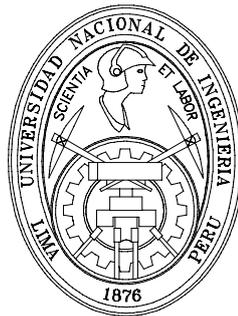


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



TESIS DE GRADO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

“MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO ESTUDIO DE BIODIGESTORES”

ALFREDO TEOBALDO RAMOS GIRALDO

PROMOCIÓN 1977 - I

Lima 2006

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	I
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	3
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO II	7
CONCEPTOS FUNDAMENTALES	7
2.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC)	7
2.2 El Protocolo de Kyoto (CoP- 3, 1997)	12
2.2.1 Gases de efecto invernadero	15
2.2.2 Actividades que producen gases de efecto invernadero	16
2.2.3 Posible escenario para el 2010	17
2.3 Mercados de Carbono	18
2.3.1 Mercados de Carbono en el ámbito mundial	18
2.4 Principios Fundamentales de Proyectos MDL	20
2.4.1 Conceptos de Proyecto MDL	20
2.4.2 Actores y funciones que desarrollan	22
2.4.3 Requisitos de elegibilidad que deben cumplirse en el MDL	29
2.4.4 Calendario de implantación del MDL	34
2.4.5 Los Certificados de Emisiones Reducidas (CERs)	34
2.5 Etapas de un Proyecto MDL	35

2.6	Diseño	36
2.6.1	Base de referencia o Línea base	38
2.6.2	Adicionalidad	41
2.6.3	Período de acreditación	44
2.6.4	Vigilancia	44
2.6.5	Repercusiones ambientales	47
2.6.6	Aprobación por el País anfitrión	50
2.7	Validación	52
2.8	Registro	53
2.9	Implantación y Vigilancia	54
2.10	Verificación y Certificación	55
2.11	Expedición de Certificados de Emisiones Reducidas (CERs)	57
2.12	La Biomasa en el mundo	58
2.13	Economías rurales en base a la Biomasa	60
2.14	El Recurso Biomásico	61
2.15	Fuentes de biomasa	62
2.16	El Recurso Biomásico limitante	62
2.17	Residuos forestales	63
2.18	Desechos agrícolas	63
2.19	Desechos urbanos	64
2.20	Algunas características de la biomasa	64
2.21	Procesos de conversión	67
2.21.1	Procesos de combustión directa	67
2.21.2	Procesos termoquímicos	69

	III
2.21.3	Procesos Bioquímicos 71
2.22	Formas de energía 73
2.23	Combustión y emisiones 75
2.24	Industria 76
CAPÍTULO III	78
IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR	78
3.1	Funcionamiento Básico de un Biodigestor 78
3.2	Criterios a considerarse en el diseño de un Biodigestor 78
3.3	Tipos de Biodigestores 80
3.3.1	Pozos sépticos 81
3.3.2	Biodigestores del domo flotante (Indio) 81
3.3.3	Biodigestores de domo fijo (Chino) 82
3.3.4	Biodigestores de estructura flexible 83
3.3.5	Digestor flotante 94
3.3.6	Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno 96
3.3.7	Digestor de alta velocidad o flujo inducido 97
3.3.8	Ventajas de los digestores de alta velocidad o flujo inducido 100
3.3.9	Precauciones a tener en cuenta con los digestores de alta velocidad o flujo inducido 100
3.3.10	Instalaciones Industriales 101
3.4	Ventajas de los Biodigestores 103
3.5	Dificultades técnicas de los Biodigestores 104
CAPÍTULO IV	105

CÁLCULO DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	105
4.1 Estableciendo parámetros de diseño.	105
4.1.1 Ubicación de la Planta de Generación de Biogás	105
4.1.2 Recolección y tratamiento de la biomasa	106
4.1.3 Temperatura del biodigestor	107
4.2 Condiciones de Diseño	108
4.2.1 Cálculo del volumen del biodigestor y la su producción	109
4.2.2 Especificaciones técnicas	115
4.3 Inversión Económica	121
4.3.1 Biodigestor	121
4.3.2 Sistema de Distribución	122
4.3.3 Tanque de almacenamiento de Biogás	123
4.3.4 Resumen de Costos Totales	124
CAPÍTULO V	126
RESULTADOS	126
5.1 Oportunidades de Negocio	126
5.2 Escenario de aplicación de la biodigestor	128
5.3 Línea base	128
5.4 Reducción de emisiones	143
5.5 Cálculo de Ingresos por reducción de emisiones	145
5.6 Situación de los proyectos MDL en Perú	146
5.6.1 Biomasa	146
5.7 Tablas de reducción de emisiones	147
CONCLUSIONES	149

RECOMENDACIONES	151
BIBLIOGRAFÍA	153
PLANOS	155

PRÓLOGO

La presente tesis se desarrolla de una manera sintetizada abarcando cinco capítulos con alcances respaldados en 22 referencias bibliográficas de actualidad ambiental y que base a esta referencia se están desarrollando proyectos con energías limpias a nivel mundial de gran magnitud.

En el Primer Capítulo que corresponde a la introducción se describen de una manera amplia y no tan detallada los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) los alcances y las limitaciones que ha tenido el presente tema de tesis.

En el Segundo Capítulo se describen de manera detallada los antecedentes referente al cambio climático, su impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud humana. La respuesta internacional al cambio climático se dio en el acuerdo del Protocolo de Kyoto que compromete a los países a reducir sus emisiones, estableciendo dentro de sus mecanismos de ayuda el llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y sus respectiva documentación en proyectos a gran escala. Asimismo se toca el concepto de la biomasa y como esta se encuentra en la naturaleza.

El Tercer Capítulo se describe la metodología para la aproximación de obtención de biogás tomando como referencia el diseño de un biodigestor de campana flotante de uso rural, presentando sus costos de construcción y con ello hacemos referencia que este tipo de proyectos estaría dentro de los proyectos de pequeña escala en el ciclo de proyectos MDL

El Cuarto Capítulo abarca los criterios existentes sobre el estudio de biodigestores, de este capítulo uno puede darse idea de cual es la mejor opción técnica para la elección de un biodigestor y cuales con sus limitaciones técnicas.

El Quinto Capítulo muestra el resultado de la combinación de los conceptos estudiados en el capítulo 3 y el capítulo 4 hace referencia a las oportunidades de negocio que se presenta en la actualidad con el tema de Mecanismo de Desarrollo Limpio, el uso de este conocimiento en proyectos de captura de metano con el uso de biodigestores, mostramos los indicadores económicos y la estimación de línea base que toma Agrosuper, como referencia a futuros proyectos peruanos de gran escala.

Asimismo, se presentan las Conclusiones, Recomendaciones y la Bibliografía utilizada para la elaboración de la presente Tesis.

Finalmente, deseo expresar el agradecimiento a mi padre por sus sabias enseñanzas, a mi madre por su apoyo incondicional a mis hijos y esposa.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Protocolo de Kyoto estableció tres mecanismos de flexibilidad con el fin de ayudar al cumplimiento de las obligaciones contraídas por los países desarrollados con respecto a las emisiones de GEI de un modo costo-beneficio, optando por: el comercio de reducción de emisiones teniendo: el Mecanismo de Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio(MDL).

El MDL es el único que involucra a países en desarrollo presentando un doble objetivo: ayudar a éstos en la obtención de su desarrollo sostenible mediante la implementación, en su territorio, de proyectos que permitan obtener reducciones certificadas de emisiones de GEI y por otra parte ayuda a los países desarrollados en el cumplimiento de sus compromisos cuantificados de reducción de emisiones.

El objetivo principal de esta tesis es contribuir a la implementación y desarrollo del MDL en nuestro país. Analizando los aspectos técnicos y económicos de los proyectos MDL, identificando los riesgos y retos que las

empresas energéticas deben hacer frente al emergente mercado internacional del carbono.

En los siguientes capítulos desarrollo los conceptos más importantes del MDL en el ámbito técnico, la metodología de procedimiento para el cálculo de línea base para la reducción de emisiones en proyectos de captura de metano en este caso Biodigestores y damos unos costos aproximados de las transacciones MDL.

Recogiendo estas premisas, proyectos energéticos en Perú con tecnología limpia, que acrediten ser considerados como MDL, obtendrán ingresos económicos extras, mediante la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER) a países desarrollados, para que estos cumplan sus compromisos de reducción de emisiones.

La presente tesis ha sido elaborada como herramienta de apoyo para aquellos que estén interesados en desarrollar proyectos MDL, se expone la cartera de proyectos MDL relacionados con el uso de la Biomasa en el Perú y a la vez nos prepara a este emergente mercado internacional del Carbono.

No podemos dejar de pasar esta oportunidad ya que es una nueva área que se nos presenta a los ingenieros, y nos motiva a permanecer siempre actualizados con los acontecimientos energéticos que aparecen en el mundo.

Para facilitar y agilizar la lectura del presente trabajo se ha considerado conveniente evitar la escritura repetitiva de denominaciones de organismos ambientales utilizando las abreviaturas que les corresponden, con letras mayúsculas:

AND	:	Autoridad Nacional Designada
BAU	:	Business as Usual
CAF	:	Corporación Andina de Fomento
CER	:	Certificado de Emisiones Reducidas
CERUPT	:	Certified Emission Reduction Unit Procurement Tender
CH ₄	:	Metano
CIE	:	Comercio Internacional de Emisiones
CONAM	:	Consejo Nacional del Ambiente
CO ₂	:	Dióxido de Carbono
CSDA	:	Centro para el Desarrollo Sostenible en las Américas
CoP	:	Conferencia de las Partes.
DBJ	:	Banco Japonés de Desarrollo (por sus siglas en inglés)
ERUPT	:	Emission Reduction Unit Procurement Tender
ERUs	:	Unidades de Reducción de Emisiones (siglas en inglés)
ERPA	:	Acuerdo de compra de Reducción de Emisiones
EOD	:	Entidad Operacional Designada
FONAM	:	Fondo Nacional del Ambiente
GEI	:	Gases de Efecto Invernadero
GWP	:	Poder de Calentamiento Global

HFC	:	Hidrofluorocarbono
IC	:	Implementación Conjunta
IFC	:	Corporación Financiera Internacional (siglas en inglés)
IPCC	:	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (inglés)
L-CER	:	Certificados de Emisiones Reducidas a Largo Plazo
MDL	:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
N ₂ O	:	Oxido Nitroso
ONGs	:	Organismos no Gubernamentales
ODA	:	Asistencia oficial para el Desarrollo (siglas en inglés)
PCF	:	Fondo Prototipo de Carbono (por sus siglas en inglés)
PFC	:	Perfluorocarbonos
PIN	:	Nota idea de Proyecto (por sus siglas en inglés)
PK	:	Protocolo de Kyoto
SF ₆	:	Hexafluoruro de Azufre
TCO ₂	:	Toneladas de CO ₂ equivalentes
TIR	:	Tasa interna de Retorno
UNFCCC	:	Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
VAN	:	Valor Actual Neto
WMO	:	Organización Meteorológica (siglas en inglés)

CAPÍTULO II

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC)

El cambio climático es uno de los retos más importantes a que se enfrentan los países en el Siglo XXI. Avanzar en los niveles de: bienestar, desarrollo humano, mantener la estabilidad y el crecimiento económico; Supone un importante reto social y tecnológico cuando no se deba interferir sobre el sistema climático en el mundo.

Para dar una idea de la preocupación de los países acerca del cambio climático, conviene señalar que en el año 1988 las Naciones Unidas a través de su programa de Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial, establecieron un Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), con el objetivo de estudiar científicamente este tema. Este grupo juega un papel muy importante en las actuaciones de los países en este ámbito.

Posteriormente, una resolución de las Naciones Unidas de 11 de diciembre de 1990, crea un Comité Intergubernamental de Negociación con el encargo

de elaborar una Convención Marco sobre el Cambio Climático. Este Comité, tras cinco sesiones de negociación, preparó la Convención Marco sobre Cambio Climático, que fue aceptada en Nueva York en mayo de 1992.

Se abrió el período de firma a partir de junio de ese mismo año, coincidiendo con la celebración en Río de Janeiro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Durante esta Conferencia, conocida como la “Cumbre de la Tierra”, la Convención fue respaldada por la firma de 155 Estados, constituyendo este acto uno de los principales resultados políticos de la Cumbre. La Convención entró en vigor el 21 de marzo de 1994, tres meses después de la ratificación del Estado número 50.

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece, en el Artículo 2, que su objetivo es “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), los efectos del cambio climático ya han sido observados, y la mayor parte de los científicos cree necesaria una acción rápida para prevenirlos.

Ante esto, la respuesta política internacional al cambio climático comenzó con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) en 1992.

