del biogás.

$$Q_b = \frac{p_{ci \text{ biogás}} \cdot M_b}{D_b} \quad \text{Ec.9}$$

$$P_{ci \text{ biogás}} = \frac{Q_b \cdot D_b}{M_b} \quad \text{Ec.10}$$

Dónde

$P_{ci \text{ biogás}}$ = poder calorífico inferior del biogás

Q_b = Calor entregado por el biogás.

Q_{ab} = = Calor recibido por la matraz del biogás

M_b = Masa del biogás

D_b = Densidad del biogás

3.8 Cálculos de carga de los Biodigestores:

Se inicia por calcular la masa del biogás, para lo cual se utiliza la $V = 5$ litros de agua

$T = 28 \text{ °C} = 301.15 \text{ °K}$.

$P_{atm} = 750 \text{ mm de Hg} = 1.0201 \text{ kg/cm}^2$

$P_{manométrica} = 12 \text{ cm de agua} = 0.01 \text{ kg/cm}^2$

$R = 8.314472 \text{ kg m}^3 / \text{ k mol}$

$P = \text{presión atm.} + \text{Pres. Manométrica} = 1,031625 \text{ kg /cm}^2$

$m = 16,04 \text{ kg / k mol}$

Luego, se utiliza la (Ec.4) para encontrar la masa del biogás (M_b):

$$M_b = \frac{(16.04)(1.031)(5)}{(8.314)(301.15)}$$

$$M_b = \frac{(16.547)(85)}{2503.881}$$

$$M_b = 0.0334 \text{ Kg}$$

3.9 PCI GLP

Se calculará la masa del GLP, teniendo en cuenta que ambos gases se trabajan con las mismas condiciones, entonces se ocupará la Ec.4 la cual usamos para calcular la masa del biogás, aplicando los datos que tenemos para el GLP.

Dónde:

$$m_{\text{GLP}} = 49 \text{ kg/mol}$$

$$M_{\text{glp}} = \frac{(49)(1.031)(5)}{(8.314)(297.8)}$$

$$M_{\text{glp}} = \frac{(252.748)}{(2476.049)}$$

$$M_{\text{glp}} = 0.1021 \text{ Kg}$$

Se determina el poder calorífico de del GLP, mediante el uso de la Ec.5

Donde:

PCI= Poder calorífico

M_{GLP} = Masa del GLP

D_{GLP} = Densidad del GLP

$$Q_{\text{glp}} = \frac{(24 \text{ kcal/m}^3)(0.102077) \text{ kg}}{1.7162 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_{\text{GLP}} = 148.279\text{kcal}$$

Primero se calcula el calor entregado por el Gas Licuado de Petróleo (GLP) al quemarse, el agua contenida en el matraz de 1 litro recibe una parte de ese calor. El calor recibido por el agua (Q_{ai}) se calcula de acuerdo a la ecuación fundamental de la calorimetría:

Entonces:

$$Q_{\text{aGLP}} = (1 \text{ kg})(1 \text{ kg/kg } ^\circ\text{C})(48.2^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{aGLP}} = 48.2\text{Kcal}$$

De todo el calor entregado por el GLP al quemarse, solo una parte es aprovechada por el agua, el resto se pierde o desaprovecha. Se puede calcular entonces el rendimiento de ésta combustión usando la Ec.7:

Rendimiento =

$$\text{Rendimiento} = \frac{48.2 \text{ Kcal}}{148.279 \text{ Kcal}}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.294$$

$$\text{Rendimiento gas referencia} = 0.294 \approx 29.4 \%$$

Este rendimiento al quemar el GLP, se supone que es el mismo al quemar el biogás, ya que las condiciones en ambas combustiones son iguales (presión y temperatura del gas, presión y temperatura ambiente, ubicación relativa entre el mechero y el matraz, etc.). A partir de esta información, se inician los cálculos de los parámetros del biogás.

Al quemarse el biogás, el agua contenida en el matraz de 1 litro recibe una parte de ese calor. El calor recibido por el agua Q_{ab} se calcula de acuerdo a la

ecuación fundamental de la calorimetría, para lo cual se usa la Ec.6 aplicada al biogás:

$$Q_{ab} = m * c_e * T$$

$$Q_{ab} = (1 \text{ kg})(1 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C})(17.6^\circ\text{C})$$

$$Q_{ab} = 17,6 \text{ Kcal}$$

El calor entregado por el biogás al quemarse Q_b , se calcula en función del rendimiento de la combustión y del calor recibido por el agua Q_{ab}

$$Q_b = \frac{17.6 \text{ Kcal}}{0.294}$$

$$Q_b = 59.86 \text{ Kcal}$$

El calor entregado por el biogás al quemarse Q_b , será igual al producto de su poder calorífico PC_b multiplicado por su masa M_b . Se tomará una densidad del biogás D_b de $1,08 \text{ kg/m}^3$.¹⁴

$$\text{PCI biogas} = \frac{(56.86 \text{ Kcal})(1.08\text{kg/m}^3)}{0.0334\text{kg}}$$

$$\text{PCIbiogas} = 1935.59 \text{ kcal/m}^3$$

¹⁴ Ver tabla 6

3.10 Conclusión

En las pruebas realizadas de los sustratos con los que se trabaja, se determina, que el gas que se obtuvo tanto del sustrato de ganado vacuno como el sustrato en codigestión (cerdo y vaca), no alcanzan el valor promedio del poder calorífico que se encuentra en el gas butano propano, y se encuentra por debajo del rango promedio de resultados obtenidos en otros laboratorios de biomasa. El valor aproximado que se debe alcanzar en el gas butano-propano es de 4600 Kcal/m³.y el obtenido en biodigestores es de 1935.59kcal/m³, comparando el valor alcanzado por el biogás con el valor del gas referencia se puede determinar que es un gas con bajo poder calorífico.

En esta problemática incidieron dos factores fundamentales, que redujeron la calidad del biogás, estas son: Las condiciones climáticas y la calidad del sustrato.

El clima: Mediante el período de retención, fue un período muy lluvioso y de clima muy frío, lo cual no permitió tener los biodigestores a temperatura estable, que no se alcanzaron los rangos ideales para la producción de biogás.

El sustrato: La calidad del sustrato, es un factor determinante en la producción de biogás. Cuando los animales son medicados tiende a ser un factor que inhibe la producción, ya que las bacterias que se encargan de producir el biogás, pueden ser afectadas por los diversos medicamentos que están ingiriendo los animales, y tienden a ser un inhibidor en la producción de bacterias.

CAPÍTULO IV

SELECCIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE BIODIGESTORES

Introducción

En este capítulo se describe el procedimiento que se realiza para seleccionar el tipo de digestores a utilizar en el laboratorio de biomasa de la F.T.I. la manera en que se diseñan según el espacio de trabajo, el proceso de construcción e instalación de los mismos, así como la carga de los recipientes y la manera en que se realiza el mantenimiento preventivo, diario y correctivo de los sistemas de Biodigestión.

4.1 Recopilación de información.

Para la recopilación de la información se requerirá de los siguientes elementos:

1. Determinación del tipo o los tipos de sistema que se va a construir.
2. Realizar cálculos en base a la demanda de biogás necesaria para realizar el trabajo de experimentación.
3. Determinar los materiales para la construcción de los digestores.
4. Establecer los tipos y cantidades de herramientas que se requieren para la construcción de los biodigestores.
5. Ubicación esquemática de los equipos dentro del laboratorio

4.2 Selección de los Biodigestores.

Para seleccionar el tipo de biodigestor a utilizar en el laboratorio, se toma en consideración el tamaño del local, la temperatura ambiente del área, el espacio y ubicación de los equipos y dispositivos a instalar.

Se seleccionan los digestores tipo Bachtpor la facilidad de construcción de los mismos, sencillez en el proceso de alimentación, digestión y por la facilidad que implica el proceso de carga, descarga y mantenimiento general. Otro factor muy importante es lo económico que resulta su construcción.

Una vez diseñado y acondicionado el espacio para la instalación del laboratorio, se procede a la construcción de estructuras metálicas, estanterías y simultáneamente se inicia la construcción de 5 biodigestores en dos diferentes modalidades dos biodigestores están diseñados para funcionar con camisas de agua, es decir termalizados, (se colocan dentro de tanques de agua a temperatura controlada). Los 3 restantes trabajan a temperatura ambiente.

4.3 Dimensionamiento de los Biodigestores

El tamaño de los biodigestores está dado por el volumen de los recipientes que se utilizan, en este caso se utilizaron 5 recipientes de 25 galones cada uno.

El dimensionamiento de un sistema de Biodigestión para la producción de biogás, se basa en realizar los cálculos conforme a la cantidad de biomasa que se posee para producir la cantidad de gas requerido. Para tal efecto se toman en consideración varios factores que ayudan a determinar la producción del biogás, con lo cual se puede realizar los trabajos de experimentación.

Para determinar el tamaño de los biodigestores que se utilizaron para el proyecto, se tomaron en cuenta ciertos criterios tales como, el tipo de recipiente existente en el mercado local. También se consideraron los tipos de accesorios para las diversas variedades de recipiente, los pegamentos, PVC, selladores, aislantes, termómetros, manómetros, etc.

Otro factor que se observó fue el tamaño del local donde se encuentran actualmente los digestores, ya que en base a medidas del sitio, así se realizaron los cálculos tanto para el soporte de los digestores como para la mesa de trabajo.

Para hacer los dos digestores termalizados se utilizaron dos recipientes plásticos de boca ancha con capacidad de 55 galones, estos se llenaron de agua y es ahí

donde se colocaron los digestores, con sus respectivos calentadores para lograr la temperatura requerida.

4.4 Determinar los tipos de biomasa a utilizar

Al inicio de este proyecto el propósito era utilizar como sustrato para carga de los biodigestores, los residuos de alimentos de los mercados de Managua, tomando como proyecto piloto el Mercado Mayoreo. Dado que las gestiones no fueron concretizadas con la administración de dicho mercado, se decide utilizar otros tipos de biomasa como son los desechos sólidos de vaca y cerdo. El estiércol de vaca se obtuvo en una finca del municipio de Tipitapa, el estiércol de cerdo fue facilitada por la Facultad de Ciencias Animales (FACA) de la Universidad Nacional Agraria(UNA). El interés en utilizar estos sustratos se debe a que sus compuestos orgánicos tienen presencia de bacterias capaces de realizar la digestión anaeróbica la cual es responsable de realizar la producción del biogás.

4.5 Proceso de construcción del biodigestor tipo Batch

- a) Se perfora un orificio para la alimentación del digestor en la parte superior del tanque, de dos pulgadas. de diámetro.

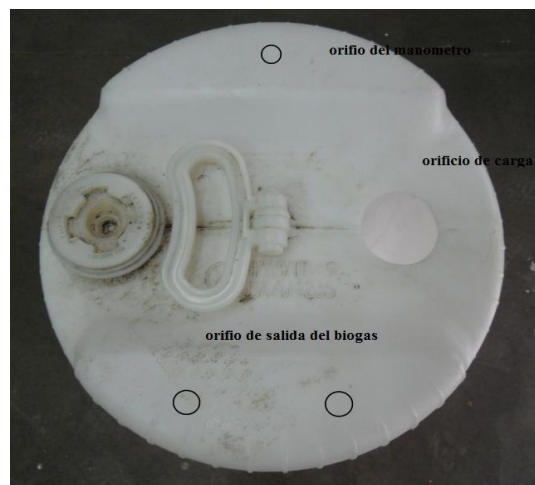


Figura 14. Orificios superiores

- b) Se realiza un orificio de salida para el drenaje de lodos de dos pulgadas de diámetro, para poder evacuar los sólidos que se forman en la parte inferior del digestor.