La UNFCCC se basa en los siguientes principios:

- Las partes (o países que la conforman) deben proteger el sistema climático para el beneficio de las generaciones presentes y futuras.
- Las necesidades específicas y las circunstancias particulares de los países en desarrollo.
- Las partes deben tomar medidas que permitan anticipar, prevenir o minimizar las causas del cambio climático.
- Las partes tienen el derecho y el deber de promover el desarrollo sostenible.
- Las partes deben cooperar en la promoción de un sistema económico internacional que contribuya al crecimiento sostenible y el desarrollo de todas las partes.

Tabla 1. Países incluidos en el Anexo I de la Convención Marco sobre el Cambio Climático.

Alemania	Hungría*
Australia	Irlanda
Austria	Irlanda del Norte
Bélgica	Islandia

Bielorrusia*	Italia
Bulgaria*	Japón
Canadá	Letonia*
Comunidad Económica Europea	Lituania*
Checoslovaquia*	Luxemburgo
Dinamarca	Noruega
España	Nueva Zelanda
Estados Unidos de América	Polonia*
Estonia*	Portugal
Federación Rusa*	Reino Unido de Gran Bretaña
Finlandia	Rumania *
Francia	Suecia
Grecia	Suiza
Holanda	Turquía
	Ucrania

* Países en transición a economía de mercado

Fuente: Anexo I de la Convención Marco sobre el Cambio Climático

Asimismo las Partes desarrolladas, incluidas en el Anexo II de la Convención (Tabla 2), proveerán asistencia financiera (incluida la transferencia tecnológica) a las Partes en desarrollo para que éstas puedan cumplir sus obligaciones.

Tabla 2. Países incluidos en el Anexo II de la Convención Marco sobre el Cambio Climático

Alemania	Irlanda
Australia	Islandia
Austria	Italia
Bélgica	Japón
Bulgaria	Luxemburgo
Canadá	Noruega
Comunidad Económica Europea	Nueva Zelanda
Dinamarca	Portugal
España	Reino Unido de Gran Bretaña
Estados Unidos de América	Suecia
Finlandia	Suiza
Francia	Turquía
Grecia	
Holanda	

Fuente: Anexo II de la Convención Marco sobre el Cambio Climático

Finalmente cabe señalar que en el “Tercer Informe de Evaluación” del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) se confirma que, a lo largo del siglo pasado, la temperatura media global en la superficie ha aumentado; además se atribuyen, por primera vez, las causas del calentamiento observado a las actividades humanas. Es decir, sólo considerando la acción del hombre es posible explicar el aumento de

temperatura registrada en el Planeta principalmente en la segunda mitad del siglo pasado. Por ello fue necesario establecer acciones vinculantes por parte de los países para limitar las emisiones de los gases de efecto invernadero, y ello fue desarrollado en el Protocolo de Kyoto. (CoP.3).

2.2 El Protocolo de Kyoto (CoP- 3, 1997)

Un protocolo es un acuerdo internacional autónomo que está vinculado a un tratado ya existente. En este caso el Protocolo de Kyoto comparte las preocupaciones y los principios establecidos en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, pero establece asimismo compromisos más concretos y detallados que los estipulados en la CMNUCC. Con el objetivo de poner en práctica los principios de la UNFCCC, se realizan anualmente reuniones para discutir y tomar decisiones. Estas reuniones se llaman Conferencias de las Partes (CoPs). En diciembre de 1997, durante la CoP-3, realizada en Kyoto, Japón, se acordó el Protocolo de Kyoto, que compromete a los países desarrollados y a los países en transición hacia una economía de mercado a alcanzar objetivos cuantificables de reducción de emisiones.

Estos países, conocidos en la UNFCCC como Partes Anexo I, se comprometieron a reducir su emisión total de seis gases de efecto invernadero hasta al menos 5,2 por ciento por debajo de los niveles de emisión de 1990 durante el periodo 2008-2012 (el primer periodo de compromiso), con objetivos específicos que varían de país en país.

El PK también estableció tres mecanismos para asistir a las Partes del Anexo I en lograr sus objetivos nacionales de un modo costo-efectivo:

- Al comercio de emisiones entre países desarrollados.
- El Mecanismo de Implementación Conjunta (IC).
- El tercero, llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Después de la CoP.3 de Kyoto de 1997, la comunidad internacional trabajó intensamente para lograr un consenso sobre normas complementarias que facilitasen la implantación del PK. Un resumen de los acuerdos más importantes alcanzados hasta diciembre de 2004, en este proceso negociador, es el siguiente:

- En 1998, en la CoP.4 de Buenos Aires, se establece un plan que relaciona los temas que deben ser acordados para aplicarse el PK. Este acuerdo se conoce como “El Plan de Acción de Buenos Aires”.
- En 1999, en la CoP.5 realizada en Bonn, se siguen negociando los temas del citado Plan de Buenos Aires y la Unión Europea anuncia su objetivo político de ratificar el Protocolo de Kyoto en el 2002.
- En 2000, en la CoP.6 de Bonn, se alcanza un Acuerdo Político sobre temas clave de la implantación del PK, como son los aspectos financieros a tener en cuenta en los mecanismos de flexibilidad y el régimen para su cumplimiento, los sumideros, etc. Son los elementos principales del Plan de Acción de Buenos Aires, y se tendrán en cuenta posteriormente.
- En 2001, en la CoP.7 de Marrakech, se traslada el Acuerdo Político adoptado en Bonn a decisiones legales jurídicamente vinculantes. Son conocidas como los Acuerdos de Marrakech, que hicieron posible que las

Partes de la Convención pudieran iniciar sus respectivos procesos de ratificación. En ellos, se desarrolla la normativa de los mecanismos de flexibilidad formada por cuatro Decisiones: una, común, sobre el ámbito y los principios generales de estos mecanismos (decisión 15 de la CoP.7) y otras tres, relativas a las reglas de funcionamiento de los mecanismos de Aplicación Conjunta (decisión 16 de la CoP.7), Mecanismos de Desarrollo Limpio (decisión 17 de la CoP.7) y Comercio de Emisiones (decisión 18 de la CoP 7)

– En 2002, en la CoP.8 de Nueva Delhi, se producen avances significativos en aspectos técnicos sobre el Mecanismo de Desarrollo Limpio y su Junta Ejecutiva, así como algunas características de los sumideros de carbono o el tipo de metodologías que pueden ser utilizadas. Otro resultado de esta CoP fue la aprobación de la declaración de Delhi sobre Cambio Climático y Desarrollo Sostenible, donde se reafirma que el desarrollo y la erradicación de la pobreza son temas prioritarios para los países menos desarrollados, que deben compatibilizarse con la aplicación de los compromisos recogidos en la Convención.

– En 2003, en la CoP.9 de Milán, se desarrollan modalidades y procedimientos para la inclusión de la forestación y reforestación en el MDL, que como es sabido, son proyectos que tienen características muy específicas.

– En diciembre de 2004, se celebró la CoP.10 en la ciudad de Buenos Aires. Se establecieron tres decisiones importantes en el ámbito del MDL: nuevos criterios relativos a procedimientos de este tipo de proyectos, diseño de la

información precisa en proyectos de forestación y reforestación, y modalidades y procedimientos para los proyectos de sumideros de carbono de pequeña escala. Se dio, además, un fuerte apoyo al fortalecimiento de la Junta Ejecutiva del MDL.

Cabe señalar que el Protocolo de Kyoto establecía su entrada en vigor “el nonagésimo día contado desde la fecha en que hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión no menos de cincuenta y cinco Partes en la Convención, entre las que se cuenten Partes del Anexo I cuyas emisiones totales representen, por lo menos, el 55% del total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del Anexo I correspondiente a 1990”. Por lo tanto, para que el PK entrase en vigor, era preciso que lo ratificasen al menos cincuenta y cinco países, y que éstos sean responsables del 55% de las emisiones del año base.

En noviembre de 2004, 145 Partes habían ratificado el Protocolo, incluyendo países industrializados que contribuían con un 61,6% de las emisiones. **Por ello el 16 de febrero de 2005, el PK ha entrado en vigor.**

2.2.1 Gases de efecto invernadero

El efecto causado por la emisión de GEI a la atmósfera es medido por el **índice de poder de calentamiento global** (GWP). Los GEI considerados en el PK a los cuales se les atribuye mayor responsabilidad en el incremento de la temperatura global y son seis.

Los tres gases más encontrados en la naturaleza son:

- El dióxido de carbono (CO_2) que tiene un GWP igual a 1.
- El metano (CH_4) que tiene un GWP igual a 21.
- El óxido nitroso (N_2O) que tiene un GWP igual a 310.

Tres gases que resultan principalmente de la ingeniería química.

- Los hidrofluorocarbonados (HFC) que tiene un GWP igual a 1300.
- Los perfluorocarbonados (PFC) que tiene un GWP entre 6500 a 9200.
- El hexafluoruro de azufre (SF_6) que tiene un GWP igual a 22000.

2.2.2 Actividades que producen gases de efecto invernadero

Los sectores y actividades en el Mundo responsables de las mayores emisiones de gases de efecto invernadero se encuentran listados en el Anexo A del Protocolo de Kyoto, los cuales mostramos a continuación:

Energía: CO_2 - CH_4 - N_2O

Quema de combustibles, generación de energía, industrias de manufactura, construcción, transporte, combustibles sólidos (petróleo y gas natural), otros.

Procesos Industriales: CO_2 - N_2O -HFC-PFC- SF_6

Productos minerales, industria química, producción metálica, producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre, uso de solventes, otros.

Agricultura: CH_4 - N_2O

Fermentación entérica, manejo de residuos de ganaderos, cultivo de arroz, suelos agrícolas, quema de campos y de residuos agrícolas, otros.

Residuos: CH_4

Disposición de residuos sólidos, manejo de aguas residuales, incineración de basura, otros.

2.2.3 Posible escenario para el 2010

A continuación mostramos una proyección de los países que conforman el Anexo B del Protocolo de Kyoto y su posible posición en un escenario para el 2010, como compradores o vendedores de créditos de carbono.

Posibles Compradores:

Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Japón, Holanda, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, Rumania, España, Suecia, Suiza.

Posibles Vendedores:

Bulgaria, República Checa, Hungría, Polonia, Rusia, Eslovaquia, Ucrania, Reino Unido.

Como dato interesante, los países compradores, necesitarán adquirir alrededor de 1,020 millones de tCO₂e durante cada uno de los cinco años de compromiso. Esto no incluye a los Estados Unidos, que no ha ratificado el Protocolo a pesar de que necesitaría comprar el doble de lo que compran todos los países del Anexo B juntos.

2.3 Mercados de Carbono

Según una investigación del Banco Mundial, se puede decir que no existe un solo mercado de carbono, definido por un solo producto, un solo tipo de contrato o un sistema único de compradores y vendedores. Lo que llamamos “mercado de carbono” es un conjunto de transacciones en el que se **intercambian cantidades de reducciones de emisiones** de gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo, la información es limitada, especialmente aquella relativa a los precios, ya que no hay una cámara central de compensación para las transacciones de carbón.

Durante el periodo 2005 – 2007, la penalización por cada tonelada de CO₂ emitida por encima de la cantidad de derechos en poder de la instalación será de 40 euros, y a partir del 2008 ascenderá a 100 euros por tonelada de CO₂. Esta penalización no exime al emisor de presentar a las autoridades la cantidad de derechos faltantes.

Según Point Carbon, se espera que el mercado de emisiones alcance un tamaño de entre 4.200 y 7.400 millones de euros para el 2007.

2.3.1 Mercados de Carbono en el ámbito mundial

Los mercados de Carbono en el ámbito mundial podemos dividirlos en:

Mercados Kyoto

Gobiernos – Esquemas establecidos por los gobiernos para poder cumplir con los compromisos de Kyoto.

Entidades Internacionales – Entidades Internacionales que han incursionado en el mercado de carbono con el encargo de comprar reducción de emisiones para los países que aportan los fondos que administran.

Entre los más importantes tenemos:

- Financiamiento de carbono del Banco Mundial (World Bank Carbon Finance)
- Otros Fondos de Carbono destinados a la compra de CER
- Programa Latinoamericano de Carbono (PLAC)
- Fondo Holandés de la Corporación Internacional Financiera (INcaF)
- Fondo de Carbono de la KfW
- CERUPT
- Fondo de Carbono Japonés
- The European Carbon Fund

Brokers - Desarrolladores de mercado, incluyen brokers, traders, entidades financieras, consultores e instituciones auditoras, que están creciendo en número y tamaño, firmas de corretaje como NatSource, CO₂e.com ,MGM Internacional, y EcoSecurities.

Mercado no Kyoto

Mercados Voluntarios

Corporaciones- Empresas de gran tamaño como ABB, Dupont, Entergy, IBM, Shell, Ontario Power Generation, Toyota de los Unidos, Marubeni, United Technologies Corp., TransAlta, entre otras, se han comprometido de

manera voluntaria a alcanzar metas de reducción y dan la bienvenida al mercado de carbono para cumplir estos compromisos

Iniciativas federales y estatales de Los Estados Unidos - El Gobierno Federal de los Estados Unidos, a través de la administración de George W. Bush, ha presentado una alternativa al PK para reducir emisiones, estados como Massachussets, California, Nueva Jersey y otros.

2.4 Principios Fundamentales de Proyectos MDL

2.4.1 Conceptos de Proyecto MDL

El artículo 12 del Protocolo de Kyoto define el mecanismo de desarrollo limpio en los siguientes términos: “El propósito del MDL es ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención Marco y en el Anexo B del Protocolo de Kyoto, a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones.” El mecanismo de desarrollo limpio constituye, junto con el mecanismo de aplicación conjunta (AC) y el comercio internacional de emisiones los denominados mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kyoto. El propósito de los tres mecanismos es poner a disposición de las Partes del PK instrumentos de mercado que puedan facilitar el cumplimiento de los objetivos de reducción asumidos por los Países Anexo I, al proporcionar una disminución en los costes de su cumplimiento. El fundamento ambiental de los mecanismos reside en el

hecho de que el cambio climático es un problema de carácter global; por ello, el objetivo de la Convención y del Protocolo es alcanzar unas reducciones de los niveles globales de GEI en la atmósfera, siendo indistinto el conseguir las reducciones en uno u otro país.

En aplicación de esta teoría, el MDL se ha considerado prioritario por su contribución no sólo a los objetivos generales de mitigación de los efectos del cambio climático, sino al desarrollo sostenible de los países donde se ubican este tipo de proyectos.

A través del mecanismo de desarrollo limpio, un País del Anexo I que tiene compromisos cuantificados de reducción o limitación de sus emisiones de GEI, puede desarrollar proyectos que contribuyan a reducir las emisiones en países en desarrollo que no tienen objetivos en la reducción de estas emisiones. Por la realización de estos proyectos, el país recibe una cantidad de reducciones certificadas igual a la cantidad de gases reducida por los mismos, pudiendo utilizar estos certificados a efectos de contabilizar el cumplimiento de sus objetivos.

De este modo, ambas Partes obtienen los siguientes beneficios:

- Las Partes no Anexo I se benefician de una transferencia tecnológica mediante actividades de proyectos que tengan por resultado certificados de emisiones reducidas (CERs), y que contribuyen a su desarrollo sostenible.
- Las Partes Anexo I pueden utilizar las CERs generadas en los proyectos MDL, para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos de reducción o limitación de emisiones de GEI asumidos al ratificar el Protocolo de Kyoto.

Junto con la argumentación ambiental, existe otra de índole económico que justifica la existencia de este mecanismo, ya que los costes marginales de reducción de emisiones en los países en desarrollo son bastante menores que los costes de reducción en los países desarrollados.

El MDL se rige por un Acuerdo Político alcanzado en Bonn en la segunda parte de la Sexta Conferencia de las Partes, y por unas normas aprobadas en la Séptima Conferencia de las Partes celebrada en Marrakech en el año 2001 (Acuerdos de Marrakech, Decisión 17 de la CoP 7)

Así, con el fin de controlar la integridad ambiental, económica y social del mecanismo, existen condicionantes estrictos para todos los participantes en los proyectos y una estructura que supervisa su funcionamiento.

2.4.2 Actores y funciones que desarrollan

Para que pueda llevarse a cabo un proyecto MDL es necesaria la intervención de varios actores con unas funciones claramente definidas, debiendo cumplirse los denominados requisitos de elegibilidad.

Los principales actores del MDL y las funciones que deben desarrollar se exponen a continuación.

Participantes del proyecto (PP)

Pueden promover proyectos MDL las Partes incluidas en el Anexo B del Protocolo de Kyoto y entidades privadas y/o públicas autorizadas por la Parte correspondiente y participando bajo su responsabilidad. Las entidades privadas y/o públicas sólo pueden transferir y adquirir certificaciones

provenientes del MDL, si la Parte que da la autorización cumple con todos los requisitos de elegibilidad.

En su reunión decimoctava, la Junta Ejecutiva del MDL acordó que el registro de una actividad de proyecto puede realizarse sin que participe una Parte del Anexo I, figura conocida como MDL unilateral. Sin embargo, para poder adquirir CERs provenientes de proyectos unilaterales, las Partes Anexo I tienen que enviar a la Junta Ejecutiva una carta de aprobación expedida por su Autoridad Nacional Designada. Esta carta es necesaria para que la Junta dé la orden al administrador del registro de transferir las CERs correspondientes a la cuenta del país Anexo I.

Por participantes en el contexto de esta guía (PP) se entiende aquellas entidades públicas o privadas que promueven e implementan un proyecto MDL.

Autoridad Nacional Designada (AND)

Para poder participar en el MDL las Partes involucradas tienen que haber nombrado una Autoridad Nacional Designada (AND), que estará encargada de dar la aprobación a este tipo de proyectos. Las AND son responsables igualmente de autorizar la participación voluntaria de entidades privadas o públicas en el MDL. Esta figura fue regulada en los Acuerdos de Marrakech en la decisión 17 de la CoP 7, y es un actor esencial en cada uno de los países que participen en los proyectos del MDL. En algunos países, la AND se ha hecho cargo además de otras tareas como son, la preselección de proyectos, orientación a los promotores, formación, mantenimiento de un registro, etc.

Hasta la fecha (abril 2005) hay establecidas 78 Autoridades Nacionales Designadas que pueden encontrarse en la página

web: <http://cdm.unfccc.int/DNA>

Para nuestro país la Autoridad Nacional del MDL – Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)

Entidad Operacional Designada (EOD)

Una Entidad Operacional Designada es una entidad independiente acreditada por la Junta Ejecutiva del MDL (JE) y designada por la Conferencia de las Partes para realizar la validación de proyectos MDL y su presentación a la JE para aprobación y registro, así como también para la verificación y certificación de las reducciones de emisiones de GEI que generen los proyectos. Salvo en el caso de proyectos de pequeña escala, una misma EOD no puede realizar la validación, y la verificación y certificación en un mismo proyecto.

Las EOD deben, por tanto, cumplir con las siguientes funciones:

- Validar las actividades de los proyectos MDL propuestos.
- Verificar y certificar las reducciones de emisiones antropógenas de GEI.
- Demostrar que tanto ellas como sus empresas subcontratistas, no tienen un conflicto de intereses (real o potencial) con los participantes en las actividades de proyectos MDL, para cuya validación, o verificación y certificación hayan sido seleccionadas.
- Cumplir adecuadamente con una de las funciones relacionadas con las actividades del proyecto MDL propuesto: validación, o verificación y certificación. Cuando así se solicite, la Junta Ejecutiva podrá, sin embargo,

autorizar que una sola Entidad Operacional Designada cumpla todas las funciones relativas a una misma actividad de un proyecto MDL.

- Llevar una lista pública de todas las actividades de proyectos MDL de cuya validación y/o verificación y certificación se hayan responsabilizado.

- Presentar un informe anual de sus actividades a la Junta Ejecutiva.

- Poner a disposición pública la información obtenida de los participantes en proyectos MDL, cuando así se lo solicite la Junta Ejecutiva.

Además las EOD pueden presentar nuevas metodologías a la Junta Ejecutiva. Al solicitar su acreditación como EOD deben especificar en qué tipos de proyectos o actividades tienen capacidad de trabajar, escogiendo de entre una lista de sectores previamente definida que se basa en los sectores y fuentes contenidas en el Anexo A del Protocolo de Kyoto

1. Industrias energéticas (fuentes renovables y no renovables)
2. Distribución de energía
3. Demanda de energía
4. Industrias manufactureras
5. Industria química
6. Construcción
7. Transporte
8. Minería y producción de minerales
9. Producción de metales
10. Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, fuel y gas)
11. Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarburos y SF6
12. Uso de disolventes

13. Gestión y almacenamiento de residuos

14. Forestación y reforestación

15. Agricultura

Para poder acreditarse, estas entidades deben solicitarlo y pasar por un proceso complejo en el que deben quedar demostradas sus habilidades y capacidad de gestión y auditoria en los ámbitos de trabajo elegidos. Los aspectos relativos a la acreditación de EODs se tratan por un grupo de trabajo dependiente de la Junta Ejecutiva denominado Panel de Acreditación.

En Mayo de 2005 hay acreditadas y provisionalmente designadas 8 Entidades Operacionales Designadas que pueden encontrarse en la página web: <http://cdm.unfccc.int/DOE/list>.

Junta Ejecutiva (JE)

La Junta Ejecutiva (JE) es el órgano encargado de la supervisión del funcionamiento del mecanismo MDL, y está sujeta a la autoridad de la Conferencia de las Partes (CoP), en calidad de Reunión de las Partes (RP) del Protocolo de Kyoto. La Junta Ejecutiva está integrada por diez miembros procedentes de Partes del Protocolo de Kyoto, de la siguiente manera:

- Un miembro de cada uno de los cinco grupos regionales de Naciones Unidas.
- Dos miembros procedentes de Partes incluidas en el Anexo I.
- Dos miembros procedentes de Partes no incluidas en el Anexo I.
- Un miembro en representación de los pequeños Estados insulares en desarrollo.

La Junta Ejecutiva tiene un Reglamento para su funcionamiento (FCCC/CoP/2002/7/Add.3, página 5, Anexo 1), que fue aprobado en su día por la CoP, cumpliendo esencialmente las siguientes funciones:

- Formular recomendaciones a la CoP/RP sobre nuevas modalidades y procedimientos del MDL, así como las enmiendas a su Reglamento que considere procedentes.
- Informar a la CoP/RP de sus actividades en cada período de sesiones de este órgano.
- Aprobar nuevas metodologías relacionadas, entre otras, con las bases de referencia, los planes de vigilancia y los ámbitos de actuación de los proyectos.
- Acreditar a las entidades operacionales designadas (EOD), formulando las recomendaciones precisas a la CoP/RP para su designación como EOD.
- Informar a la CoP/RP sobre la distribución regional y subregional de las actividades de proyectos del MDL, con vistas a identificar los obstáculos sistemáticos o sistémicos que se oponen a su distribución equitativa.
- Poner a información pública las actividades de proyectos MDL que necesiten financiación, así como las entidades que buscan oportunidades de inversión, a fin de ayudar a conseguir fondos para la ejecución de proyectos acogidos a este mecanismo.
- Preparar y mantener a disposición pública una recopilación de las reglas, procedimientos, metodologías y normativas vigentes.
- Preparar y gestionar un registro de todos los proyectos MDL.

- Preparar y mantener a disposición del público una base de datos sobre las actividades de proyectos MDL, con información sobre los proyectos registrados, las observaciones recibidas, los informes de verificación, sus decisiones y todas las reducciones certificadas de emisión expedidas.

- Examinar el cumplimiento de las modalidades y procedimientos del MDL por parte de los participantes en los proyectos y/o las entidades operacionales responsables, e informar a este respecto a la CoP/RP.

Para llevar a cabo algunas de estas funciones la Junta Ejecutiva puede establecer comités, paneles o grupos de trabajo que le den apoyo. Hasta la fecha la Junta ha establecido las siguientes estructuras de trabajo:

- Panel de Acreditación: establecido para dar soporte a la Junta Ejecutiva y facilitarle la toma de decisiones relativas al procedimiento de acreditación de Entidades Operacionales Designadas

- Panel de Metodologías: establecido para elaborar y dar recomendaciones a la Junta Ejecutiva sobre las directrices para las metodologías de líneas base y planes de monitorización o vigilancia y sobre las nuevas metodologías que se presenten.

- Grupo de trabajo sobre forestación y reforestación: trabaja elaborando recomendaciones sobre las metodologías de líneas base y monitorización que se presenten para actividades de proyectos de forestación y reforestación.

- Grupo de trabajo de pequeña escala: trabaja elaborando recomendaciones sobre las metodologías de líneas base y monitorización que se presenten para actividades de proyectos de pequeña escala.

País anfitrión

El País anfitrión es aquella Parte del Protocolo de Kyoto no incluida en el Anexo I de la Convención en la que se implanta un proyecto MDL. Debe tener establecida una Autoridad Nacional Designada a efectos de su participación en el mecanismo.

El País anfitrión tiene la potestad de aprobar el proyecto MDL, en función de su contribución al modelo de desarrollo sostenible que soberanamente ha escogido, y a tal fin debe emitir una declaración acorde.