Figura 15. Orificios de descarga

- c) Se realiza un orificio para conectar el manómetro que va a permitir tomar mediciones de la presión dentro de los biodigestores.
- d) Se realizan dos perforaciones de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro para la recirculación del biogás para reactivar el sustrato en fermentación. De este mismo punto, se saca la tubería donde se cargan los gasómetros de neumático. Este tubo es de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro y lleva una válvula de apertura y cierre que permite el paso a conveniencia del gas metano.



Figura 16. Recirculación del biogás

- e) Se perfora otro orificio para drenar el biol de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en los $\frac{2}{3}$ " de longitud del recipiente, de forma perpendicular al mismo.



Figura 17. Drenaje del biol



Figura 18. Biodigestor a temperatura ambiente

4.6 Construcción de Biodigestores termalizados.

El biodigestor Bacht en camisa de agua se ha construido de la misma manera que los biodigestores a temperatura ambiente pero con algunas variantes, las cuales se mencionan a continuación:

- a) Los digestores termalizados se introdujeron en tanques de 55 galones de capacidad, lo cual permite que tengan suficiente espacio para cubrir con agua el digestor de Bacht. Esta camisa de agua, se procura mantener a una temperatura controlada de aproximadamente 37 °C con calentadores de peceras.
- b) Se ha eliminado la salida de drenaje de 2" de evacuación de lodos del digestor, por problemas de filtraciones.

- c) La toma de drenaje del biol de $\frac{1}{2}$ ", se practica a la misma altura que en biodigestor a temperatura ambiente con la variante de que sale perpendicular a los tanques, ya que atravieza también el tanque de almacenamiento de agua

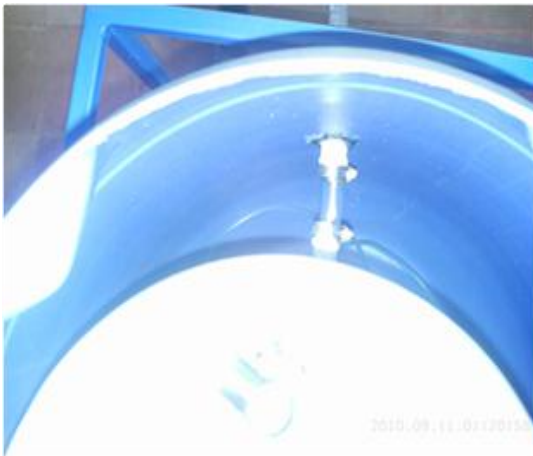


Figura 19. Drenaje del biol parte interna



Figura 20. Drenaje del biol parte externa



Figura 21. Camisa termalizada- interior



Figura 22. Camisa termalizada



Figura 23. Biodigestor encamisado

Una vez terminada la construcción de los biodigestores se realizan las respectivas pruebas, para determinar el correcto funcionamiento de los mismos.

Se presentaron ciertas fugas y fallas en el diseño, las cuales se corrigieron. Una vez corregidos los errores, se realizaron nuevas pruebas y se determina que pueden ser utilizados y se procede a cargarlos.

4.7 Carga de biodigestores

Con respecto a la carga, pueden alimentarse con residuos vegetales, residuos de alimentos procesados, remanentes de comedierías, desechos de productos lácteos, excretas de animales, biomasa natural, etc.

El origen de los sustratos puede ser rural o urbano, de granjas porcinas o de ganado vacuno, pueden ser desperdicios de alimentos o residuos de cocina.

Los residuos que se utilizan para alimentar los biodigestores pueden proceder de las siguientes fuentes:

- a) Animales: Estiércol y orina de ganado vacuno, porcino, equino, gallinaza, etc.
- b) Excretas humanas.
- c) industrias lácteas (Suero lácteo), de hatos (elaboración de queso y yogurt).

Residuos del procesamiento de vegetales.

- a) Residuos industriales orgánicos: de industrias de bebidas (Cervecerías).
- b) de industrias piscícolas, de industrias de papel y textiles (Arcilla blanqueadora).
- d) Biomasa natural: hojas y plantas, aserrín, maderas podridas, etc.
- e) Residuos de alimentos vegetales.

Para la realización del presente proyecto, se realiza la recolección del sustrato de ganado bovino, en una hacienda a las afueras de Tipitapa. El estiércol de cerdo se obtuvo en la Facultad Agraria de Ciencias Animales (FACA), de la universidad nacional agraria (UNA), esto, como parte del apoyo entre las universidades públicas de Nicaragua.



Figura 24. Recolección del sustrato vacuno en Tipitapa

Para realizar la carga de los biodigestores, se deben seguir ciertos procesos como son: realizar cálculos de los tiempos de retención, determinar la temperatura de trabajo, lo cual permita obtener un producto final de calidad. En este caso se determina cargar biodigestores tipo Bacht. A continuación el proceso:

- a) Se calcula la carga de fermentación (cf) que va a utilizar. La carga de fermentación es la proporción que se utiliza de sustrato y agua. Se toman en consideración las dimensiones del digestor y el tipo de sustrato con el que se va cargar, ya que las proporciones entre sustrato y agua varían de 1:1, 1:3, 1:4, etc. Para los digestores del tipo Bacht sólo se calcula la carga de partida y la proporción utilizada para el tipo de sustratos que se maneja. En este caso, se utiliza estiércol de cerdo y estiércol de vaca siendo la proporción agua-excreta de 1:1.
- b) Se debe tener en cuenta que de la capacidad del digestor, la cual se establece de 1/3 del volumen total del recipiente donde se almacena el biogás. Los 2/3 restantes son ocupados por la carga inicial de la mezcla de sustrato y agua.
- c) Una vez calculada la carga de fermentación (Cf), se procede a pesar el sustrato en una báscula.
- d) De forma paralela, se pone la misma cantidad de agua a calentar (lo ideal es que el agua se tibia para introducirla en el digestor, aproximadamente entre los 30 °C - 35 °C).
- e) Una vez calentada el agua, se debe unir el sustrato y el agua tibia en un mismo recipiente para homogeneizar la mezcla e intentar eliminar la mayor cantidad de grumos y trozos grandes de sustrato.

- f) Con la mezcla homogenizada, se carga el biodigestor por medio del tubo de alimentación
- g) Una vez finalizada la carga del biodigestor, se debe higienizar toda la zona de carga, para limpiar los restos de la mezcla que haya quedado fuera del depósito, y los equipos que se han utilizado durante el proceso.
- h) Se debe anotar la fecha y hora de la carga del equipo para la realización del control, y mantenimiento del ensayo.



Figura 25-26. Carga de los biodigestores

4.8 Mantenimiento del Biodigestor

Una vez que los biodigestores se encuentren funcionando, se debe realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, cuando sea necesario. Proceso para realizar el mantenimiento:

- a) Se debe purgar el biodigestor a la semana de haber sido cargado y sellado, para expulsar el oxígeno que quedó encerrado dentro del digestor.
- b) Esperar el tiempo de retención fijado para empezar a evacuar el biogás al gasómetro.
- c) En caso de no tener agitador, agitar periódicamente de forma manual el biodigestor, ya que el sustrato tiende a formar una capa gruesa en la superficie de la mezcla lo que evita el paso del biogás hacia el gasómetro.
- d) Realizar las pruebas del gas metano obtenido en el mechero Bunsen o en la cocina, previamente adaptada.
- e) Analizar pH de la muestra periódicamente para verificar que se está dentro de los rangos óptimos y que el proceso de digestión sea el correcto.
- f) Controlar la temperatura del sustrato, para evitar el descenso o inhibición de la producción de biogás, y el retraso en el tiempo de retención a causa de los cambios térmicos.
- g) Realizar mediciones de la temperatura ambiente, periódicamente, ya que influye en el proceso de digestión anaeróbica.
- h) Extraer el biol para analizar la composición química del mismo.
- i) Se drena el lodo de los biodigestores, abriendo la llave de paso para descargar el efluente sólido, el cual pueda ser usados como fertilizante.

CAPÍTULO V

EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO

Introducción

Además de contar con los biodigestores, las estructuras metálicas y mesa de trabajo, el laboratorio cuenta con equipos y materiales que permiten realizar las investigaciones, ensayos y experimentos, en los diferentes tratamientos a que son sometidos los diversos sustratos.

Lista de equipos construidos y los equipos adquiridos para el laboratorio.

5.1 Equipos construidos:

1. Estructura metálica para los digestores: Estas se construyen para que los digestores puedan reposar sobre una superficie estable, se les coloca rodos, para puedan ser movidos de un sitio a otro de manera fácil.
2. Gasómetros. Recipientes para almacenar el gas metano producido en los biodigestores. También se les conoce como instrumentos para medir el volumen de los gases, o tanque en el que se almacena el gas a presión para el suministro por una red de distribución. Se construyen tres tipos diferentes de gasómetros:

a) Gasómetro de vaso comunicante:

Este fue construido inicialmente para pruebas, pero se determinó que ese modelo no iba a ser útil ya que es muy difícil de manejar.



Figura 27. Gasómetro de vasos comunicantes

b) Gasómetro de campana:

El gasómetro de campana es de funcionamiento muy sencillo. El tanque inferior se llena de agua, lo cual sirve de sello hidráulico, luego se coloca la campana y se procura extraer el total de aire en el interior del recipiente. El gas a almacenar se introduce a través de tuberías y mangueras, por la parte inferior de la campana; al ir aumentando el volumen de gas, en la campana, esta asciende gradualmente, hasta llenarse el recipiente de gas. El movimiento ascensional está dirigido mediante unas guías exteriores que aseguran el correcto movimiento de la campana e impiden oscilaciones indeseadas. Este es muy útil en las pruebas con el calorímetro ya que este se puede conectar con mucha facilidad a los biodigestores y al tanque de gas licuado.



Figura 28. Gasómetro de campana

c) Gasómetros de neumáticos

Este tipo de gasómetro es de neumáticos número 17. Se conecta a la tubería de salida del gas de los biodigestores. Se tienen tres de este tipo, conectados de forma permanente a los biodigestores. Esto facilita el traslado del gas, hacia el gasómetro de campana flotante y realizar las pruebas con mayor facilidad. Una ventaja que resulta de este gasómetro es que es de manejo sencillo y fácil de transportarse si se requiere mover el biogás de un sitio a otro.



Figura 29-30 Gasómetro de neumático

5.2 Equipos adquiridos:

- a) Tanque de gas
- b) Phmetro
- c) Báscula digital de hasta 100 kg marca Kern, la cual permite obtener el peso preciso del sustrato a utilizar.
- d) Termómetro digital marca Martini, este termómetro cuenta con una sonda, que permite medir la temperatura en el interior del digestor directamente en el sustrato.

e) Resistencias de pecera para los digestores termalizados, las cuales proporcionan temperatura de rango máxima de 50 °C, esto permite una temperatura estable y no fluctuante dentro de los tanques de agua.

f) Mechero bunsen

Un mechero o quemador Bunsen es un instrumento utilizado en laboratorios para calentar o esterilizar muestras o reactivos químicos.



Figura 31. Mechero Busen

Fue inventado por Robert Bunsen en 1857 y provee una transmisión muy rápida de calor intenso en el laboratorio. Es un quemador de gas del tipo de pre mezcla y la llama es el producto de la combustión de una mezcla de aire y gas. El quemador tiene una base pesada en la que se introduce el suministro de gas. De allí parte un tubo vertical por el que el gas fluye atravesando un pequeño agujero en el fondo de tubo. Algunas perforaciones en los laterales del tubo permiten la entrada de aire en el flujo de gas (gracias al efecto Venturi) proporcionando una mezcla inflamable a la salida de los gases en la parte superior del tubo donde se produce la combustión, muy eficaz para la química avanzada. El mechero Bunsen es una de las fuentes de calor más sencillas del laboratorio y es utilizado para obtener temperaturas no muy elevadas.

g) Mallas de asbesto

Es una tela de alambre de forma cuadrangular con la parte central recubierta de asbesto, con el objeto de lograr una mejor distribución del calor.