De los anteriores apartados puede deducirse que cada uno de los actores que intervienen en un proyecto MDL, tiene funciones claramente diferenciadas a lo largo de su ciclo de aprobación.

2.4.3 Requisitos de elegibilidad que deben cumplirse en el MDL

Como ya se ha mencionado anteriormente, para que pueda desarrollarse un proyecto MDL, tanto las tecnologías o actividades comprendidas como los actores involucrados en el mismo, deben cumplir con una serie de requisitos básicos de participación a lo largo de todo el ciclo de proyecto.

De este modo, los acuerdos de Marrakech establecen específicamente que los participantes del proyecto pueden recibir o transferir reducciones certificadas de emisiones, siempre y cuando el país que autorice su participación sea parte del protocolo de Kyoto y esté en conformidad con sus obligaciones.

A continuación se resumen estos condicionantes que deben satisfacer las Partes del Protocolo de Kyoto que participen en el proyecto, así como los criterios básicos que deben cumplirse por parte del propio proyecto.

País anfitrión

La Parte anfitrión en donde se implanta el proyecto MDL debe cumplir necesariamente los requisitos siguientes:

- Haber ratificado el Protocolo de Kyoto
- Participar voluntariamente en la actividad del proyecto MDL (tanto el país participante como las entidades privadas o públicas autorizadas por él).
- Tener establecida una Autoridad Nacional Designada para el MDL.

País incluido en el Anexo I

En el caso de participación en el proyecto de Países Anexo 1 se requieren cumplir, además de con los condicionantes a que se hace referencia en el apartado País Anfitrión, los siguientes requisitos:

- Haber calculado su Cantidad Atribuida, lo que supone tener fijado en términos de toneladas equivalentes de CO₂ el objetivo asumido por ese país en la ratificación del Protocolo de Kyoto, teniendo fijado, por tanto, su tope cuantitativo de emisiones para el primer periodo de compromiso
- Haber establecido un Registro Nacional en el cual se lleva la cuenta de todas las unidades generadas, asignadas y transferidas en el marco del Protocolo de Kyoto. A este registro será al que se lleven por parte de la Junta Ejecutiva, las RCE generadas por el proyecto MDL.

- Disponer de un Sistema Nacional para la estimación de emisiones
- Haber entregado, en su debido tiempo, el último y más reciente inventario de emisiones

El propio Proyecto

En cuanto a los proyectos en sí mismos, ni el Protocolo de Kyoto en su artículo 12 ni los Acuerdos de Marrakech, proporcionan una lista de actividades o tecnologías que califiquen a los mismos como MDL. No se establece, por tanto, un listado de tecnologías que puedan optar a participar en el mecanismo, sino que existen unos criterios básicos que deben cumplir, independientemente de la tecnología o actividad de la que se trate. Estos criterios básicos pueden resumirse de la siguiente forma:

- Los Proyectos MDL deben generar reducciones de emisiones de GEI en un país en desarrollo que sean reales, mensurables y a largo plazo.
- La delimitación del proyecto definirá el ámbito en el cual ocurre la reducción o secuestro de los gases de efecto invernadero.
- Las reducciones de emisiones de GEI generadas en el proyecto deben ser adicionales.

Este es un requisito básico para cualquier proyecto MDL. Para ser consideradas adicionales, sus emisiones de GEI deben ser menores que las emisiones que hubieran ocurrido en ausencia del mismo; además, debe demostrarse que el proyecto no se habría implementado en ausencia del mecanismo MDL.

Las reducciones adicionales de GEI serán calculadas en relación con un escenario referencial hipotético que no incluye el proyecto y teniendo las siguientes consideraciones:

- Los proyectos MDL deben contribuir al desarrollo sostenible del País anfitrión. El Protocolo de Kyoto especifica que uno de los principales objetivos del mecanismo MDL es la contribución al desarrollo sostenible de las Partes no Anexo 1. Sin embargo, no existen directrices claras para la aplicación de este requisito, sino que los Países anfitriones son soberanos para elegir el modelo de desarrollo sostenible que han de seguir y, por tanto, basta con una declaración por su parte en el sentido de que efectivamente la tecnología o actividad propuesta realiza dicha contribución.

Numerosos Gobiernos y entidades internacionales han trabajado desde hace tiempo en la elaboración de indicadores que pudieran medir la senda que debe seguir un país, para que mayoritariamente se entienda por desarrollo sostenible. Esto podría orientar a los participantes del proyecto sobre el tipo de tecnologías que en cada caso realizan esta aportación.

Varios países Latinoamericanos han elaborado procedimientos claros y transparentes que evalúan la contribución de un proyecto a su modelo de desarrollo sostenible facilitando la labor a los participantes del proyecto. Aunque la contribución al desarrollo sostenible de un proyecto MDL pertenece a la soberanía de cada país, puede decirse que se aplican generalmente criterios como los siguientes:

- Criterios sociales: como la contribución del proyecto a la mejora la calidad de vida y a las condiciones de salud de la población, a la disminución de la pobreza y a una mayor equidad entre sus habitantes.
- Criterios económicos: como la aportación del proyecto a los ingresos de entidades locales, la creación de un impacto positivo sobre la balanza de pagos del País anfitrión o a la realización de transferencias tecnológicas.
- Criterios ambientales: como la reducción de emisiones atmosféricas, la conservación de los recursos naturales locales y de la biodiversidad o la contribución a la puesta en práctica de políticas medioambientales.
- Los proyectos deben de ser compatibles con cualquier requisito legal del País anfitrión
- Las Partes deben evitar los certificados generados por proyectos que utilicen la energía nuclear.
- No podrán utilizarse fondos provenientes de la Ayuda Oficial al Desarrollo para financiar proyectos MDL.
- Por último, y aunque no se trata de un requisito básico para la elegibilidad del proyecto, se debe promover una distribución geográfica equitativa de las actividades de estos proyectos para conseguir un desarrollo limpio en los ámbitos regional y subregional, aspecto que es vigilado por la Junta Ejecutiva.

2.4.4 Calendario de implantación del MDL

La Conferencia de las Partes acordó llevar a cabo lo que se ha denominado “prompt start” del MDL, o comienzo temprano, con lo que se dio pie a un comienzo de este mecanismo independientemente de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto, que finalmente se produjo el 16 de febrero de 2005. De este modo, podemos decir que el mecanismo está plenamente operativo, habiéndose aprobado hasta mayo de 2005 varias metodologías para el cálculo de la base de referencia. En diciembre de 2004 se registró el primer proyecto MDL, ubicado en Brasil.

Así, los proyectos iniciados a partir del año 2000 podrán ser validados y registrados como proyectos MDL si se solicita su registro antes del 31 de diciembre de 2005, pudiendo utilizarse las reducciones certificadas de emisiones que se obtengan para contribuir al cumplimiento en el primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto (2008 a 2012).

2.4.5 Los Certificados de Emisiones Reducidas (CERs)

Las Reducciones Certificadas de las Emisiones (CER) son unidades expedidas de conformidad con el artículo 12 del PK y los requisitos que contiene, así como con las disposiciones pertinentes de esas modalidades y procedimientos. Un CER corresponde a una tonelada de dióxido de carbono equivalente, calculada usando los potenciales de calentamiento atmosférico definidos en la Decisión 2 de la CoP.3, con las modificaciones que posteriormente puedan ser objeto, de conformidad con el artículo 5 del PK.

Estas unidades son intercambiables con las demás unidades que generan los distintos compromisos y mecanismos del Protocolo de Kyoto, pudiendo utilizarse las mismas para justificar una parte el cumplimiento de los compromisos cuantitativos de reducción o limitación de gases de efecto invernadero de las Partes Anexo I o pudiendo comerciar con ellas en el comercio internacional de emisiones establecido por el artículo 17 del Protocolo de Kyoto.

2.5 Etapas de un Proyecto MDL

En un proyecto MDL se distinguen siete etapas:

1) Diseño:

Los participantes (PP) deberán evaluar la actividad de proyecto propuesta y los requisitos de elegibilidad. El Documento de diseño de Proyecto (DDP) incluirá la metodología y determinación de la base de referencia, el cálculo de la reducción de emisiones, y la metodología y plan de vigilancia de la actividad del proyecto.

2) Validación:

Evaluación independiente del diseño por una Entidad Operacional Designada (EOD), en relación con los requisitos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

3) Registro:

Aceptación oficial por la Junta Ejecutiva (JE) de un proyecto validado como proyecto MDL.

4) Implementación del diseño (PP).

5) Vigilancia:

La vigilancia incluye la recopilación y archivo de todos los datos necesarios para medir o estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del proyecto MDL, de la base de referencia y cálculo de las reducciones de emisiones debidas al proyecto (PP).

6) Verificación y certificación:

La verificación consiste en un examen independiente y periódico por una EOD de las reducciones de emisiones registradas unida a la certificación escrita de la EOD confirmando las reducciones de emisiones durante un tiempo determinado.

7) Expedición de las reducciones certificadas de emisiones (CER) por la Junta Ejecutiva del MDL.

2.6 Diseño

El documento de diseño del proyecto (DDP) presenta su diseño, tanto en los aspectos técnicos como organizativos, y constituye la principal aportación a las etapas de validación y registro del proyecto MDL, y también a la verificación de la reducción de emisiones antropogénicas de GEI.

El contenido del DDP debe incluir la información requerida y para ello, debe adoptar, a partir del 1 de Julio de 2004, el formato establecido por la Junta Ejecutiva en “Project Design Document Form”

De conformidad con el MDL, el idioma de trabajo de la JE es el inglés, por lo que el DDP debe ser presentado en este idioma. Sin embargo se dispone de los principales documentos relativos al MDL en los otros cinco idiomas oficiales de Naciones Unidas, incluyéndose por tanto el español, aunque hasta el momento presente sólo existe la versión oficial inglesa de los documentos citados en las referencias: (CDM-EXECUTIVE BOARD, 2004 a, b, c, d y e).

De acuerdo con el formato previsto el DDP debe incluir: la descripción de la actividad de proyecto, la aplicación al proyecto de una metodología para la base de referencia aprobada por la JE, la aplicación de una metodología de vigilancia del funcionamiento del proyecto aprobada por la JE con su correspondiente plan de vigilancia, una estimación de las reducciones de emisiones de GEI por fuentes, las repercusiones ambientales, y las alegaciones de los interesados en el proyecto.

El documento de proyecto debe ser validado por una Entidad Operacional Designada (EOD) contratada por los participantes. Asimismo debe ser sometido a información pública local e internacional, y a la aprobación y registro por la JE. Para la fase de operación, el DDP establece un plan de vigilancia que permita a los participantes calcular periódicamente las reducciones de emisiones de GEI por las fuentes.

A continuación se exponen los elementos principales del diseño de un proyecto MDL.

2.6.1 Base de referencia o Línea base

De acuerdo con las Modalidades y Procedimientos del MDL, “La Base de Referencia de un proyecto del MDL, es el escenario que representa de manera razonable las emisiones antropógenas por fuentes de GEI que se producirían de no realizarse el proyecto MDL propuesto. La base de referencia abarcará las emisiones de todas las categorías de gases, sectores y fuentes enumeradas en el Anexo A del Protocolo de Kyoto dentro del ámbito del proyecto”. Por tanto, si los participantes seleccionan una metodología aprobada por la JE y adecuada al proyecto, se considerará que la base de referencia resultado de su aplicación, representa de manera razonable las emisiones antropógenas de GEI por fuentes que se producirían si no se realizase el proyecto.

La base de referencia aplicada debe permitir:

- Calcular las emisiones de GEI que cabría esperar en los escenarios inerciales o habituales.
- Comparar las emisiones de GEI de la base de referencia con las del proyecto, para tener una estimación de la reducción de emisiones que se espera lograr con el proyecto propuesto.
- Comprobar que el proyecto es adicional, constatando que no está en la base de referencia, para que ésta represente realmente lo que ocurriría en ausencia del proyecto MDL.

Según las modalidades y procedimientos del MDL , la metodología de la base de referencia para un proyecto determinado, estará fundamentada en uno de los tres criterios que se citan literalmente a continuación:

- A) Las emisiones efectivas del momento o del pasado, según se aplique.
- B) Las emisiones con una tecnología que represente una línea de acción económicamente atractiva, teniendo en cuenta las barreras a las inversiones.
- C) Las tasas promedio de emisiones de actividades de proyecto análogas, realizadas en los cinco años anteriores en circunstancias sociales, económicas, ambientales y tecnológicas parecidas y con resultados que la sitúen dentro del 20% superior a su categoría.

Los participantes han de escoger el criterio más adecuado, teniendo en cuenta la situación técnica del sector económico en el que se integra el proyecto, y las características socio – económicas de la región del País anfitrión donde se ha de ubicar.

Si la estructura del sector económico presenta estabilidad en las emisiones antropogénicas de GEI, debe seleccionarse el criterio A), mientras que si las perspectivas del sector tienden a mejorar ambientalmente (disminución de las tasas de emisión), la metodología de la base de referencia ha de fundamentarse en el criterio C).

Si la situación socio – económica de la región presenta barreras de tipo técnico, económico o financiero al proyecto convencional, la metodología de la base de referencia debe apoyarse en el criterio B).

Los participantes pueden optar por utilizar una metodología ya aprobada por la JE, que se publican en la página web del MDL o bien proponer una nueva metodología que se adapte mejor a su proyecto, justificando su selección.

En este último caso, los participantes deben desarrollar una nueva metodología de la base de referencia basada en los criterios citados anteriormente y adecuada al proyecto, y cumplimentar el documento “Proposed New Methodology: Baseline (CDM-NMB)”, versión 01.

En este caso, los participantes deberán justificar el criterio en el que se fundamenta la nueva metodología, describirla e incluir las fuentes de los datos y las incertidumbres asociadas. La propuesta explicará de forma transparente y conservadora cómo la metodología elegida permite el desarrollo de la base de referencia del proyecto.

En base a la experiencia que se tiene hasta diciembre de 2004, un compendio ilustrativo, pero no exhaustivo de objeciones, por el que el Panel de Metodologías ha obligado la revisión de una metodología nueva de base de referencia, o a su rechazo definitivo, puede ser el siguiente:

- No hay una argumentación clara para justificar que la metodología de la base de referencia propuesta es la más apropiada.
- No se demuestra que la actividad de proyecto no es la base de referencia, ni parte de la misma.
- Falta de transparencia y/o enfoque conservador en la metodología.
- Precisión insuficiente en el análisis financiero no se ha aplicado una metodología específica al cálculo de costos.
- Falta de claridad y brevedad en la descripción de la metodología
- La metodología no es genérica.
- No se da una especificación completa en la metodología de la base de referencia propuesta.

- La adicionalidad no ha sido suficientemente demostrada.
- Las fronteras o las fugas del proyecto no están definidos suficientemente y falta de explicación de porqué las fugas son despreciables.
- Necesidad de una mejor explicación en el análisis de sensibilidad y una evaluación de las incertidumbres más detallada.
- No se da justificación de las hipótesis clave y no es factible la verificación de los parámetros clave.
- No hay justificación / verificación de los datos utilizados.
- No hay consideración de cambios en las políticas nacionales y regionales o de otras circunstancias como mejoras en ciertas tecnologías.
- No hay cálculo de un factor de emisión ex ante de la base de referencia.
- Aplicación de un PCA (potencial de calentamiento Atmosférico) equivocado.
- Hay un uso equivocado de los términos utilizados.

2.6.2 Adicionalidad

De acuerdo con las Modalidades y Procedimientos del MDL, “Un proyecto MDL es adicional si la reducción de emisiones antropógenas de GEI por fuentes es superior a la que se produciría de no realizarse el proyecto MDL propuesto”.

En la quinta reunión de la JE, se dio una definición alternativa de adicionalidad: “Un proyecto MDL es adicional si sus emisiones están por debajo de las de la base de referencia”.

De la definición de adicionalidad se deduce que un proyecto MDL no puede formar parte de la base de referencia.

Es de suma importancia comprobar si un proyecto es adicional, porque los créditos por la reducción de emisiones antropógenas de GEI sólo pueden otorgarse a este tipo de proyectos. Por ello deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El propósito de la prueba de adicionalidad es cerciorarse de que los proyectos que reciban créditos no se hubieran construido en los escenarios inerciales o habituales. Si el proyecto se hubiera desarrollado en cualquier caso, no se reducirían las emisiones por debajo de la base de referencia y, por lo tanto, no se justificaría la generación de RCE.
- El DDP, debe incluir una explicación de cómo y porqué el proyecto es adicional, y por lo tanto no puede estar incluido en la base de referencia.
- En el supuesto de una nueva metodología de base de referencia, los participantes deberán explicar cómo la metodología utilizada determina la base de referencia y, demostrar a través de la misma, la adicionalidad de un proyecto. Además, la metodología debe proporcionar criterios suficientes para calcular las emisiones de la base de referencia, asegurando la consistencia entre la elaboración de la base de referencia y las fórmulas usadas para calcular las emisiones.

Los siguientes razonamientos pueden ayudar a demostrar la adicionalidad de un proyecto MDL:

- Un diagrama de flujo o serie de preguntas que conlleven a la disminución de las opciones de bases de referencia.

- Una comparación cuantitativa o cualitativa de diferentes opciones potenciales de la base de referencia, con una constatación de que una opción diferente al proyecto MDL tiene mayores posibilidades de llevarse a cabo.

Una descripción, cuantitativa o cualitativa, de una o más barreras a que debe enfrentarse el proyecto MDL, tales como las que se indican a continuación:

- De Inversión: ¿Existe una alternativa más viable financieramente que el proyecto MDL pero que conduce a mayores emisiones?
- Tecnológicas: ¿Una alternativa menos avanzada tecnológicamente que el proyecto MDL involucra un menor riesgo, debido a la mayor incertidumbre de la nueva tecnología o a que ésta cubre una menor proporción del mercado. Pero, la tecnología convencional conduce a mayores emisiones?
- Escenarios inerciales: ¿Los escenarios inerciales, o las regulaciones, o los requerimientos políticos podrían llevar a la implantación de una tecnología con mayores emisiones que los del proyecto MDL?
- Otras barreras: ¿Sin el proyecto MDL propuesto, y por razones específicas identificadas por los participantes, tales como barreras institucionales, de información limitada, escasos recursos directivos, poca capacidad organizativa, pocos recursos financieros, o poca capacidad para asimilar nuevas tecnologías, las emisiones del País anfitrión serían mayores?
- El tipo de proyecto MDL propuesto no es típico en el área geográfica de su implantación, y no es exigido por la legislación o regulación del País anfitrión.

2.6.3 Período de acreditación

Se entiende por periodo de acreditación el tiempo en que una EOD verifica y certifica las reducciones de emisiones de GEI debidas a la actividad del Proyecto, a fin de la JE pueda dar su aprobación a la expedición de las reducciones certificadas de emisiones (RCE).

Los participantes deben indicar en el documento del proyecto, la fecha de iniciación y tiempo de funcionamiento del proyecto, así como el periodo de acreditación. Los participantes pueden elegir entre un periodo de acreditación fijo **máximo de diez años** no renovable, o un periodo de **siete años renovable como máximo dos veces**, siempre que una EOD determine en las renovaciones la validez de la base de referencia original e informe a la JE.

2.6.4 Vigilancia

La etapa de vigilancia comprende la recopilación y archivo de los datos necesarios durante el periodo de acreditación para determinar la validez de la base de referencia, y estimar o medir las emisiones antropógenas por las fuentes de GEI en el ámbito del proyecto, así como también fuera de este ámbito si son mensurables y atribuibles al mismo, denominadas fugas.

Para ello los participantes deberán desarrollar un Plan de Vigilancia que se corresponda con las obligaciones establecidas en el párrafo anterior, Plan que debe elaborarse utilizando una metodología de vigilancia aprobada por la JE.

En el caso que no exista una metodología de vigilancia aprobada aplicable al proyecto, los participantes deben desarrollar una nueva metodología de vigilancia que se ajuste a la actividad del proyecto, y complementar el documento “Proposed New Methodology: Monitoring (CDM-NMM)”

Hay que señalar que las metodologías de la base de referencia y vigilancia están íntimamente relacionadas, por lo que siempre se utilizarán juntas. Además es importante volver a señalar que ambas metodologías deben servir para demostrar la adicionalidad del Proyecto.

Las metodologías de base de referencia y de vigilancia en estudio, aprobadas, o aprobadas y consolidadas por la JE se hacen públicas en la página Web del MDL, con la referencia NMXXXX, siendo XXXX el orden de presentación para las que están en proceso de aprobación; AMXXXX para las aprobadas, y ACMXXXX para las aprobadas y consolidadas, donde XXXX indica el orden de aprobación, o aprobación – consolidación en cada caso. Este proceso es muy dinámico, ya que las metodologías aprobadas pueden combinarse con propuestas posteriores para establecer metodologías más robustas, siendo, por tanto, recomendable revisar constantemente la página Web del MDL. (<http://cdm.unfccc.int/methodologies>)

Hasta diciembre de 2004 se habían aprobado 19 metodologías, y se habían aprobado y consolidado las dos metodologías siguientes:

- ACM0001: “Metodología consolidada de base de referencia y de vigilancia para proyectos de gases de vertedero”

- ACM0002: “Metodología consolidada de base de referencia y de vigilancia para generación eléctrica conectada a la red de emisión cero, a partir de fuentes renovables”.

Además para proyectos MDL de pequeña escala hay quince metodologías aprobadas de referencia AMS – categoría de la actividad del proyecto.

En base a lo sucedido hasta diciembre de 2004, al igual que ha ocurrido con las nuevas metodologías de la base de referencia, las razones principales para la no aprobación de una metodología nueva de vigilancia han sido las siguientes:

- No se ha podido aprobar la metodología de vigilancia propuesta debido al rechazo de la metodología de la base de referencia.
- No se considera coherente con la base de referencia.
- Falta un listado de todos los datos que hay que medir y archivar.
- No se ha considerado la vigilancia de fugas potenciales.
- La vigilancia debería ser más frecuente.
- Hay una falta de descripción suficiente del equipo de medición.
- La calibración de la instrumentación debería hacerse más frecuentemente.
- Hay una falta de transparencia en todas las hipótesis utilizadas en el cálculo de las emisiones.
- Los cálculos y algoritmos han sido incluidos en el DDP.
- No hay justificación suficiente de que las hipótesis utilizadas para los cálculos de emisiones sean conservadoras.
- Se necesitan cálculos adicionales de importancia.
- La especificación de los datos debe ser más completa.

- No hay suficiente seguimiento de la regulación / legislación nacional ni regional.

Los planes de vigilancia dependen del tipo de proyectos, ya que en unos la reducción de emisiones es la diferencia entre las emisiones de la base de referencia y las emisiones del proyecto, mientras que en otros es resultado directo del proyecto; existen, por ello, las dos opciones de vigilancia que se indican a continuación:

- Opción 1: Vigilancia de las emisiones de los escenarios del proyecto MDL y de la base de referencia. (CDM-EXECUTIVE BOARD, 2004).
- Opción 2: Vigilancia directa de la reducción de emisiones debidos al proyecto (CDMEXECUTIVE BOARD, 2004).

Asimismo se exige una garantía de calidad en los datos utilizados, así como su conservación en los archivos hasta dos años después de la finalización del periodo de acreditación.

La ejecución del Plan de Vigilancia es requisito para la verificación, certificación y expedición de las certificación de emisiones reducidas (CERs).

2.6.5 Repercusiones ambientales

Los participantes deben analizar los impactos ambientales del proyecto, considerando el documento del proyecto si éste produce un impacto ambiental significativo, incluidos los impactos transfronterizos.

En caso de que los impactos ambientales se consideren significativos, los participantes deberán exponer los medios previstos para su mitigación.

Estudios de Impacto Ambiental en un proyecto MDL

La política ambiental de los países debe ser orientada hacia la existencia y desarrollo de proyectos de inversión, en donde hay que conciliar la estrategia de crecimiento económico con la debida protección del medio ambiente. Las inversiones publicas y/ o privadas deben estar orientadas al uso sustentable de los recursos naturales, sin que por ello se afecte el desarrollo económico. En la práctica el objetivo será incorporar la dimensión ambiental en la evaluación de proyectos y actividades.

La responsabilidad de implementar y administrar un sistema para evaluar el impacto Ambiental es del gobierno y la verificación de su aplicación a algún proyecto MDL lo debe hacer la Entidad Operacional Designada. El impacto ambiental se debe evaluar en el área de influencia de un proyecto. Los límites del proyecto deben abarcar todas las emisiones antropógenas de GEI bajo el control del titular, que son significativas y que razonablemente pueden ser atribuidas al proyecto MDL.

Durante la ejecución del proyecto, se debe hacer una evaluación de los impactos ambientales y sociales. Si durante la implementación del proyecto, ocurren impactos negativos, el proyecto debe hacer una amplia notificación pública; para que no se vea afectada su credibilidad.

Las reglas para la selección de cualquier proyecto MDL deben de ser tales que protejan los ecosistemas, eviten impactos indeseables y promuevan el cumplimiento de la normativa. Los proyectos deben ser consistentes con los objetivos y la evolución de los convenios sobre medio ambiente, al igual que

con la legislación ambiental local y/o nacional. La metodología para calcular bases de referencia y fugas, debe de ser sólida.