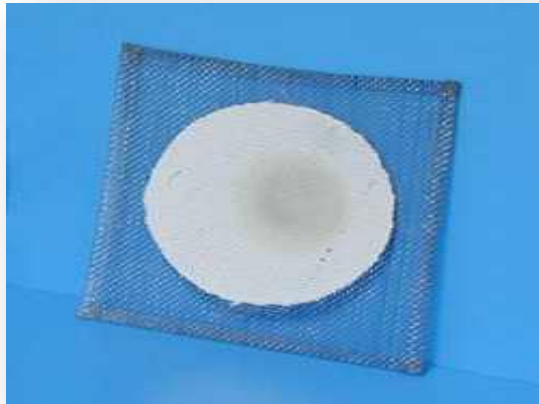


Figura 32. Malla de Asbesto

h) Pinzas para matraz o bureta

Las pinzas de laboratorio son un tipo de sujeción ajustable, generalmente de metal, que forma parte del equipamiento de laboratorio, mediante la cual se pueden sustentar diferentes objetos de vidrio (embudos de laboratorio, buretas...) o realizar montajes más elaborados (aparato de destilación). Se sujetan mediante una doble nuez a un pie o soporte de laboratorio o, en caso de montajes más complejos (línea de Schlenk), a una armadura o rejilla fija.



Figura 33. Pinzas para matraz o bureta

i) Pipetas

La pipeta es un instrumento volumétrico de laboratorio que permite medir alícuota de líquido con bastante precisión. Suelen ser de vidrio. Está formada por un tubo transparente que termina en una de sus puntas de forma cónica, y tiene una graduación indicando distintos valores volumétricos.



Figura 34. Pipetas

j) Erlenmeyers de 450 ml y 300 ml

El matraz o frasco de Erlenmeyer es un frasco transparente de forma cónica con una abertura en el extremo angosto, generalmente prolongado con un cuello cilíndrico, que suele incluir algunas marcas.



Figura 35. Erlenmeyers

Por su forma es útil para realizar mezclas por agitación y para la evaporación controlada de líquidos; además, su abertura estrecha permite la utilización de tapones. El matraz de Erlenmeyer no se suele utilizar para la medición de líquidos ya que sus medidas son imprecisas. Fue creado por el químico Emil Erlenmeyer en 1861.

k) Beakers

Un beaker es un simple contenedor para agitar, mezclar y calentar líquidos de uso común en muchos laboratorios. Los beakers son generalmente de forma cilíndrica, con un fondo plano y el labio de vertido. Muchos de ellos también tienen un pequeño pico para ayudar a verter. Los beakers están disponibles en una amplia gama de tamaños, desde un mililitro hasta varios litros .



Figura 36. Beakers

l) Phmetro:

El Phmetro es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de unadisolución. La determinación de pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. En consecuencia se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio delante el pH. Una celda para la medida de pH consiste en un par de electrodos, uno de calomel (mercurio, cloruro de mercurio) y otro de vidrio, sumergidos en la disolución de la que queremos medir el pH. La varita de soporte del electrodo es de vidrio común y no es conductor, mientras que el bulbo sensible, que es el extremo sensible del electrodo, está formado por un vidrio polarizable (vidrio sensible de pH). Se llena el bulbo con la solución de ácido Clorhídrico 0.1N saturado con cloruro de plata. El voltajeen el interior del bulbo es constante, porque se mantiene el pH constante (pH 7) de manera que la diferencia de potencial solo depende del pH del medio externo. El alambre que se sumerge al interior (normalmente Ag/AgCl) permite conducir este potencial hasta un amplificador.



Figura 37. Phmetro

m) Equipó Orsat

El Aparato de Orsat es un analizador de gases usado para determinar la composición de una muestra de gas. Durante el análisis una muestra es pasada a través de líquidos absorbentes, que remueven componentes específicos. El volumen del gas es medido antes y después de la absorción. La disminución en el volumen del gas representa la cantidad del componente que estuvo presente. Los volúmenes del gas son medidos a temperatura y a presión constante.



Figura 38. Aparato orsat

n) Mufla

Una mufla, en realidad es una cámara cerrada construida con material refractario.



Figura 39. Mufla

Descripción del horno

El horno es de construcción metálica, electro soldado, a partir de chapas y perfiles de acero laminado en frío, con un tratamiento especial anticorrosivo, de gran robustez, con avanzado diseño y protección, con imprimación fosfocromatante y pintura epoxídica de agradables tonos, lo que le confiere una larga vida y un acabado estéticamente agradecido.

Aislamiento

El aislamiento se realiza mediante fibras minerales y cerámicas de baja masa térmica y gran poder calorífico, cuidadosamente dispuestas en estratos para reducir las pérdidas de calor. La puerta es de apertura lateral, con cierre por aldaba, y perfecto ajuste sobre un marco de refractario. En el interior del horno una solera de refractario facilita la colocación de las piezas a tratar y su manejo a altas temperaturas. El perfecto aislamiento conseguido permite un ambiente fresco de trabajo y un gran ahorro energético con consumos muy reducidos.

Se ha previsto la introducción de atmósfera controlada en el horno con chimenea para la evacuación de gases y antorcha de quemado.

Calentamiento

Las resistencias eléctricas están colocadas en los laterales y techo del horno e incorporadas a una masa de hormigón refractario que las protege de la agresión de los posibles gases desprendidos por la carga y las resguarda de golpes y rozaduras durante la carga y descarga. Son de hilo resistor de aleación Cr-Al-Fe y preparadas para ser conectadas a la red de 230/400 V 2 o 3 fases. Los calefactores están ampliamente sobredimensionados para una larga vida.

Control de temperatura

El control de la temperatura está asegurado por un regulador electrónico con visualizador digital. En el cuadro eléctrico que acompaña la serie de estos hornos se instala un temporizador el cual una vez transcurrido el tiempo de tratamiento a la temperatura deseada, proporciona una señal eléctrica para el accionamiento de una alarma acústica y/o luminosa.

El horno se pone en marcha al conectar el equipo y alcanzada la temperatura de consigna, empieza el conteo del tiempo programado, trascurrido el cual se activa una señal de 230V 10A, pero no se apaga el horno, continúa a la temperatura programada. La temperatura se puede programar entre 0 y 1.200°C. La velocidad de subida de la temperatura se puede variar entre el 10 y el 100% de la máxima y el cuadro muestra en todo momento la temperatura del horno. Finalizado el proceso, con el horno a la temperatura deseada, se reinicia las veces que se desee.

CAPITULO VI

GUÍA DE LABORATORIO DE BIOMASA DE LA FTI.

Introducción

Se desarrolla una guía útil al estudiante, cuyo objetivo es facilitar la experiencia en el manejo y experimentación de biomasa, en el laboratorio.

El objetivo principal del laboratorio es instruir al estudiantado en el conocimiento de la biomasa, específicamente en la importancia del biogás. Es necesaria la creación de una guía que sea comprendida y contenga todos los elementos necesarios para un aprendizaje integral del estudiante y facilite al profesor la ejecución del laboratorio.

La guía contiene normas de trabajo del laboratorio, proceso de experimentación, ensayos, la manera de cómo desarrollar las pruebas y la presentación de reportes.

Objetivo general:

Realizar pruebas, ensayos y experimentos, para la obtención de datos, lo cual sirva a la comunidad universitaria en general, al sector agrícola y al sector energético de nuestro país, en la transmisión de los conocimientos adquiridos en el laboratorio, procurando mejor en cada experimento, la calidad del biogás obtenido.

Objetivos específicos:

1. Realizar experimentos con los distintos tipos de sustratos que se puedan adquirir, esto con el fin de mejorar la calidad del biogás que se obtiene de cada prueba.
2. Realizar pruebas para determinar el PCI del biogás que se obtenga.
3. Brindar la información que se obtendrá de los experimentos a los sectores interesados en el estudio del biogás.

4. Realizar pruebas comparativas de butano-propano con respecto a los sustratos con los que se trabaje, esto con el fin de proponer el biogás como una fuente alterna.

6.1 Uso del equipo y material de laboratorio.

1. Garantizar que el equipo de protección adecuado esté disponible.
 - Mascarillas
 - Guantes
 - Gabacha
 - Gorro o casco
 - Botas
2. El alumno deberá leer la guía antes de entrar al laboratorio, a fin de que tenga conocimiento de todas las normas que se deben seguir al momento de realizar las prácticas.
3. Atender las disposiciones del profesor.
4. Cumplir las orientaciones que se indican en la guía de laboratorio.
5. Revisar los equipos del laboratorio cuando se lo asigne el profesor y a la hora de entregarlos a fin de verificar su estado.
6. Llevar ropa y calzado de trabajo adecuados al entrar al laboratorio
7. Tener cuidado con los objetos calientes o corto pulsantes
8. Dejar limpio el espacio y el equipo de trabajo.
9. Entregar informe en tiempo y forma.

6.2 Guía Num.1 de laboratorio

Duración de la práctica: Dos sesiones de 2 horas clase.

Introducción

El biodigestor es un contenedor que produce biogás y biol (abono natural) a partir de material orgánico, principalmente excretas de animales y seres humanos, desperdicios de alimentos, residuos de plantas, animales en estado de descomposición y desechos vegetales. Se trata de un sistema sencillo y económico que recicla los residuos orgánicos convirtiéndolos en energía y fertilizantes para usos agrícolas, ideal para comunidades rurales y países en vías de desarrollo.

Los biodigestores se clasifican en tres tipos, los continuos, semicontinuos y los discontinuos, todos tienen características similares en funcionabilidad, productividad y mantenimiento, aunque difieren en la metodología de construcción.

1. Biodigestores continuos: Este es el tipo de biodigestor que se carga diariamente para la producción de biogás.
2. Biodigestores discontinuos: Este tipo de biodigestor solamente se carga una vez. Es decir con una carga de única de sustrato.
3. Biodigestores semicontinuos: Estos son alimentados diariamente con una carga relativamente pequeña, una limitante importante es la disponibilidad de agua, debido a que la carga debe ser en proporciones de 1:4. Se mezcla una parte del material orgánico por cuatro partes de agua.
4. Termalizados: A estos digestores se les aplica calor, para mantener una temperatura estable y controlada de forma periódica.
5. Biodigestores a temperatura ambiente: son los que quedan trabajando a la temperatura ambiente del sitio donde están ubicados. No requieren de ninguna aplicación de calor.

Objetivos

1. Obtener los conocimientos necesarios para poder generar biogás, mediante el sistema establecido.
2. Poder determinar el Poder Calorífico Inicial (PCI) del biogás obtenido.
3. Hacer pruebas comparativas para determinar el rendimiento del biogás respecto al gas propano-butano.

6.2.1 Procedimiento:

Al llegar al laboratorio el estudiante debe de llevar ropa de trabajo y calzado cerrado. El profesor debe de facilitar el equipo de seguridad y los materiales a utilizar e indicará las partes del biodigestor.

Para poder cargar de sustrato los biodigestores se debe de probar si estos no tienen alguna fuga de aire por alguna de las tuberías, uniones, etc., la forma como saber esto es realizando una inspección con agua y detergente, si se producen burbujas, es porque existe fuga, en este caso se deben sellar debidamente con sellador de PVC, silicón o sellador de techo.

Una vez libre de fugas se procede a cargar con el sustrato, cerrar la llave de descarga y la de salida del afluente, para garantizar el cierre hermético del biodigestor.

Se debe tener en cuenta que, de la capacidad total del digestor, $1/3$ irá destinado al espacio donde se originará el biogás y donde se irá almacenando hasta el traslado del gas a un gasómetro. Los $2/3$ restantes serán ocupados por la carga inicial del digestor (mezcla de sustrato y agua).

Si se va a utilizar sustrato seco, primero se procede a pesarlo, luego se coloca en la mufla y se procede a secarlo, una vez seco, se pesa nuevamente y se obtiene el peso necesario para realizar la prueba.