Todo proyecto MDL debe hacerse con una actitud y tendencia positiva, por lo que tanto para los resultados como las aplicaciones hay que ser específicos, evitando que el sensacionalismo – catastrofismo sesgue la información y por lo tanto la decisión de su aceptación o rechazo.

En el caso de que el proyecto reduzca las emisiones de GEI por encima de los valores estimados en el DDP – MDL, hay que realizar conservadoramente los cálculos para demostrar esta disminución de las emisiones, citando el impacto logrado en casos similares.

Si no hay un procedimiento de consulta, y existe un grupo de personas que puedan ser afectados por el proyecto MDL, los participantes deben realizar las siguientes acciones:

1. Identificar a los interesados locales afectados, o posiblemente afectados, por el proyecto. Los interesados pueden ser personas, grupos o comunidades.
2. Desarrollar un programa de comunicación que incluya la explicación escrita o verbal del mecanismo MDL, una descripción del proyecto y de sus posibles impactos así como una explicación del documento de proyecto (DDP).
3. Invitar a los interesados identificados para que hagan alegaciones sobre los aspectos del proyecto MDL. La invitación puede hacerse publicando un anuncio cuando menos en un periódico local, solicitando los comentarios por escrito y citando a una reunión explicativa.

La invitación debe mencionar que se puede solicitar y obtener:

- La información que describe el MDL.
- El documento de proyecto, DDP.
- La información de los posibles impactos de la actividad del proyecto.

4. Registrar todas las respuestas. Esto puede hacerse bien a través de las actas de las reuniones con los interesados o en un resumen escrito que identifique y responda a los principales cuestionamientos.

5. El informe escrito de la consulta a los interesados que deberá contener tanto las respuestas escritas como las verbales, y presentar todos los comentarios, incluidos las objeciones y apoyos al proyecto, e indicar claramente las medidas acordadas por los participantes para aliviar las inquietudes de los interesados locales. Se deberá mencionar la forma de localizar a los mismos.

En algunos casos puede ser difícil para los participantes definir quiénes son los interesados en relación con un proyecto. El desarrollo de una base de datos a nivel de país con este propósito, puede ser de utilidad para mantener la transparencia precisa y conocer las prioridades nacionales para un desarrollo sostenible.

2.6.6 Aprobación por el País anfitrión

Los participantes deben tener la aprobación por escrito de la Autoridad Nacional Designada (AND) en este Perú el CONAM, de la Parte interesada,

que consiste en la autorización a una o varias entidades específicas a participar como proponentes de una determinada actividad de proyecto MDL. El país debe haber ratificado el Protocolo de Kyoto, y la AND debe emitir una carta de aprobación de participación voluntaria en la actividad MDL propuesta y una declaración de que el proyecto contribuye a su Desarrollo Sostenible.

Es por tanto responsabilidad de los participantes someter el proyecto MDL a aprobación de la AND del País anfitrión como paso previo al informe de validación de la EOD y por tanto al registro del mismo por la Junta Ejecutiva del MDL. Las AND puede además establecer los requisitos que consideren oportunos para la aprobación de proyectos MDL en su territorio.

Por lo tanto, es conveniente que los participantes contacten con la AND de la Parte anfitrión en la iniciación del proyecto, para verificar que el país cumple con todos los requisitos exigidos; orientar adecuadamente el desarrollo del proyecto y conocer qué reglamentos y normas se aplican en el país con respecto a los proyectos MDL. Si la Parte anfitrión todavía no cumple con alguno de los requisitos, es importante verificar si su política ambiental es concordante con respecto a la Convención Marco y al Protocolo de Kyoto, que pueda asegurar en un futuro próximo el cumplimiento de los requisitos de elegibilidad.

La aprobación del proyecto en este ámbito debe estar anexada al final del documento del proyecto.

2.7 Validación

Esta etapa del ciclo de proyecto consiste en una evaluación independiente de las actividades de proyecto MDL, por una Entidad Operacional Designada (EOD), que constata el cumplimiento de todos los requisitos establecidos por los Modalidades y Procedimientos (MP) del MDL, y las decisiones de la CoPs en base al Documento de Diseño del Proyecto. Estas entidades son contratadas por los participantes, que pueden elegir entre las acreditadas por la JE del MDL.

La Entidad Operacional Designada debe constatar que están tratados correctamente los siguientes puntos:

- El proyecto es voluntario y está aprobado por la Parte anfitrión.
- El proyecto cumple con las Modalidades y Procedimientos de las MP del MDL, y regulaciones posteriores que haya aprobado la JE.
- El documento del proyecto está completo.
- Las metodologías de la base de referencia y de vigilancia elegidas están aprobadas por la JE, son aplicables a la actividad del proyecto, y están utilizadas correctamente o bien se proponen metodologías nuevas que deben ser aprobadas previamente por la JE.
- Se demuestra la adicionalidad de la actividad de proyecto.
- Los límites de emisión del proyecto incluyen todas las fuentes de emisión de GEI que están bajo el control de los participantes, y se tienen en consideración las posibles fugas para hacer los ajustes correspondientes.
- Los cálculos de la base de referencia son conservadores y tienen en cuenta las incertidumbres.

- Los cálculos son adecuados para la actividad del proyecto y reflejan las circunstancias nacionales y sectoriales, incluyendo escenarios futuros viables en base a las circunstancias del País anfitrión.
- La base de referencia no incluye factores externos a los límites del proyecto, como pueden ser los desastres naturales.
- El proyecto incluye un plan de vigilancia efectivo y fiable.
- Se ha seleccionado el periodo de acreditación.
- El proyecto incluye un informe resumido de los comentarios recibidos de los interesados locales.
- El proyecto incluye, si es necesario, un estudio de impacto ambiental.

Durante la fase de validación, la EOD debe dirigirse a los interesados internacionales, especialmente a las organizaciones no gubernamentales (ONG) acreditadas ante la CMNUCC, para invitarles a realizar observaciones sobre el proyecto MDL, e incluir en el informe de validación el análisis de estas opiniones y la manera en que fueron resueltas.

La Entidad Operacional Designada, una vez comprobado que la documentación preparada por los participantes es correcta y completa, debe proceder a su remisión a la JE, unido a su informe razonado de validación.

2.8 Registro

El registro es la aceptación oficial de un proyecto MDL por la JE a petición de la EOD que lo ha validado. Es una etapa imprescindible para las fases

siguientes del ciclo: verificación, certificación y expedición de las reducciones certificadas de emisiones (RCE).

La EOD deberá presentar una solicitud de registro ante la JE en forma de informe de validación, incluyendo el documento de proyecto (DDP), la aprobación del proyecto por la Parte anfitrión, y una explicación sobre las alegaciones recibidas y cómo se ha tenido en cuenta.

Transcurridas ocho semanas desde la presentación de solicitud, el proyecto MDL se considerará registrado, a no ser que una Parte relacionada con el proyecto o al menos tres miembros de la JE pidan una revisión del proyecto.

Esta revisión se referirá a los requisitos de validación, y finalizará como máximo en la segunda reunión de la JE celebrada después de la solicitud de revisión.

2.9 Implantación y Vigilancia

Una vez que un proyecto MDL ha sido registrado por la JE, los participantes pueden proceder a su implantación, exceptuándose los proyectos iniciados en el año 2000 y cuyo registro se solicite antes del 31 de diciembre del 2006, en cuyo caso la implantación puede ser anterior al registro.

Los participantes son responsables de la vigilancia de la actividad del proyecto en la fase operativa, que debe realizarse de acuerdo con las exigencias del plan de vigilancia incluido en el documento de diseño del proyecto validado.

El plan de vigilancia se activará, por tanto, al iniciarse el funcionamiento normal del proyecto MDL registrado. A partir de los datos obtenidos, los participantes estimarán o medirán las reducciones de emisiones antropogénicas de GEI, por fuentes, producidas por la actividad del proyecto en un tiempo determinado.

Los participantes deberán emitir un informe de vigilancia, que incluya las reducciones citadas en el párrafo anterior y someterlo a una EOD para su verificación y certificación.

2.10 Verificación y Certificación

La Verificación de un proyecto MDL es el examen periódico e independiente, y la determinación a posteriori por una Entidad Operacional Designada (EOD), de las reducciones vigiladas de emisiones antropógenas por fuentes de GEI que han ocurrido como resultado de una actividad del proyecto MDL.

La Certificación es la constancia por escrito de la Entidad Operacional Designada de que, durante un periodo de tiempo especificado, una actividad de proyecto alcanzó las reducciones de emisiones antropógenas por fuentes de los GEI, tal como se habían verificado.

Es responsabilidad de los participantes contratar una EOD entre las entidades operacionales acreditadas por la JE para llevar a cabo la verificación y certificación. La EOD elegida debe ser diferente de la que realizó la validación.

Asimismo, los participantes, de acuerdo con la EOD, deben determinar con qué frecuencia se han de llevar a cabo las verificaciones a lo largo de la actividad de proyecto.

La Entidad Operacional Designada será responsable en las etapas de verificación y certificación del ciclo del proyecto, que deberá incluir las siguientes acciones:

- Determinar que la documentación presentada concuerda con los requerimientos del DDP registrado, con las disposiciones pertinentes de la decisión y con las decisiones pertinentes de la CoPs.
- Realizar las inspecciones “in situ”, necesarias, que podrán incluir un examen de los resultados logrados, entrevistas con los participantes y con los interesados locales, una recopilación de las mediciones, y la comprobación de la exactitud precisa del equipo de vigilancia.
- Usar datos adicionales de otras fuentes, si procede.
- Examinar los resultados de la vigilancia, comprobando que las metodologías para la estimación de las CERs por fuentes han sido aplicadas correctamente, y que la documentación correspondiente sea completa y transparente.
- Recomendar a los participantes las modificaciones en la metodología de vigilancia que estime convenientes.
- Determinar las CERs por fuentes de GEI que no se habrían producido de no realizarse la actividad de proyecto del MDL, a partir de los datos y la información que se deriven de lo dispuesto en los tres primeros puntos de

este epígrafe, utilizando procedimientos de cálculo que sean compatibles con los señalados en el documento de proyecto y en el plan de vigilancia.

- Determinar y comunicar a los participantes los problemas que puedan suscitarse respecto a la coherencia entre la actividad real y el DDP registrado. Los participantes deberán ocuparse de esos problemas y presentar la información adicional que fuera necesaria.

- Presentar un informe de verificación a los participantes, a las Partes interesadas y a la Junta Ejecutiva. El informe se pondrá a disposición pública.

Asimismo la EOD deberá, basado en su informe de verificación, certificar por escrito que durante el periodo de tiempo especificado, la actividad de proyecto alcanzó la cantidad verificada de reducciones de emisiones de GEI por fuentes, que no hubieran ocurrido en ausencia de la actividad de proyecto MDL. También Informará por escrito a los participantes, a las Partes interesadas y a la Junta Ejecutiva de su decisión de certificación. Al terminar el proceso de certificación, pondrá inmediatamente a información pública el informe de certificación.

2.11 Expedición de Certificados de Emisiones Reducidas (CERs)

El informe de certificación es, en sí mismo, una solicitud a la JE de expedición de las CERs equivalentes a la cantidad verificada de reducciones de emisiones antropógenas por fuentes de los GEI.

La expedición debe hacerse en un plazo de 15 días a partir de la recepción, a menos que sea solicitada una revisión por alguna de las Partes interesadas en la actividad de proyecto, o por al menos tres miembros de la JE. La revisión se limita a cuestiones de fraude, incorrección o incompetencia de la EOD, y debe quedar concluida en un plazo de 30 días.

Al recibir el Administrador del Registro del MDL, instrucciones de la JE para expedir las CERs resultantes de la actividad del proyecto MDL, las expedirá y abonará en la cuenta de transición de la JE del registro del MDL. A continuación el Administrador del Registro transferirá:

- La cantidad de CERs equivalente a los gastos administrativos y de adaptación, a la cuenta del Registro prevista para estos fondos
- La cantidad de CERs restantes a las cuentas de las Partes y de los participantes según lo indicado en la solicitud

2.12 La Biomasa en el mundo

Después de haber tratado el ciclo del proyecto MDL, tratare ahora el tema de la Biomasa, para la población mundial las formas más familiares de energía renovable son las que provienen del sol y del viento. Sin embargo existen otras fuentes de biomasa, como leña, carbón de leño, cascarilla de arroz, que proveen un alto porcentaje de la energía consumida en el mundo y tienen potencial para suplir mayores volúmenes.

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en

energía; 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). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego.

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 cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bio-químico.

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. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia

orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente.