Luego se mezcla de manera homogénea sustrato-agua en una proporción de 1:1 es decir por 1kg de sustrato por un kilo de agua en volumen. A continuación, se procede a cargar los biodigestores con el sustrato preparado.

Durante el tiempo de retención (25 días mínimo) se debe revisar periódicamente el pH, se comprueba que no existan fugas, en caso contrario se sellan y se verifica que la temperatura permanezca estable.

El proceso que se realiza durante el tiempo de retención, será supervisado por el docente, éste deberá indicar el momento en el que se debe realizar las revisiones y los procedimientos para poder obtener un resultado satisfactorio.

6.2.2 Informe de entrega

Para poder realizar el informe de laboratorio se realizar las siguientes actividades:

1. Peso de la carga del sustrato.
2. Peso de la muestra fresca a utilizar
3. Peso de la muestra a utilizar seca.
4. Calcular el porcentaje de humedad del sustrato.
5. Verificar el pH del sustrato.
6. Determinar la relación agua-sustrato.
7. Comprobar la temperatura ambiente
8. Comprobar la temperatura de los digestores termalizados.
9. Registrar el tiempo el cual se logra obtener biogás.

Se deberá elaborar un informe de las actividades realizadas y responder las siguientes preguntas.

6.2.3 Responder:

1. ¿Qué anomalías se presentaron durante el proceso de revisión de los biodigestores?
2. ¿Con que sustrato se trabajó?

3. ¿Cuál fue la carga de sustrato con la que se trabajó y en que proporciones?
4. ¿Qué cambios de temperatura se presentaron en el sustrato durante el tiempo de retención?
5. ¿Cómo afectan los cambios de temperatura en la producción de gas?

6.3 Guía Núm.2 de laboratorio

Tema: “Gasómetros”

Tiempo: 2 sesiones de 2 horas.

Introducción

Gasómetro

1. Instrumento para medir el volumen de los gases
2. Tanque en el que se almacena el gas a presión para el suministro por una red de distribución.

El laboratorio hay tres tipos de gasómetros de los cuales solo se usarán dos, el de campana flotante y los de neumáticos. El gasómetro de campana es de funcionamiento muy sencillo. El tanque inferior se llena de agua, lo cual sirve de sello hidráulico, luego se coloca la campana y se procura extraer el total de aire en el interior del recipiente. El gas a almacenar se introduce a través de tubería y mangueras, por la parte inferior de la campana; al ir aumentando el volumen de gas, en la campana, esta asciende gradualmente, hasta llenarse el recipiente de gas. El movimiento ascensional está dirigido mediante unas guías exteriores que aseguran el correcto movimiento de la campana e impiden oscilaciones indeseadas. Este es muy útil en las pruebas con el calorímetro ya que este se puede conectar con mucha facilidad a los biodigestores y al tanque de gas licuado.

Los gasómetros de neumáticos.

Estos gasómetros son neumáticos número 17, los cuales están unidos a la tubería de salida del gas en los biodigestores. Se tienen tres de este tipo,

conectados de forma permanente a los biodigestores. Esto facilita el traslado del gas hacia el gasómetro de campana flotante y realizar las pruebas con mayor facilidad. Una ventaja que resalta de este gasómetro es que es de manejo sencillo y fácil de transportar si se requiere mover el biogás de un sitio a otro.



Gasómetro de campana. Gasómetro de neumático.

Objetivos

1. Almacenar el biogás, en los gasómetros.
2. Realizar las pruebas de calorímetro con gasómetros.
3. Realizar adaptaciones a los gasómetros para poder conectarlos con los biodigestores para la experimentación.

6.3.1 Procedimiento

En el tiempo de retención se ponen en marcha los gasómetros, se debe de probar que no tengan alguna fuga por alguna de las juntas, la forma como saberlo es realizando una inspección de agua con detergente, si esta produce

burbujas, es porque hay fuga. Se procede a sellarlas estas utilizando pegamentoPVC, silicón o sellador de techo.

Conectar las mangueras que llevan el biogás a los gasómetros, probar si no hay fugas al abrir las válvulas de paso del gas.

En la segunda sesión conectar los gasómetros al mechero bunsen y a la cocina para realizar los ensayos de calorímetro.

6.3.2 Responder

1. ¿Cuánto tiempo duraron en llenarse los gasómetros?
2. ¿Algún gasómetro presentó fugas? Si hubo algún inconveniente, describirlo.
3. Realizar un informe del trabajo que seefectúa, para poner a funcionar los gasómetros.

6.4 Guía Núm.3 de laboratorio

Tema: “Ensayos y experimentación del biogás”

Tiempo: 2 sesiones de 2 horas.

Introducción

El poder calorífico es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación (quedan excluidas las reacciones nucleares, no químicas, de fisión o fusión nuclear, ya que para ello se usa la fórmula $E=mc^2$).

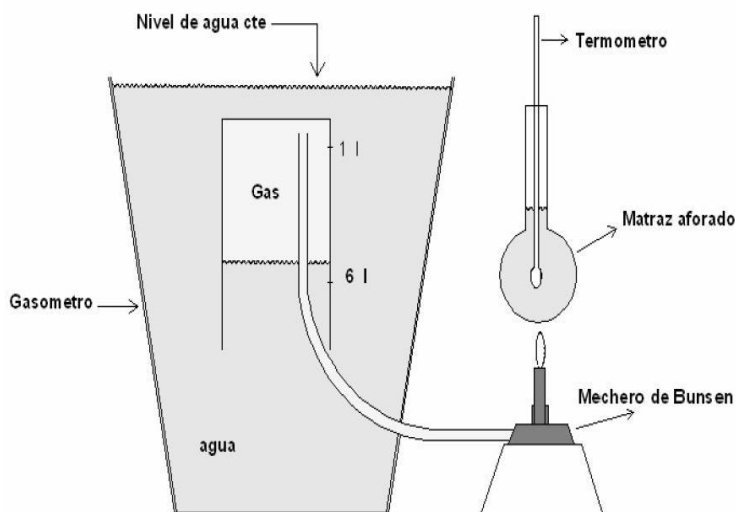
El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente, es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión. La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida.

Objetivos

1. Encontrar el PCI del biogás.
2. Realizar ensayos experimentos con el biogás obtenido.
3. Presentar datos obtenidos de las pruebas realizadas.

6.4.1 Determinación del Poder Calorífico Inferior (PCI)

A continuación, se muestran los cálculos necesarios para obtener el poder calorífico inferior del biogás (PCIb) mediante el uso del calorímetro de Junkers. El experimento se debe realizar tal que: Exactamente a una distancia de 2 cm por encima del mechero de Bunsen se coloca un matraz aforado conteniendo 1 litro de agua con un termómetro en su interior, que mide la variación de temperatura desde el comienzo del ensayo hasta el final del mismo en las 2 experiencias (biogás y gas de poder calorífico conocido). La repetición de las condiciones de ambos garantiza y posibilita que el rendimiento de la combustión (es decir el calor recibido por el agua dentro del matraz dividido el calor entregado por la llama) sea igual en ambos casos. Esta igualdad en los rendimientos de la combustión se utilizará para relacionar ambos ensayos y calcular así el poder calorífico del biogás obtenido. En la figura se observa un esquema de la disposición de los equipos y elementos mencionados anteriormente:



Modelo calorímetro Junkers.

6.4.2 PCI biogás

Se realizará el cálculo del PCI de la muestra del biogás que se obtuvo, teniendo como referencia un gas con PCI conocido. Bien, para la realización de los ensayos se usó como gas de referencia un tanque de 25 libras cargada con GLP (gas licuado de petróleo), cuyo poder calorífico inferior (certificado por la envasadora de gas y coincidente con la bibliografía encontrada) de:

Llenar tabla

Temp. amb. °C	P atm mm de Hg	Presión manométrica cm de agua	Vol. inicial litros	Vol. final litros	Temperatura inicial agua °C
	12 cm				

Condiciones de ensayo.

El valor de 12 cm de columna de agua como presión manométrica es el promedio entre la presión del gas en el inicio de la combustión y la presión al final. Primero se calcula la masa de biogás contenida en los 5 litros:

Para:

V =

T =

P.atm=

P. manométrica=

R=

P =

m =

A continuación se usa la ley general de los gases para encontrar la masa del biogás (M_b):

$$PV = nRT \text{ (Ley general de los gases)}$$

Para M_b :

$$M_b = \frac{mPV}{RT}$$

Dónde:

M_b: es la masa del gas

m: masa molecular del gas

V: volumen

T: temperatura

R: constante universal de los gases

P: es la presión absoluta

M_b=

6.4.3 PCI - GLP

Para determinar la M_{GLP} , se podrá aplicar la misma fórmula con la que se calculó M_b , ya que se conoce la masa del GLP, se trabaja en las mismas condiciones que el biogás.

Dónde:

$$m = 49 \text{ kg/mol}$$

$$M_{GLP} = \frac{mPV}{RT}$$

$$M_{GLP} =$$

La siguiente tabla muestra el tiempo y la temperatura que se obtuvieron en las pruebas realizadas, esto servirá para poder determinar el PCI. Se indican los valores promedio de temperatura final del agua, de variación de temperatura T (con relación a la temperatura inicial del agua de $^{\circ}\text{C}$) y de duración del ensayo para los 2 gases (biogás y GLP).

Llenar tablas

Biogás			GLP		
Tf $^{\circ}\text{C}$	ΔT $^{\circ}\text{C}$	Duración en segundos	Tf $^{\circ}\text{C}$	ΔT $^{\circ}\text{C}$	Duración en segundos

Tabla 7. Comparación tiempo y temperatura Biogás vs GLP.

A continuación con la Ec.6 se calculará el calor entregado por el GLP al quemarse (Q_{GLP}), que será igual al producto de su poder calorífico (P_c) multiplicado por su masa M_{GLP} .

$$Q_{GLP} = PCI * \frac{M_{GLP}}{D_{GLP}}$$

Donde:

PCI= Poder calorífico

M_{GLP}= Masa del GLP

D_{GLP}= Densidad del GLP

Q_{GLP} =

Primero se calcula el calor entregado por el GLP al quemarse, el agua contenida en el matraz de 1 litro recibe una parte de ese calor. El calor recibido por el agua Q_{ai} se calculará de acuerdo a la ecuación fundamental de la calorimetría:

$$Q_{aGLP} = m * ce * T$$

Dónde:

Ce= es el calor específico

ΔT= variación de temperatura

M= masa

De todo el calor entregado por el GLP al quemarse, solo una parte es aprovechada por el agua, el resto se pierde o desaprovecha. Se puede calcular entonces el rendimiento de ésta combustión:

R=Rendimiento

$$R = \frac{Q_{aGLP}}{Q_{GLP}}$$

Donde:

QaGLP =

QaGLP =

Rendimiento gas referencia

El rendimiento que se obtiene al quemar el GLP, se presume que es el mismo rendimiento que se alcanza al quemar el biogás, ya que todas las condiciones en ambas combustiones son iguales (presión y temperatura del gas, presión y temperatura ambiente, ubicación relativa entre el mechero y el matraz, etc.). A partir de esta hipótesis se comienza el cálculo de los parámetros del biogás.

Biogás: Al quemarse el biogás, el agua contenida en el matraz (1 litro) recibe una parte de ese calor. El calor recibido por el agua Qab se calcula de acuerdo a la ecuación fundamental de la calorimetría:

$$Q_{ab} = m * c_e * T$$

$$Q =$$

El calor entregado por el biogás al quemarse Qb, se calculará en función del rendimiento de la combustión y de Qab:

$$Q_b = Q_{ab} / Rend$$

Qb =

El calor entregado por el biogás al quemarse Qb, será igual al producto de su poder calorífico Pcb multiplicado por su masa Mb. Se tomará una densidad del biogás Db de 1,08 kg/m³¹⁵.