2.13 Economías rurales en base a la Biomasa

En economías de orientación agrícola, como las de los países centroamericanos, el uso apropiado de la biomasa ofrece una alternativa para reducir los costos de operación por concepto de insumos energéticos; además, es una solución para los problemas higiénico-ambientales que, en muchos casos, presentan los desechos orgánicos.

Las denominadas “granjas energéticas” pueden suplir un porcentaje significativo de los requerimientos energéticos mundiales y al mismo tiempo, revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura, logrando importantes beneficios ambientales. Las comunidades rurales pueden ser, entonces, energéticamente auto suficientes en un alto grado, a partir del uso racional de los residuos y administrando inteligentemente la biomasa disponible en la localidad.

Actualmente, los procesos modernos de conversión solamente suplen 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Ésta suple, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza un 14% del total de la energía consumida en el nivel mundial.

2.14 El Recurso Biomásico

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen.

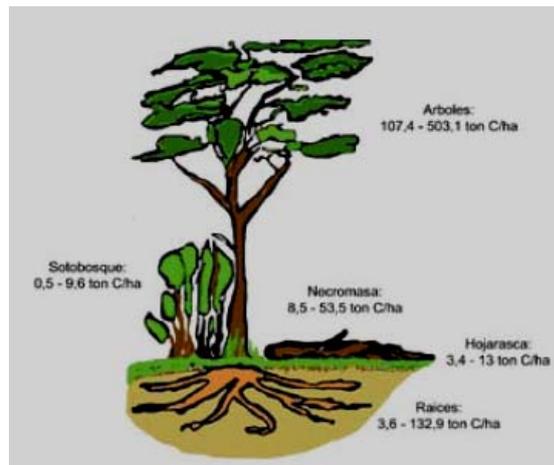


Figura 1. Distribución del carbono en un Bosque primario

En la figura se muestran los contenidos de carbono en la biomasa existente en un bosque primario. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar.

Entonces, se produce en forma sostenida o sea en el mismo nivel en que se consume esa batería durará indefinidamente.

Los recursos biomásicos incluyen cualquier fuente de materia orgánica, como desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y basura urbana. Su disponibilidad varía de región a región, de acuerdo con el clima, el tipo de suelo, la geografía, la densidad de la población, las actividades productivas, etc.

2.15 Fuentes de biomasa

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes: los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas, se usan, generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de combustibles fósiles.

2.16 El Recurso Biomásico limitante

La principal limitante para las plantaciones a gran escala, es el terreno pues se requieren grandes extensiones de tierra para lograr una producción de energía rentable. Por esta razón, son factibles cuando se desarrollan con algún tipo de producción agrícola paralela, como por ejemplo, el maíz, la caña de azúcar y la palma de aceite.

2.17 Residuos forestales

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada. Se considera que, de cada árbol extraído para la producción maderera, sólo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20%. Se estima que un 40% es dejado en el campo, en las ramas y raíces, a pesar de que el potencial energético es mucho mayor y otro 40% en el proceso de aserrío, en forma de astillas, corteza y aserrín. La mayoría de los desechos de aserrío son aprovechados para generación de calor, en sistemas de combustión directa; en algunas industrias se utilizan para la generación de vapor. Los desechos de campo, en algunos casos, son usados como fuente de energía por comunidades aledañas, pero la mayor parte no es aprovechada por el alto costo del transporte.

2.18 Desechos agrícolas

La agricultura genera cantidades considerables de desechos se estima que, en cuanto a desechos de campo, el porcentaje es más del 60%, y en desechos de proceso, entre 20% y 40%. Al igual que en la industria forestal, muchos residuos de la agroindustria son dejados en el campo. Aunque es necesario reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía.

2.19 Desechos urbanos

La población urbana genera una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras. Nuestro país carece de adecuados sistemas para su procesamiento, lo cual genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas; sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación. Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (metano, dióxido de carbono, entre otros) que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen un considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de “energía limpia”.

En el corto y mediano plazo, la planificación urbana deberá incluir sistemas de tratamiento de desechos que disminuyan eficazmente las emanaciones nocivas de los desechos al ambiente, dándoles un valor de retorno por medio del aprovechamiento de su contenido energético, pues aproximadamente el 80% de toda la basura orgánica urbana puede ser convertida en energía.

2.20 Algunas características de la biomasa

Para evaluar la factibilidad técnica y económica de un proceso de conversión de biomasa en energía, es necesario considerar ciertos parámetros y condiciones que la caracterizan. Éstos se explican a continuación y determinan el proceso de conversión más adecuado a la vez permiten

realizar proyecciones de los beneficios económicos y ambientales esperados:

- Tipo de biomasa: Los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión energética que pueden aplicarse a cada tipo en particular. Por ejemplo, los desechos forestales indican el uso de los procesos de combustión directa o procesos termoquímicos; los residuos animales indican el uso de procesos anaeróbicos (bioquímicos), etc.

- Composición química y física: Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar; por ejemplo, los desechos animales producen altas cantidades de metano, mientras que la madera puede producir el denominado "gas pobre", que es una mezcla rica en monóxido de carbono (CO). Por otro lado, las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.

- Contenido de humedad (HR): El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía.

- Porcentaje de cenizas: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos

que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, ésta puede ser utilizada; por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de concreto o para la fabricación de filtros de carbón activado.

- Poder calórico: El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material.

- Densidad aparente: Esta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, bajo condiciones dadas. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y, algunas veces, presentan problemas para fluir por gravedad, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.

- Recolección, transporte y manejo: Las condiciones para la recolección, el transporte y el manejo en planta de la biomasa son factores determinantes en la estructura de costos de inversión y operación en todo proceso de conversión energética. La ubicación del material con respecto a la planta de procesamiento y la distancia hasta el punto de utilización de la energía

convertida, deben analizarse detalladamente para lograr un nivel de operación del sistema por encima del punto de equilibrio, con relación al proceso convencional.

2.21 Procesos de conversión

Antes de que la biomasa pueda ser usada para fines energéticos, tiene que ser convertida en una forma más conveniente para su transporte y utilización. A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad.

Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la cogeneración.

A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- Procesos de combustión directa.
- Procesos termoquímicos.
- Procesos bioquímicos.

2.21.1 Procesos de combustión directa

Esta es la forma más antigua y más común, hasta hoy, para extraer la energía de la biomasa. Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por

ejemplo, para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas. Además, éste se puede aprovechar en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad. Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado. Los procesos tradicionales de este tipo, generalmente, son muy ineficientes porque mucha de la energía liberada se desperdicia y pueden causar contaminación cuando no se realizan bajo condiciones controladas. Estos resultados se podrían disminuir considerablemente con prácticas mejoradas de operación y un diseño adecuado del equipo. Por ejemplo, secar la biomasa antes de utilizarla reduce la cantidad de energía perdida por la evaporación del agua y para procesos industriales, usar pequeños pedazos de leña y atender continuamente el fuego supliendo pequeñas cantidades resulta en una combustión más completa y, en consecuencia, en mayor eficiencia. Asimismo, equipos como los hornos se pueden mejorar con la regulación de la entrada del aire para lograr una combustión más completa y con aislamiento para minimizar las pérdidas de calor.

Densificación: Esta se refiere al proceso de compactar la biomasa en “briquetas”, para facilitar su utilización, almacenamiento y transporte. Las briquetas son para usos domésticos, comerciales e industriales. La materia prima puede ser aserrín, desechos agrícolas y partículas de carbón vegetal, el cual se compacta bajo presión alta.

2.21.2 Procesos termoquímicos

Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su utilización y transporte. Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas, sin hacerlo completamente, su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y electricidad. Dependiendo de la tecnología, el producto final es un combustible sólido, gaseoso, o combustible líquido. El proceso básico se llama pirolisis o carbonización e incluye:

- Producción de carbón vegetal: este proceso es la forma más común de la conversión termo-química de temperatura mediana. La biomasa se quema con una disponibilidad restringida de aire, lo cual impide que la combustión sea completa. El residuo sólido se usa como carbón vegetal, el cual tiene mayor densidad energética que la biomasa original, no produce humo y es ideal para uso doméstico. Usualmente, este carbón es producido de la madera, pero también se usan otras fuentes como cáscara de coco y algunos residuos agrícolas. La forma más antigua, y probablemente aún la más empleada para producirlo, son los hornos de tierra y los de mampostería. El primero es una excavación en el terreno en la que se coloca la biomasa, la cual es luego cubierta con tierra y vegetación para prevenir la combustión completa. Los segundos son construidos de tierra, arcilla y ladrillo. Los hornos modernos son conocidos como retortas y fabricados en acero; conllevan cierta complejidad por su diseño y operación, lo que incrementa considerablemente los costos de inversión en

comparación con los tradicionales, pero eleva su eficiencia y capacidad de producción, así como la calidad del producto.

Gasificación: tipo de pirolisis en la que se utiliza una mayor proporción de oxígeno a mayores temperaturas, con el objetivo de optimizar la producción del llamado “gas pobre”, constituido por una mezcla de monóxido de carbono, hidrógeno y metano, con proporciones menores de dióxido de carbono y nitrógeno.

Este se puede utilizar para generar calor y electricidad, y se puede aplicar en equipos convencionales, como los motores de diesel. La composición y el valor calorífico del gas dependen de la biomasa utilizada, como por ejemplo: madera, cascarilla de arroz, o cáscara de coco. Existen diferentes tecnologías de gasificación y su aplicación depende de la materia prima y de la escala del sistema.

La gasificación tiene ciertas ventajas con respecto a la biomasa original:

- El gas producido es más versátil y se puede usar para los mismos propósitos que el gas natural.
- Puede quemarse para producir calor y vapor y puede alimentar motores de combustión interna y turbinas de gas para generar electricidad.
- Produce un combustible relativamente libre de impurezas y causa menores problemas de contaminación al quemarse. Sin embargo, la operación de gasificación es más complicada. En principio, un gasificador simple puede ser construido en talleres metal mecánicos convencionales, pero se requiere experiencia y un prolongado período de ajuste para llevar el sistema a sus condiciones óptimas de operación.

2.21.3 Procesos Bioquímicos

Estos procesos utilizan las características bioquímicas de la biomasa y la acción metabólica de organismos microbiales para producir combustibles gaseosos y líquidos. Son más apropiados para la conversión de biomasa húmeda que los procesos termoquímicos. Los más importantes son:

- Digestión anaeróbica: la digestión de biomasa humedecida por bacterias en un ambiente sin oxígeno (anaeróbico) produce un gas combustible llamado biogás. En el proceso, se coloca la biomasa (generalmente desechos de animales) en un contenedor cerrado (el digestor) y allí se deja fermentar; después de unos días, dependiendo de la temperatura del ambiente, se habrá producido un gas, que es una mezcla de metano y dióxido de carbono. La materia remanente dentro del digestor es un buen fertilizante orgánico. Los digestores han sido promovidos fuertemente en China e India para usos domésticos en sustitución de la leña. También se pueden utilizar aguas negras y mieles como materia prima, lo cual sirve, además, para tratar el agua.

- Combustibles alcohólicos: de la biomasa se pueden producir combustibles líquidos como etanol y metanol. El primero se produce por medio de la fermentación de azúcares y, el segundo por la destilación destructiva de madera. Esta tecnología se ha utilizado durante siglos para la producción de licores y más recientemente, para generar sustitutos de combustibles fósiles para transporte, particularmente en Brasil. Estos combustibles se pueden

utilizar en forma pura o mezclados con otros, para transporte o para la propulsión de máquinas.

- Biodiesel: a diferencia del etanol, que es un alcohol, el biodiesel se compone de ácidos grasos y ésteres alcalinos, obtenidos de aceites vegetales, grasa animal y grasas recicladas. A partir de un proceso llamado “transesterificación”, los aceites derivados orgánicamente se combinan con alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente para formar ésteres grasos como el etil o metilo éster. Estos pueden ser mezclados con diesel o usados directamente como combustibles en motores comunes. El biodiesel es utilizado, típicamente, como aditivo del diesel en proporción del 20%, aunque otras cantidades también sirven, dependiendo del costo del combustible base y de los beneficios esperados. Su gran ventaja es reducir considerablemente las emisiones, el humo negro y el olor.

- Gas de rellenos sanitarios: se puede producir un gas combustible de la fermentación de los desechos sólidos urbanos en los rellenos sanitarios.

Éste es una mezcla de metano y dióxido de carbono. La fermentación de los desechos y la producción de gas es un proceso natural y común en los rellenos sanitarios; sin embargo, generalmente este gas no es aprovechado. Además de producir energía, su exploración y utilización reduce la contaminación y el riesgo de explosiones en estos lugares y disminuye la cantidad de gases de efecto invernadero. Actualmente, la combustión directa es el proceso más aplicado para usos energéticos de la biomasa.