¹⁵ Ver tabla 6

De esta igualdad se despeja la incógnita, para obtener el poder calorífico del biogás

$$P_{cb}: Q_b = p_{cibio\acute{g}as} * M_b / D_b$$

$$P_{ci\ biog\acute{a}s} = Q_b * D_b / M_b$$

$$P_{cibio\acute{g}as} =$$

$$P_{cb} =$$

Llenar los datos faltantes en la tablas y en las formulas.

Hacer 3 experimentos para mayor confiabilidad de los datos

➤ **Conclusión de las prácticas**

Conclusión

Con el presente trabajo se logran cumplir con los objetivos planeados al inicio de este proyecto como es el de diseñar, montar e instalar el laboratorio de biomasa donado por la Universidad Carlos III de Madrid para la F.T. I. consistente en la construcción de digestores anaeróbicos, con un esquema para la construcción, de forma sencilla de biodigestores tipo Bacht, los cuales facilitan a los estudiantes el entendimiento y la práctica en la generación de biogás.

Se acondiciona el espacio físico donde se ubica el laboratorio, se lava y limpia el sitio, se coloca cielo falso, se pinta el local, se coloca una ventana de vidrio, se construye la mesa de trabajo y los estantes donde reposan los digestores y se define el espacio para almacenamiento de equipos.

Se realizan pruebas en el sistema de análisis de las muestras de sustrato y el gas obtenido. De los resultados adquiridos se concluye que el biogás generado es de bajo rendimiento, se dedujo que el problema pudo originarse por el tipo de alimentación que se les dio a los animales, y que estos, estaban siendo medicados al momento de la recolección del sustrato.

Referente al proceso y las pruebas realizadas se obtuvieron datos tanto positivos como negativos ya que se presentaron problemas con respecto a la temperatura ambiente y dentro de los digestores ya que se dio la inhibición del proceso de producción de metano en uno de ellos.

Se realiza el diseño e instalación de los componentes del laboratorio de biomasa para su funcionalidad, se construyeron tres diferentes tipos de gasómetros, ya que se requería de seleccionar el más adecuado y que

cumpliera los requerimientos que exige el espacio limitado con el que cuenta el laboratorio, también se construye un manómetro de agua.

Mediante el estudio de este trabajo se pueden determinar nuevos procesos, los cuales ayuden a facilitar las actividades a desarrollar en el laboratorio.

Se elabora una guía de laboratorio, con la cual se podrán obtener datos de los sustratos con los que se trabaja, para conocer el rendimiento y la calidad del biogás obtenido.

Recomendaciones

A continuación se proponen varias recomendaciones, las cuales permiten mejorar las condiciones de trabajo en el laboratorio, así como la adquisición de equipos para brindar un mejor desarrollo en los ensayos que se lleven a cabo:

- 1- Implementar el uso de equipos que permitan, emitir datos fiables. Se sugiere se compren manómetros, termómetros, calentadores de agua, con el fin de llevar un mejor control en el estado de los sustratos en el tiempo de retención, esta modificación alertaría de anomalías del proceso durante esta etapa.
- 2- Se recomienda trabajar con nuevos tipos de sustratos acorde con las posibilidades del laboratorio, tales como residuos del comedor, lodos de los mercados, los cuales brindarían una ampliación en la base de datos de las investigaciones elaboradas en el laboratorio.
- 3- Investigar las condiciones médicas en las que se encuentran los animales antes de realizar la recolección de los sustratos.
- 4- Capacitar personal tanto docente como estudiantes, que realicen trabajos en el laboratorio, en los diversos procesos que se lleven a cabo de manera periódica, para actualizarles con los avances tecnológicos que se estén desarrollando.
- 5- Se sugiere un cambio de local el cual permita un crecimiento del laboratorio, con esto se podría hacer una mejor distribución de las áreas de trabajo para evitar los riesgos laborales, que puedan ocurrir en el momento de realizar los experimentos.
- 6- Llevar a cabo estudios en diferentes regiones del país, con el objetivo de clasificar los diversos tipos de sustratos por zonas, en las cuales se puedan aprovechar los recursos en generación de biogás.
- 7- Se recomienda seguir normas de seguridad utilizadas por Empresa distribuidoras de Gas Licuado de Petróleo.¹⁶

¹⁶Ver Anexo III

Bibliografía:

- 1- Francisco Javier Luis Rodríguez (2010).Puesta en marcha de un Laboratorio para la producción de Biogás en Nicaragua. Monografía.
- 2- Instituto de Investigaciones Científicas del Biogás de Chengdu, China. Diseño y construcción de digestores de biogás en las zonas rurales de la China. Segunda parte.
- 3- Ludwig Sasee (1984).La planta de biogás .GTZ.
- 4- Difusión de la Tecnología del Biogás en Colombia. Documentación del Proyecto. Cali 1987. GTZ y OEKOTOP.
- 5- Universidad nacional del nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas (2006).Biogás e Isobutano: análisis comparativo de una propiedad termodinámica.
- 6- OLADE (1997).Energía y desarrollo sustentable en américa latina y el caribe: enfoques para la política energética.
- 7- Proyectos de Biomasa, Chile (2007). Comisión Nacional de Energía-GTZ.
- 8- Leonardo Mayorga.Energía de biomasa situación y perspectiva futura, Nicaragua.

Información obtenida a través de páginas Web.

- 1- Conceptos varios. Wikipedia **es.wikipedia.org**.
- 2- Fermentación anaerobia conceptos, gráficos.
http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.66.01.21_1r.html
- 3- Biomasa información varia.
www.agenciaandaluzadelaenergia.es/.../energia-biomasa-biogas
- 4- Biogás información varia.
www.oni.escuelas.edu.ar/2004/san_juan/712/biomasa_y_biogas.htm
- 5- Biodigestor: Construcción y Diseño de un Biodigestor "Media Bolsa".
www.ruralcostarica.com/biodigestor-2.htm
- 6- Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizantes a partir de excretas.
www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/04-biodigestores.pdf
- 7- Biodigestor tipo batch.
<http://energiacasa.wordpress.com/2010/01/23/biodigestor-de-bidon-pautas-de-uso/>
- 8- Biodigestor tipo batch.
http://www.informecorrientes.com/vernota.asp?id_noticia=15523
- 9- Biodigestor de compañía licorera de Nicaragua.
<http://www.grupopellas.com/Notipellas/old/Marzo/rsc.html>
- 10-Gasómetro <http://anajesusa.wordpress.com/2007/06/22/biodigestor-casero/>

11-Utensilios de laboratorio y su importancia - Documentos

www.buenastareas.com › Ciencia

12-Instrumentos de Laboratorio

www.fullquimica.com/2010/10/instrumentos-de-laboratorio.html

13-Aparato de orsates.scribd.com/doc/51767046/APARATO-DE-ORSAT

14-Guía de la Práctica de Análisis Orsat

www.unet.edu.ve/~rarevalo/Documentos/ANALISIS%20ORSAT.pdf

Procedimientos en Microbiología Clínica Recomendaciones de la
Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica

Editores: Emilia Cercenado y Rafael

[Antónhttp://www.seimc.org/documentos/protocolos/microbiologia/cap16.htm](http://www.seimc.org/documentos/protocolos/microbiologia/cap16.htm)

ANEXOS

ANEXO 1



**FORMULARIO DE SOLICITUD DE AYUDAS PARA ACCIONES DE COOPERACIÓN AL
DESARROLLO DE LA UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

III CONVOCATORIA - 2009

1. RESUMEN DEL PROYECTO	
Solicitante: Antonio Aznar Jiménez	
Título del proyecto: Construcción de un digestor anaerobio para la producción de BIOGAS y reaprovechamiento de los residuos orgánicos de mercados.	
Breve descripción del proyecto: Apoyo técnico y económico para la construcción de una instalación experimental para estudiar el proceso de digestión anaerobia de residuos orgánicos de mercados.	
Modalidad: a. <input checked="" type="checkbox"/> Proyectos de Cooperación Universitaria con países de menor nivel de desarrollo. b. <input type="checkbox"/> Proyectos de Cooperación al Desarrollo en PVD c. <input type="checkbox"/> Proyectos Sensibilización y de Educación para el Desarrollo dirigidos a la comunidad universitaria	
Fecha de inicio del Proyecto: 1 de mayo de 2009	Fecha de fin del Proyecto: 1 de mayo de 2010
Lugar de realización del Proyecto: UC3M-Madrid y UNI en Nicaragua	
Contraparte: Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua (UNI)	
Coste total del Proyecto:	10.000 euros
Ayuda solicitada a la UC3M:	10.000 euros
Otras contribuciones: <i>(especificar importe y entidad que aporta la ayuda)</i>	

FIRMA DEL /LA SOLICITANTE

En Leganés a 16 de abril de 2009

Firma del responsable del proyecto

Sra. Vicerrectora de Igualdad y Cooperación de la Universidad Carlos III de Madrid

2. DATOS DEL SOLICITANTE	
Nombre y Apellidos del responsable del proyecto: Antonio Aznar Jiménez	
Dirección: Universidad Carlos III, Campus de Leganés	NIF: 50799386E
Localidad:	CP:
Teléfono: 91.624.94.66	Correo electrónico: antonio.aznar@uc3m.es
Teléfono UC3M:9466	Correo electrónico UC3M:
Vinculación con la UC3M: PDI <input checked="" type="checkbox"/> PAS <input type="checkbox"/> Estudiante 1 ^{er} /2 ^o ciclo <input type="checkbox"/> Estudiante 3 ^{er} ciclo/Doctorando <input type="checkbox"/>	
Relación con la Universidad o cargo que desempeña: (para PDI/PAS) PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	
Estudios que realiza: (para estudiantes; indicar curso actual, titulación, etc)	

Miembros de la UC3M que participan en el proyecto			
Nombre y Apellidos	PAS /PDI /Estudiante	Estudios / Puesto	Función en el proyecto (viaje, coordina, trabajo en UC3M...)
Antonio Aznar Jiménez	PDI	Titular	Coordinador
Mónica Chinchilla Sánchez	PDI	Titular	Trabajo en la UC3M
Sergio Sánchez Delgado	PDI	Ayudante	Trabajo en la UC3M

¿Los participantes tienen experiencia en programas o proyectos de cooperación al desarrollo? o tienen alguna formación específica en este ámbito?
<p>Antonio Aznar Jiménez</p> <p>Miembro del "Grupo de Tecnologías Apropriadas" de la Universidad CarlosIII de Madrid (septde 2006)</p> <p>He dirigido 3 PFC directamente relacionados con la cooperación y las tecnologías apropiadas desde 2005 y estoy dirigiendo en la actualidad otros 3 proyectos en la misma temática.</p> <p>Profesor de las asignaturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción a la Cooperación al desarrollo (Asignatura de Humanidades). Años 06/07 y 08/09 - Tecnologías apropiadas en Cooperación al desarrollo (Asignatura de Humanidades). Años 06/07 a 08/09. - Desarrollo sostenible (Asignatura de Humanidades). Año 2009. Coordinador de la asignatura. <p>He trabajado en dos PCI:</p> <p><i>Taller de apoyo a la investigación en energías renovables para el desarrollo rural sostenible en universidades de Nicaragua.</i> Agencia Española de Cooperación Internacional (C/012957/07) Duración: del 01/01/2008 al 31/12/2008 Número de investigadores participantes:10 (UC3M) + 7 (Univ. nicaragüenses) Investigador Responsable: Ulpiano Ruiz-Rivas Hernando. Cuantía de la subvención: 10000 euros</p> <p><i>Red de Universidades para apoyar la campaña de alfabetización en Nicaragua mediante el programa "Yo sí puedo" D/6078/06</i> financiado por el Programa de cooperación Interuniversitaria del MAAEEyC-AECI. 2007. Duración 1/2007 a 1/2008. Investigador responsable: M^a Rosa TerradellasPiferrer. Número de investigadores participantes:4 en la UC3M más grupos de otras 14 universidades españolas y nicaragüenses Cuantía de la subvención: 40.000 euros</p> <p>Tengo cuatro publicaciones en congresos vinculadas a cooperación y TA</p>

1. Aznar, A., del Pozo, F., Chinchilla, M, Ruiz-Rivas, U. *Diseño e implementación de un sistema de desfluoración de agua en la región de Meki, Etiopía.* I Congreso internacional sobre Cooperación al Desarrollo: cooperación y pueblos vulnerables, Valencia, Noviembre 2005.
2. Arroyo, J., Aznar, A., Chinchilla, M., Martín-Loeches, M., Martínez-Legazpi, P., Ruiz-Rivas, U. *Diseño de un laboratorio de tecnologías apropiadas para el abastecimiento de agua.* III Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo, Madrid 2006.
3. Aznar, A., del Pozo, F., Chinchilla, M, Ruiz-Rivas, U. Seminario Sobre Buenas Prácticas en CUD en África .Cádiz-Tánger, 28 y 29 de junio de 2007
4. Aznar, A. y Rodríguez-Monteverde Cantarell, P. *Escuela taller para la construcción de un ecomuseo.* Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Coloquio Internacional y Exposición Itinerante. Granada. 17 y 18 de diciembre, 2007

He realizado 5 estancias profesionales en el extranjero en temas de cooperación al desarrollo.

1. Universidad Técnica de Ambato (Ecuador). Agosto 2002, Noviembre 2007 y Agosto 2008.
2. Universidad Central de Bogota (Colombia). Agosto 2002 y agosto 2008.

Mónica Chinchilla Sánchez

Miembro del "Grupo de Tecnologías Apropriadas" desde su creación en 2003

He dirigido 4 PFC directamente relacionados con la cooperación y las tecnologías apropiadas desde 2005

Profesor de las asignaturas:

- Introducción a la Cooperación al desarrollo (Asignatura de Humanidades). Años 05/06 y 08/09 (4 ediciones, 4 grupos). Coordinador de la asignatura en una ocasión.
- Tecnologías apropiadas en Cooperación al desarrollo (Asignatura de Humanidades). Años 05/06 a 08/09 (4 ediciones, 4 grupos). Coordinador de la asignatura en dos ocasiones.
- Cooperación al desarrollo y tecnologías apropiadas (Asignatura de Humanidades). Años 03/04 y 04/05(2) (3 ediciones, 3 grupos). Coordinador de la asignatura en una ocasión.

He trabajado en tres PCI:

Taller de apoyo a la investigación en energías renovables para el desarrollo rural sostenible en universidades de Nicaragua. Agencia Española de Cooperación Internacional (C/012957/07) Duración: del 01/01/2008 al 31/12/2008 Número de investigadores participantes: 10 (UC3M) + 7 (Univ. nicaragüenses) Investigador Responsable: Ulpiano Ruiz-Rivas Hernando. Cuantía de la subvención: 10000 euros

Red de Universidades para apoyar la campaña de alfabetización en Nicaragua mediante el programa "Yo sí puedo" D/6078/06 financiado por el Programa de cooperación Interuniversitaria del MAAEEyC-AECI. 2007. Duración 1/2007 a 1/2008. Investigador responsable: M^a Rosa Terradellas Piferrer. Número de investigadores participantes: 4 en la UC3M más grupos de otras 14 universidades españolas y nicaragüenses Cuantía de la subvención: 40.000 euros

Desarrollo de sistemas de energía eólica de velocidad variable en Túnez (PCI 2006)

Tengo tres publicaciones en congresos vinculadas a cooperación y TA

Aznar, A., del Pozo, F., Chinchilla, M, Ruiz-Rivas, U. *Diseño e implementación de un sistema de desfluoración de agua en la región de Meki, Etiopía.* I Congreso internacional sobre Cooperación al Desarrollo: cooperación y pueblos vulnerables, Valencia, Noviembre 2005.

Arroyo, J., Aznar, A., Chinchilla, M., Martín-Loeches, M., Martínez-Legazpi, P., Ruiz-Rivas, U. *Diseño de un laboratorio de tecnologías apropiadas para el abastecimiento de agua.* III Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo, Madrid 2006.

Aznar, A., del Pozo, F., Chinchilla, M, Ruiz-Rivas, U. Seminario Sobre Buenas Prácticas en CUD en África .Cádiz-Tánger, 28 y 29 de junio de 2007

He realizado un proyecto con Cáritas en Etiopía y otro en Ecuador

Sergio Sánchez Delgado

Miembro del "Grupo de Tecnologías Apropriadas" desde febrero de 2007.

Participación en el PCI "*Taller de apoyo a la investigación en energías renovables para el desarrollo rural sostenible en universidades de Nicaragua.*"

3. DATOS DE LA CONTRAPARTE		
Nombre de la Organización: Universidad Nacional de Ingeniería		CIF: --
Tipo de institución: Universidad		
Domicilio: Recinto Universitario "Simón Bolívar", Avda. Universitaria		CP: Apdo. Postal 5595
Localidad: Managua		País: Nicaragua
Teléfono: +34 (505)277-1650	Fax: +34 505 267 3709	Correo electrónico: lucia.lopez@uni.edu.ni
Web: www.uni.edu.ni		
Naturaleza jurídica: Pública: X Privada: <input type="checkbox"/>		
Nombre de la persona de contacto para el proyecto: Edgar Somarraba y Maria Teresa Castillo		
Cargo dentro de la institución: Directora de Relaciones Internacionales		
Teléfono:	Correo electrónico: mcastillorayo@yahoo.com somarribalezama@yahoo.es	Fax:
<p>¿Existe experiencia previa de colaboración con el solicitante de la ayuda? En caso afirmativo, detallar.</p> <p>Ambas universidades forman parte de la Red Universitaria de Apoyo a la Alfabetización de Nicaragua con el método "Yo, Sí Puedo", constituida en las I Jornadas que se organizaron en la UdG el 21 y 22 de febrero de 2007.</p> <p>Forman parte de la Red 16 Universidades españolas y 11 nicaragüenses, así como dos instituciones docentes, la Asociación de Educación Popular Carlos Fonseca Amador – AEPCFA y el Instituto Paulo Freire de España – IPF. La Red obtuvo una ayuda por valor de 40.000 Euros de la Convocatoria 2007 del Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI) de la AECID, ayuda que fue gestionada por la UdG como universidad coordinadora La Red. La Red Yo Sí Puedo cuenta también con el Apoyo del <i>FonsCatalà de Cooperació al Desenvolupament</i>, que ha permitido llevar a cabo las primeras iniciativas de definición de la Red y diseño de objetivos.</p> <p>La Universidad, a través de la Oficina de Cooperación Universitaria al desarrollo y del Grupo de Tecnologías Apropriadas de Leganés, que lidera junto con la UNI y la UNAN-Managua los trabajos en el área de energías de la Red, participó en julio de 2007 en la II Asamblea de la Red en Managua, Nicaragua. Asimismo, ha aportado ayuda para la construcción del Museo de la Alfabetización que se inauguró el pasado agosto de 2007, contando con el apoyo de las Delegaciones de Estudiantes de la UC3M, que donaron los beneficios del Torneo de Mus celebrado en abril de 2007, y del SIJA, que también donó los beneficios de la fiesta de la primavera a este Museo.</p> <p>En la convocatoria 2007 del Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI), se obtuvo una ayuda por valor de 10.000 Euros para el proyecto "Taller de apoyo a la investigación en energías renovables para el desarrollo rural sostenible en Universidades de Nicaragua", que se ha desarrollado a lo largo de 2008 con la UNAN y la UNI.</p> <p>En junio de 2008 se celebró la III Asamblea de la Red en Girona, en la que se renovó el compromiso de la Red para cooperar en la alfabetización y postalfabetización de la RAAN con el "Yo, sí Puedo", el "Yo, sí Puedo seguir" y en el desarrollo integral de esa región. Asimismo, se modificó la composición de la Comisión ejecutiva y las líneas de trabajo de la Red, y se adoptó la decisión de celebrar la IV Asamblea de la Red en la sede de la Universidad de URACCAN en BilwiKamla-Puerto Cabezas, RAAN, en julio de 2009.</p>		
<p>¿Existe convenio con la contraparte? (Aportar como Anexo en caso afirmativo)</p> <p><i>Acuerdo Marco de Cooperación Académica entre La Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Nicaragua, firmado el 23 de octubre de 2007.</i></p>		

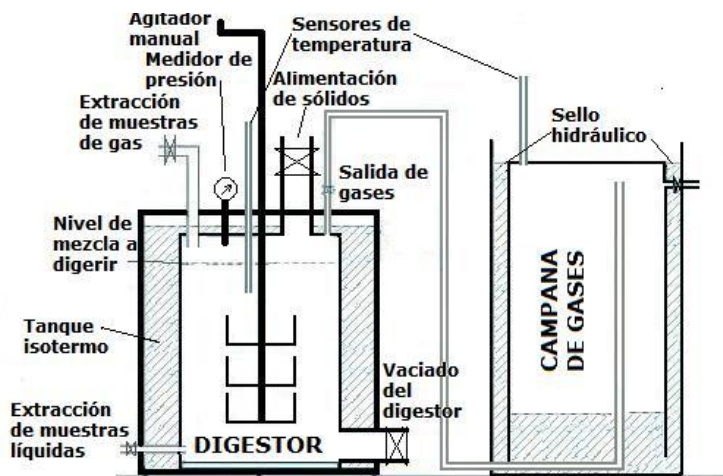
4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO – GASTOS* (únicamente los gastos imputables a la ayuda de la Universidad Carlos III de Madrid)		
Gastos de viaje	Billetes	
	Alojamiento	
Material no inventariable		7000 €
Material inventariable		3000 €
Seguros		
Gastos de edición y publicación		
Total gastos UC3M		10000 €

* *Quedan excluidos los gastos de manutención*

5. PRESUPUESTO DEL PROYECTO - INGRESOS	
Ayuda solicitada a la UC3M	10.000
Otros ingresos o ayudas (especificar, indicando el origen de los fondos y la cuantía)	
Total ingresos proyecto	10.000

6. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

6.1 Descripción resumida del proyecto



Se propone el diseño y construcción de dos reactores anaerobios de un tamaño aproximado de 100 L cada uno, dotados de sistema de agitación, toma de muestras líquidas y gaseosas, manómetro de presión y sonda de temperatura. Los reactores estarán termostatzados mediante una camisa externa de agua, para evitar las fluctuaciones térmicas características de un clima continental como es el de Madrid. El sistema de recogida del biogás producido durante el proceso de digestión, se efectuará mediante una campana graduada de gases de sello hidráulico, permitiendo simultáneamente el almacenamiento y medida del volumen de gas (ver esquema adjunto).

El sistema de trituración de los residuos de mercado, será un sistema estándar de trituración (molino triturador Netsch de 2 CV, equipo ya existente) en la instalación ubicada en la UC3M y un equipo doméstico de trituración de basuras en la UNI.

La determinación de la composición de gases se efectuará mediante un sistema analizador ORSAT (http://es.wikibooks.org/wiki/Aparato_de_Orsat) para el análisis de CO, CO₂ y O₂, modificado por incorporación de un tubo de óxido de Cu para el análisis de metano..

6.2. Antecedentes y contexto

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los grandes retos de cualquier población y en regiones con grandes carencias en materia medioambiental y su gestión, se convierte en una prioridad que afecta de manera directa a la salud pública. Generalmente en estas regiones, junto al problema de la falta de infraestructuras para la gestión de los RSU, nos solemos encontrar con problemas de falta de personal cualificado y de la imposibilidad de afrontar los costes del mantenimiento de las instalaciones que se puedan construir.

Esta problemática ha llevado a que en numerosos países con climas templados y cálidos, en especial del área de Centro y Sudamérica, se estén investigando diversos sistemas de digestión anaeróbica de residuos, con el fin tanto de su eliminación, como de su aprovechamiento energético (formación de biogás) y para compostaje. Los sistemas investigados suelen estar basados en los modelos de digestores anaerobios hindú, chino o tubular (Martí-Herrero, 2008)

Los sistemas de digestores anaerobios simples para la destrucción de residuos ganaderos (Soria, 2001), vegetales (Vereda, 2006) y urbanos (Castillo 2003), así como de asentamientos unifamiliares (Martí-Herrero, 2008), han demostrado su eficiencia tanto en la eliminación de vertidos incontrolados de residuos con una alta carga orgánica, como en su aprovechamiento

para la obtención de biogás y abonos, ambos productos fácilmente valorizables y que ayudan a la sostenibilidad económica de los sistemas implantados.

En la actualidad el sistema de gestión de residuos en Nicaragua, y más especialmente en Managua, es extremadamente deficiente, lo que ha llevado a un deterioro medioambiental enorme y en especial de las aguas del Lago Managua al que se vierten la mayor parte de los residuos líquidos generados por la ciudad de Managua y una gran parte de los lixiviados de los vertederos de residuos sólidos existentes. Esta situación hace imprescindible el estudio de soluciones sostenibles para el tratamiento de los residuos generados. Estas soluciones pasan necesariamente por soluciones simples, económicamente viables y que permitan formar técnicos nacionales que hagan sostenible los sistemas.

El Grupo de Tecnologías apropiadas de la UC3M y la UNI venimos colaborando asiduamente desde finales de 2007. Hemos participado en dos PCI: *“Red de Universidades para apoyar la campaña de alfabetización en Nicaragua mediante el programa “Yo sí puedo” D/6078/06”* y *“Taller de apoyo a la investigación en energías renovables para el desarrollo rural sostenible en universidades de Nicaragua. Agencia Española de Cooperación Internacional (C/012957/07)”*.

6.3 Beneficiarios del proyecto

Los docentes y estudiantes de la UNI y en último término, a través de la instrucción de técnicos que luego desarrollarán su labor en la zona, la población local.

6.4 Objetivo general

El objetivo principal del proyecto es la construcción de un digestor anaerobio basado en el modelo hindú o de campana flotante, para la eliminación de residuos de los mercados (fundamentalmente residuos vegetales) nicaragüenses. Este proyecto se realizará en colaboración con la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Nicaragua, ubicada en Managua.

6.5 Objetivos específicos

Este objetivo principal puede dividirse en tres:

- O1. Construcción de una planta piloto consistente en un digestor anaerobio, sistema de trituración de residuos para la alimentación del digestor y sistemas de análisis y control de la instalación.
- O2. Estudio de las condiciones de funcionamiento del digestor.
- O3. Formación de técnicos nacionales “in situ”.

6.6 Resultados esperados

Con la consecución de los objetivos se espera:

- R1. Realización de dos reactores anaerobios “gemelos” de pequeña capacidad.
- R2. Monitorización y optimización de las condiciones de trabajo para la digestión anaerobia de residuos orgánicos provenientes de mercados.
- R3. Dotar de unas infraestructuras mínimas a la UNI para el desarrollo de una línea de investigación en digestión anaerobia en aras a su desarrollo local.

6.7 Actividades previstas

A1. DISEÑO DEL REACTOR.

A.1.1. Diseño final de la instalación y puesta en común.

A.1.2. Obtención de presupuestos en Madrid y Nicaragua. Puesta en común. Decisión y compra de los equipos. Organización del posible transporte.

A.1.3. Recepción y evaluación de la instrumentación.

A.2. CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR

A.2.1 Construcción del reactor

A.2.2. Construcción del analizador ORSAT modificado.

A.2.3. Puesta a punto y estudios preliminares.

A.2.4. Redacción del informe final de resultados.

A.3. ANÁLISIS DE LA BIODEGRADABILIDAD DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

A.3.1. Estudio de los parámetros de funcionamiento.

A.3.2. Estudio de variabilidad de materias biodegradables.

A.3.3. Elaboración de los protocolos de trabajo comunes.

A.3.4. Redacción del informe final de resultados.

8. FORMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO Y ORGANIZACIÓN INTERNA

Las actividades propuestas se realizarán de forma coordinada en ambos centros.

9. VIABILIDAD/SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

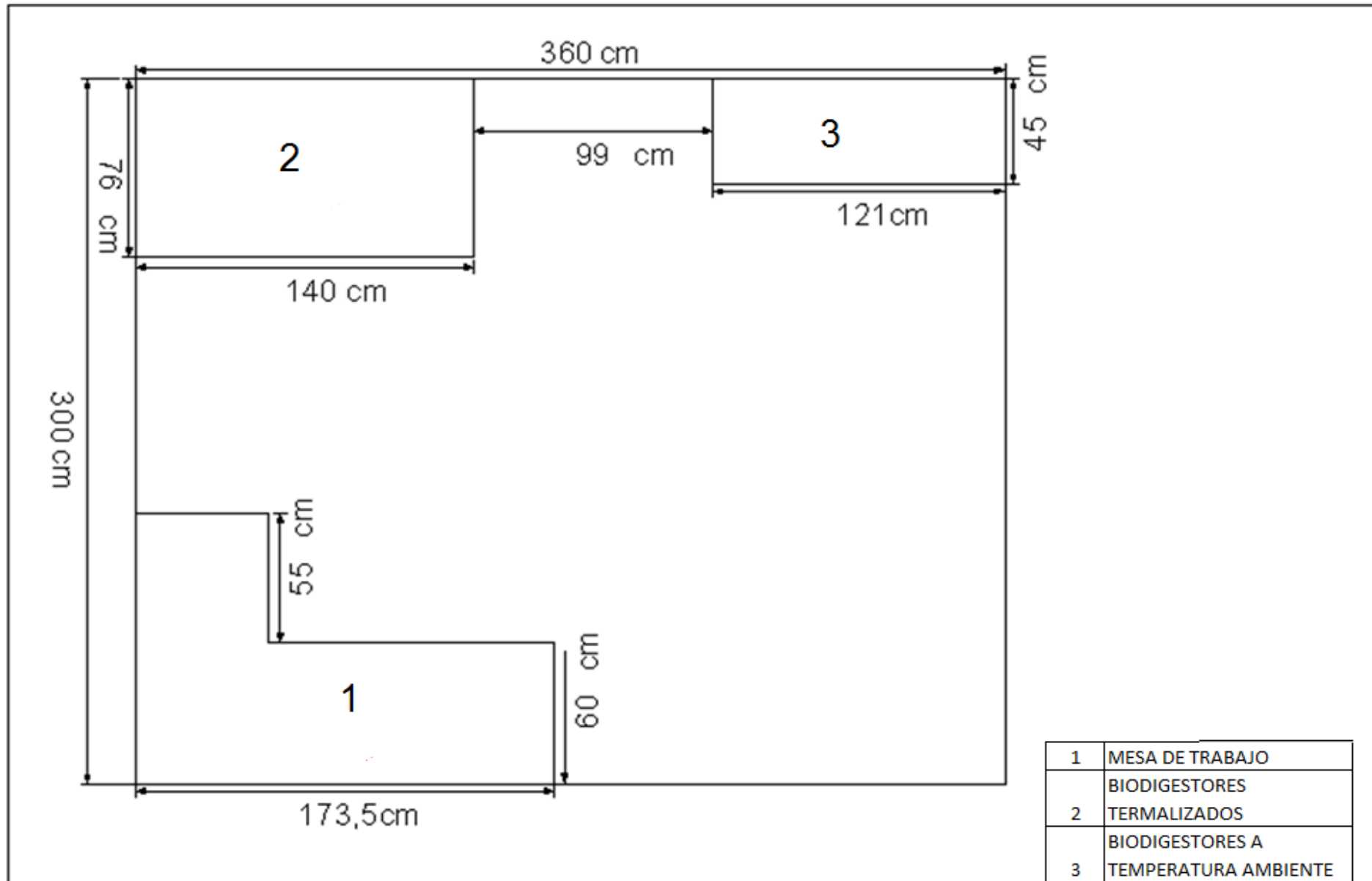
Por una parte, este proyecto busca precisamente la sostenibilidad de los sistemas energéticos mediante su uso renovable y el control de sus efectos ambientales

Por otro lado, la viabilidad y continuidad del proyecto viene avalada por la relación ya establecida desde hace años entre los centros y los investigadores, y por los acuerdos establecidos, en especial el *Acuerdo Marco de Cooperación Académica entre la Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad Nacional de ingeniería (UNI)*, firmado el 15 de septiembre de 2003. Por último, es conveniente señalar que el proyecto forma parte de las iniciativas del Grupo de Tecnologías Apropriadas de la Universidad Carlos III de Madrid, creado en 2003 y que desde entonces ha venido realizando actividades de docencia e investigación, además de participar en órganos y actividades institucionales, y que cuenta con un amplio número de miembros, del que los firmantes forman parte.

10. MECANISMOS DE DIFUSIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Las líneas de trabajo del Grupo de Tecnologías Apropriadas de la Universidad CarlosIII de Madrid son difundidas a través de su página web <http://bicho.uc3m.es/gta/> y de los canales habituales de la universidad. Aparte, los trabajos previstos pueden dar lugar a la realización en paralelo de proyectos fin de carrera y los desarrollos logrados podrán formar parte de los ejemplos comentados en las dos asignaturas de humanidades que actualmente impartimos. Por último, y siguiendo con nuestra costumbre en los últimos años, proponemos la participación de un ponente del equipo vinculado a esta propuesta en los actos de difusión que la universidad y el vicerrectorado estimen oportunos.

ANEXOS 2



1	MESA DE TRABAJO
2	BIODIGESTORES
3	BIODIGESTORES A
	TEMPERATURA AMBIENTE

		LABORATORIO DE BIOMASA			

ANEXOS 3



TROPIGAS DE NICARAGUA, S.A.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.)

SECCION I: INFORMACION GENERAL															
Nombre del Fabricante Importador: TROPIGAS DE NICARAGUA, S.A.		Teléfono de Emergencia: 2255-8615													
Dirección: Contiguo ala Refinería ESSO, frente a donde fue MAYCO															
SECCION II: IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA QUIMICA															
Nombre comercial: G.L.P. de uso domestico		Nombre Químico: Mezcla Propano-Butano													
Sinónimos : Gas Licuado de Petróleo, Gas Embotellado, Propano-Butano, Gas Domestico		Nº UN: 1075													
Formula Condensada: C ₃ H ₈ - C ₄ H ₁₀		Clase UN: 2,1 = Gas Inflamable													
Grado de Riesgo (NFPA)		Componentes													
Fuego: 4 Salud: 2 Reactividad: 0 Otros: -		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>% de mezcla</th> <th>Nº CAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Propano</td> <td>70%</td> <td>74-98-6</td> </tr> <tr> <td>Butano</td> <td>30%</td> <td>106-97-8</td> </tr> <tr> <td>Etilmercaptano</td> <td>Trazas</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		Componentes	% de mezcla	Nº CAS	Propano	70%	74-98-6	Butano	30%	106-97-8	Etilmercaptano	Trazas	-
Componentes	% de mezcla	Nº CAS													
Propano	70%	74-98-6													
Butano	30%	106-97-8													
Etilmercaptano	Trazas	-													
SECCION III: PROPIEDADES FISICAS															
Estado Físico: Gas a condiciones normales. Líquido bajo presiones moderadas o por enfriamiento a Temperaturas inferiores al punto de ebullición.		Temperatura de Fusión (°C): N/A													
Temperatura de Ebullición: -40 °C		Presión de Vapor a 21 °C: 6,5 a 8,5 psi													
Densidad relativa liquido (Agua) Propano 0,509 Butano 0,576		Densidad relativa gas (Aire=1) Propano 1,521 Butano 1,95													
Color: Incoloro		Solubilidad en agua a 0° C: Propano: 29,9 mg/l – Butano: 16,8 mg/l													
Olor: Aliáceo		Porcentaje de volatilidad: 100%													
Velocidad de evaporación (Acetato de Butilo = 1): N/A			pH: N/A												

NO UN = Número de las Naciones Unidas

Clase UN = Número Clase de Peligro

NFPA = Nacional FIRE Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)

CAS = Chemical Abstracts Service, es una división de la Sociedad Química Americana **N/A** = No Aplica



TROPIGAS DE NICARAGUA, S.A.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.)

SECCION IV: RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION				
Punto de inflamación: (°C) Propano: -156 Butano: -60		Punto de autoignición (°C) Propano: 450 Butano: 287		
Limites de inflamabilidad (% de gas en mezcla de aire): 1,9 a 9,5				
Medio de extinción del fuego:				
Niebla de agua X	Espuma -	CO2 X	Polvo Químico X	Otros -
Condiciones que pueden conducir a fuego o explosiones no usuales: Se puede presentar una explosión por expansión de vapor de líquido hirviendo por calentamiento externo de un tanque de almacenamiento.				
Productos de combustión: Cuando se oxida con deficiencia de oxígeno puede producir monóxido de carbono.				
Equipo especial de protección para combate al fuego: Traje integral de bombero. En áreas confinadas se debe usar equipo de respiración autónoma.				
Procedimiento especial de combate al fuego: Aislar el área de peligro, mantenerse en dirección del viento, mantener a las personas innecesarias alejadas, Si es factible, cortar la alimentación de gas para detener el fuego. Mantenerse alejado de áreas bajas. Utilizar el equipo de protección personal. Deberá utilizarse agua para enfriar los contenedores expuestos al fuego. Si una fuga o derrame no se ha incendiado, utilizar neblina de agua para dispersar los vapores y proteger al personal que repara la fuga. Notificar a la Dirección General de Bomberos.				
SECCION V: RIESGOS DE REACTIVIDAD				
Reactividad con agua: NO		Estabilidad Química: Estable bajo condiciones normales.		
Incompatibilidades: Acido nítrico, agentes oxidantes fuertes y fuentes de ignición		Polimerización espontánea: NO		
Productos de descomposición: Óxidos de carbono, aldehídos				
Condiciones a evitar: Puntos de ignición, exceso de calentamiento				
SECCION VI: PRECAUCIONES ESPECIALES				
Apagar el fuego desde la máxima distancia o utilizar soportes autónomos para mangueras. No dirigir el agua a la fuente de la fuga o las válvulas de seguridad ya que puede haber congelamiento. Retirarse de inmediato en caso de aumentar el sonido de las válvulas de seguridad o inicio de decoloración del tanque.				

TROIIGAS DE NICARAGUA, S.A.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.)

SECCION VII: RIESGOS PARA LA SALUD		
VIA DE INGRESO	SINTOMAS	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	A baja concentraciones puede causar sed y opresión al pecho. A concentraciones más altas puede causar inflamación del tracto respiratorio y asfixia.	Trasladar al afectado a un área libre de contaminantes y, de ser posible suministrarle oxígeno. Si hay para respiratorio procédase a dar respiración artificial. Atención medica inmediata.
Ingestión Accidental	No es ingerible	N/A
Contacto con los ojos	Irritación por exposición prolongada.	Retirarse de la exposición a un área libre de contaminantes. Lavar con abundante agua.
Contacto con la piel	En una fase liquida origina quemaduras leves por congelamiento.	Lavar la parte afectada con abundante agua tibia y jabón. Aplicar pomada contra quemaduras en la zona afectada.
Absorción cutánea	N/A	N/A
Efectos a largo plazo	N/A	N/A
SECCION VIII: RIESGOS A LOS ECOSISTEMAS		
Formación de nubes explosivas y participación en la formación de niebla fotoquímica. Es necesario evitar la liberación no controlada de este material porque puede ocasionar efectos adversos en plantas y animales.		
SECCION IX: PRECAUCIONES ESPECIALES		
Protección de los ojos y rostro:	Gafas de Seguridad	
Protección de la piel:	Guantes de caucho de butilo o neopreno, ropa de algodón (jeans y camisa) y botas de seguridad.	
Protección respiratoria:	Equipo con filtro de cartucho para vapores orgánicos (en general para trabajo rutinario o concentraciones arriba de 1800 ppm)	
Protección en caso de emergencia:	Equipo de respiración autónoma con abastecimiento mecánico de aire (en general para la atención de fugas y derrames en espacios confinado).	

N/A = No Aplica

TROPIGAS DE NICARAGUA, S.A.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.)

SECCION X: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

MANEJO

- Usar siempre protección personal así sea corta la explosión o la actividad de que se realice con el producto.
- Mantener estrictas normas de higiene; NO FUMAR ni comer en el sitio de trabajo.
- Usar las menores cantidades posibles del producto.
- Conocer donde esta el botiquín de primeros auxilios.
- Evitar fuentes de calor o ignición como chispas, así como el contacto con agentes oxidantes fuertes.
- Conectar a tierra todos los equipos de transferencia y almacenamiento.
- Equipar los tanques con válvulas de cierre automático y tapones de presión de vacío.
- Asegurarse que el área de trabajo este bien ventilada, especialmente en zonas bajas.
- No utilizar lentes de contacto cuando se manipule este producto.

ALMACENAMIENTO

- Mantener el producto en contenedores cerrados, lugares ventilados, frescos, secos, y señalizados, lejos de fuentes de calor e ignición.
- Separar los materiales incompatibles.
Utilizar como recipientes cilindros de acero o aluminio y tanques, colocados en posición vertical, con las válvulas hacia arriba excepto si utilizan vaporizadores.
- Los recipientes deben ser revisados periódicamente para detectar daños o roturas que puedan ocasionar escape del producto.
- Conectar a tierra los recipientes para evitar descargas electrostáticas.
- Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación debe ser a prueba de explosiones.

SECCION XI: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE



Etiqueta roja con el numero 2 indicando que es "Un gas inflamable". No transportar con sustancias explosivas, sólidos inflamables, agentes oxidantes, peróxidos orgánicos, sustancias radiactivas, ni sustancias con riesgos de incendio.

SECCION XII: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Los recipientes que presenten una fuga y puedan moverse deben de trasladarse a una zona bien ventilada y alejada de fuentes de ignición, tratando de cerrar la fuga si esto es posible sin riesgo.

En el caso de contenedores fijos:

- Evacuar o aislar el área de peligro.
- Eliminar toda fuente de ignición.
- Restringir el acceso a personas incesarías y sin la debida protección.
- Usar equipo de protección personal.
- Ventilar el área.
- No permitir que caiga en fuentes de agua o alcantarillas.
- Cortar el flujo de gas.
- Detener la fuga si es posible si peligro directo.
- Detener el transito de vehículos a una distancia de 1.5 Km. mínimo.
- No tocar el material derramado.
- Utilizar cortina de agua para reducir vapores o desviar la nube de vapor.
- No dirigir el agua directamente al derrame o la fuente de fuga.
- Permitir la evaporación controlada del derrame.
- En el caso de recipientes expuestos a fuego, enfriarlos con neblina de agua.

ANEXOS 4

Gas L.P. el combustible más seguro

- El Gas L.P. NO deja residuos, cenizas, humo ni suciedad.
- Se puede transportar y almacenar en tanques haciendo su uso muy conveniente.
- Un litro de Gas L.P. líquido, rinde 40 veces cuando se transforma en estado de vapor.
- Tiene un poder calorífico muy alto indicado por su flama azul.



Seguridad en el uso de gas L.P.

- Los cilindros y tanques estacionarios nunca deben de colocarse dentro de habitaciones o áreas cerradas. No deben estar cerca de fuentes de calor, ni junto a puertas, escaleras o salidas de emergencia.
- La distancia mínima entre el cilindro y/o tanque, y el aparato de consumo (estufa o quemador) debe ser de 3 metros y se recomienda tener una llave de paso entre ambos.
- Los cilindros tipo portátil deben estar siempre en posición vertical para que la válvula de seguridad, el regulador y los aparatos de consumo funcionen correctamente. Si se inclina o coloca horizontalmente podría derramarse gas en forma líquida para luego vaporizarse cubriendo áreas muy extensas. Esto es *extremadamente peligroso*.



Que hacer en caso de fugas de gas L.P.

Si detecta olor a gas, inmediatamente:

- 1.- Localice los aparatos de consumo (estufa, calentador, etc.) y apáguelos.
- 2.- Corte la energía eléctrica en el centro de carga general.
- 3.- Vaya al tanque o cilindro y cierre la válvula y las llaves de paso.
- 4.- Abra puertas y ventanas para ventilar el área y evitar que se acumule una nube de gas. Si es posible, ayúdese con un ventilador.
- 5.- Avise a los bomberos (115, 120 o, *911 u otro teléfono de emergencia) y a su proveedor de Gas L.P. Por ningún motivo encienda cerillos, cigarros o aparatos de energía eléctrica. Avise a sus vecinos y pídale que apaguen cualquier flama encendida y que no operen interruptores eléctricos. Recuerde: Mantenga siempre la calma.



ANEXOS 5



Ing. Edgard Somarriba y la ing. Maria Teresa acompañadas del estudiante de la Universidad Carlos III de Madrid, junto a los biodigestores sin camisa de agua.

El pasado 11 de Octubre la Facultad de Tectología de la Industria inauguró su propio laboratorio de BIOMASA en las instalaciones del Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios.

La puesta en marcha de este laboratorio fue posible gracias al Programa de cooperación interuniversitaria entre la Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad Nacional de Ingeniería.

Según el Ing. Edgard Somarriba, uno de los docente fundadores del laboratorio, “la idea de crear este laboratorio surgió de la visita que un grupo de investigadores de la FTI hicieron en el 2008 en la comunidad del Tortuguero, donde se llegó a hacer un pequeño inventario de las posibilidades energéticas que tiene ese municipio y una de las cosas que se lograron ver ahí es que siendo una zona ganadera y de aserrío no aprovechaban esa biomasa. Entonces la idea fue crear unos biodigestores, si era posible in situ para la generación de energía eléctrica” .

El objetivo principal de la creación del laboratorio de biomasa de la FTI es que se convierta en una unidad académica que ofrezca el servicio de preparar estudiantes y profesionales en el uso de la biomasa a todas las facultades interesadas. También se tiene pensado automatizar los biodigestores mediante la colaboración de los estudiantes de la facultad de electrotecnia y computación.

El laboratorio ya está en funcionamiento y actualmente en él se están desarrollando investigaciones sobre el uso de estiércol de vaca y de cerdo como sustrato para la producción de 25 litros de Biogás. También se están realizando estudios comparativos sobre la eficiencia de Biodigestores unos con camisa de agua y otros sin camisa. “Por el momento, los filtros con camisa han dado mejores resultados debido a que ellos tienen resistencia de peceras que mantienen el agua a una temperatura constante de 32°C” dijo la Ing. Maria Teresa.

El equipamiento con el que cuenta el laboratorio de BIOMASA, en su fase inicial, fue donado por la Universidad Carlos III de Madrid. La UNI como contraparte deberá dar continuidad al proyecto mediante el mantenimiento de las instalaciones como su debida ampliación.

Entre las líneas de trabajo futuras a desarrollarse en el laboratorio se destacan:

- Analizar otro sustrato o co-digestión
- Mejorar los Bio digestores ya implementados (Sensores, temporizar agitación, etc.)
- Aplicación del Biogás en motores, entre otros.

El laboratorio de Biomasa será uno de los laboratorios incluidos en la propuesta de Parque Tecnológico de la UNI, en el cual se realizarán investigaciones y se les dará soluciones una serie de dificultades que enfrenta la sociedad nicaragüense.

<http://www.vrid.uni.edu.ni/boletinunidad/read.php?seccion=17&id=14>