Procesos más avanzados como la gasificación y la digestión anaeróbica han sido desarrollados como alternativas más eficientes y convenientes para

facilitar el uso de la biomasa con equipos modernos. Sin embargo, hasta la fecha, la aplicación de estos últimos no es tan común por tener un costo más alto y la complejidad de su aplicación.

2.22 Formas de energía

Aplicando los diferentes procesos de conversión, la biomasa se puede transformar en diferentes formas de energía:

- Calor y vapor: es posible generar calor y vapor mediante la combustión de biomasa o biogás. El calor puede ser el producto principal para aplicaciones en calefacción y cocción, o puede ser un subproducto de la generación de electricidad en ciclos combinados de electricidad y vapor.
- Combustible gaseoso: el biogás producido en procesos de digestión anaeróbica o gasificación puede ser usado en motores de combustión interna para generación eléctrica, para calefacción y acondicionamiento en el sector doméstico, comercial e institucional y en vehículos modificados.
- Biocombustibles: la producción de biocombustibles como el etanol y el biodiesel tiene el potencial para reemplazar cantidades significativas de combustibles fósiles en muchas aplicaciones de transporte. El uso extensivo de etanol en Brasil ha demostrado, durante más de 20 años, que los biocombustibles son técnicamente factibles a gran escala. En los Estados Unidos y Europa su producción está incrementándose y se están comercializando mezclados con derivados del petróleo. Por ejemplo, la

mezcla denominada E20, constituida 20% de etanol y 80% de petróleo, resulta aplicable en la mayoría de motores de ignición.

Actualmente, este tipo de combustible es subsidiado por los gobiernos, pero, en el futuro, con el incremento en los cultivos energéticos y las economías de escala, la reducción de costos puede hacer competitiva su producción.

- Electricidad: la electricidad generada a partir de los recursos biomásicos puede ser comercializada como “energía verde”, pues no contribuye al efecto invernadero por estar libre de emisiones de dióxido de carbono (CO_2). Este tipo de energía puede ofrecer nuevas opciones al mercado, ya que su estructura de costos permitirá a los usuarios soportar mayores niveles de inversión en tecnologías eficientes, lo cual incrementará la industria bioenergética.

- Cogeneración (calor y electricidad): la cogeneración se refiere a la producción simultánea de vapor y electricidad, la cual se aplicaría en muchos procesos industriales que requieren las dos formas de energía.

En América este proceso es muy común en los ingenios de azúcar, los cuales aprovechan los desechos del proceso, principalmente el bagazo. Por la alta cantidad de bagazo disponible, tradicionalmente, la cogeneración se realiza en una forma bastante ineficiente. Sin embargo, en los últimos años ha existido la tendencia a mejorar el proceso para generar más electricidad y vender el excedente a la red eléctrica.

2.23 Combustión y emisiones

La biomasa consiste, principalmente, en carbono y oxígeno. También contiene hidrógeno, un poco de nitrógeno, azufre, ceniza y agua, dependiendo de la humedad relativa. Cuando ésta se quema, se efectúa una reacción química que combina su carbono con oxígeno del ambiente, formándose dióxido de carbono (CO_2) y combinando el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua. Cuando la combustión es completa, o sea la biomasa se quema totalmente, todo el carbón se transforma en CO_2 . Sin embargo, los árboles y plantas que están creciendo capturan nuevamente el CO_2 de la atmósfera y, al usar la biomasa en forma sostenible, en términos netos, no se agrega CO_2 a la atmósfera.

No obstante, cuando la combustión no es completa, se forman monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HCs, e.g. metano), N_2O y otros materiales. Estos sí pueden generar impactos serios en la salud de los usuarios. También son gases de efecto invernadero, por lo que se debería minimizar su formación. Existen dos razones por las cuales la combustión de biomasa puede resultar incompleta:

- Cuando la entrada de aire no es adecuada, pues no hay suficiente oxígeno disponible para transformar todo el carbono en CO_2 . Esto puede ser causado por el diseño inadecuado del equipo, la falta de ventilación y la sobrecarga con el combustible.
- Cuando la biomasa tiene una humedad alta, o sea está demasiado mojada; entonces, la temperatura de combustión no es suficientemente elevada como para completar las reacciones químicas.

2.24 Industria

La biomasa es una fuente de energía importante para muchas industrias rurales, por ejemplo, para la fabricación de ladrillos y cal, y para el procesamiento de productos agrícolas. En comparación con el sector doméstico, su uso en el sector industrial es menor, pero todavía considerable. Seguidamente se mencionan las aplicaciones industriales más importantes:

- Generación de calor: Particularmente en zonas rurales, varias industrias utilizan fuentes de biomasa para generar el calor requerido para procesos como el secado de productos agrícolas (café u otros) y la producción de cal y ladrillos. En las pequeñas industrias, los procesos energéticos muchas veces son ineficientes debido a la baja calidad de los equipos y a procedimientos inadecuados de operación y mantenimiento.
- Cogeneración: Esta aplicación se refiere a la generación simultánea de calor y electricidad, lo cual resulta considerablemente más eficiente que los dos sistemas separados. Se utiliza con frecuencia en industrias que requieren de las dos formas de energía, como el procesamiento de café y azúcar. Su configuración depende de cuál es la forma de energía más importante; a veces se utilizan el calor y la electricidad en el proceso de la planta industrial y se vende el excedente a otros usuarios o a la red eléctrica.

- Generación eléctrica: En varios países industrializados se utiliza la biomasa, a gran escala, para la red eléctrica interconectada. También se usa en combinación con otras fuentes convencionales como el carbón mineral.
- Hornos industriales: Los hornos de combustión directa están ampliamente difundidos en todas las operaciones agroindustriales básicamente consisten en una cámara de combustión en la que se quema la biomasa (leña, cascarilla de arroz o café, bagazo, cáscara de coco, etc.), para luego usar el calor liberado en forma directa o indirecta (intercambiador de calor) en el secado de granos, madera o productos agrícolas.
- Calderas: Las calderas que operan con base en la combustión de biomasa (leña, aserrín, cascarilla de café, arroz, etc.) se usan en el secado de granos, madera y otros. Estos equipos están dotados de una cámara de combustión en su parte inferior (en el caso de las calderas a leña) en la que se quema el combustible; los gases de la combustión pasan a través del intercambiador de calor, transfiriéndolo al agua. En algunas calderas se usan inyectores especiales para alimentar biomasa en forma de polvo (aserrín, cáscara de grano, etc.), a veces, junto a algún otro tipo de combustible líquido (por ejemplo, búnker).

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR

3.1 Funcionamiento Básico de un Biodigestor

El biodigestor es una forma barata y fácil de obtención de energía que tiene gran potencial para ser desarrollada y utilizada ampliamente en nuestro país.

3.2 Criterios a considerarse en el diseño de un Biodigestor

Los siguientes son los aspectos a tener en cuenta en el diseño, planificación y construcción de un biodigestor:

Factores humanos

- Idiosincrasia
- Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Recursos disponibles de tipo económicos, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

Factores biológicos

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

Factores físicos

- Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana y la geografía aspectos como la latitud, longitud y altitud.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.
- Vías de acceso.
- Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.
- Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

Factores de construcción

- Técnicas de construcción si es de tierra compactada, cal y canto o ladrillo (barro cocido, suelo-cemento, silico-calcáreo), planchas prefabricadas, ferrocemento, concreto, módulos prefabricados.

Factores utilitarios

- Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.
- Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, integral.
- Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala doméstica, para grupo familiar, comunitario o empresas.

- Capacidad, si es pequeño de 3 a 12 m³ / digestor; si es mediano de 12 a 45 m³ digestor y si es grande de 45 a 100 m³ / digestor.
- Operación de la instalación contemplando aspectos como el funcionamiento de el pretratamiento, la mezcla, la carga, y controles de PH, obstrucciones de líquidos, sólidos y gases: las descargas de efluentes tanto liquidas como gaseosas y de lodos; el almacenamiento de los líquidos, sólidos y gases; la aplicación de líquidos por bombeo, por tanques regadores o arrastre por riego; los sólidos que están disueltos en el agua y los sólidos en masa y por ultimo los gases utilizados para la cocción, iluminación e indirectamente en los motores.

Con el objetivo de disminuir el tamaño de los digestores se han utilizado los productos orgánicos que brindan mayor cantidad de biogás por unidad de volumen; algunos de ellos son: la excreta animal, la cachaza de la caña de azúcar, los residuales de mataderos, destilerías y fábricas de levadura, la pulpa y la cáscara del café, así como la materia seca vegetal.

3.3 Tipos de Biodigestores

Hay muchos tipos de plantas del biogás pero los más comunes son el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino) . La aceptabilidad pobre de muchos de estos biodigestores ha sido principalmente debida a los costos altos, la dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos.

3.3.1 Pozos sépticos

Es el más antiguo y sencillo digester anaeróbico que se conoce, utilizado normalmente para la disposición de aguas residuales domésticas. Se cree que de allí deriva el uso potencial de los gases producidos por la fermentación anaeróbica, para el uso doméstico.

Para la correcta operación de estos pozos es requisito indispensable aislar las aguas servidas que caen en él, de las que contienen jabón o detergentes. El efecto de los jabones y en especial los detergentes, inhibe la acción metabólica de las bacterias, razón por la que los pozos se colmatan con rapidez y dejan de operar, haciendo necesario destaparlos frecuentemente para recomenzar la operación.

Cuando no es posible separar las aguas negras de las jabonosas, como en el alcantarillado urbano, es necesario hacer un tratamiento químico con Polímeros a esta agua a fin de solucionar el problema antes de iniciar la fermentación anaeróbica.

3.3.2 Biodigestores del domo flotante (Indio)

Este biodigester consiste en un tambor, originalmente hecho de acero pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico (FRP) para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo de ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se

entrampa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible depende del peso del poseedor de gas por el área de la unidad y normalmente varía entre 4 a 8 cm de presión de agua. El reactor se alimenta semicontinualmente a través de una tubería de entrada.

3.3.3 Biodigestores de domo fijo (Chino)

Este reactor consiste en una cámara de gas firme construida de ladrillos, piedra u hormigón. La cima y " fondos son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas de mortero para hacerlo firme. La tubería de la entrada es recta y extremos nivelados. Hay un tapón de la inspección a la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo y cambia de sitio algunos de los volúmenes del digestor en la cámara del efluente, con presiones en el domo entre 1 y 1.5 m de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la cima hemisférica y el fondo. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor. Más de cinco millones de biodigestores se ha construido en China y ha estado funcionando correctamente (FAO, 1992) pero, desgraciadamente, la tecnología no ha sido tan popular fuera de China.

Esta instalación tienen como ventaja su elevada vida útil (pueden llegar como promedio a 20 años), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.

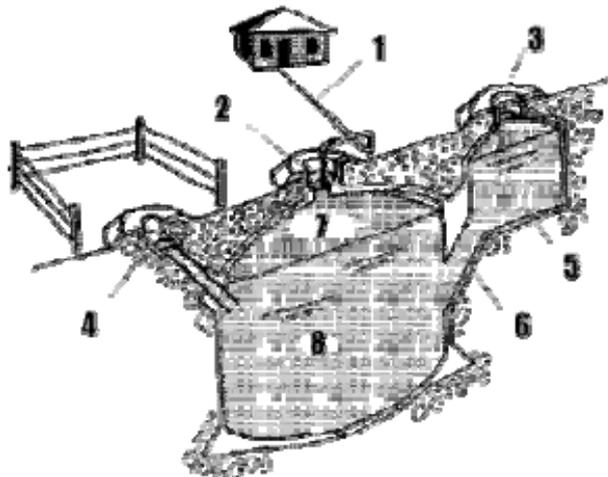


Figura 2. Esquema del digestor chino: 1. tubería de salida del gas; 2. Sello removible; 3. Tapa móvil; 4. Entrada; 5. Tanque de desplazamiento; 6. Tubería de salida; 7. Almacenamiento de gas; 8. Materia orgánica.

3.3.4 Biodigestores de estructura flexible

La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron nylon y neopreno pero ellos demostraron ser relativamente costoso. Un desarrollo mayor en los años setenta era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio producto llamado "el barro rojo PVC."

Esto fue reemplazado después por polietileno menos costoso que es ahora el material más comúnmente usado en América Latina, Asia y África. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha estado recomendando biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por hacer mejor uso de excrementos del ganado, reduciendo la presión así en otros recursos naturales.

En este digestor el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con Biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma.



Figura 3. Biodigestor de Polietileno

Este biodigestor presenta los siguientes componentes:

Tubo de admisión: es un tubo de plástico de 20 a 30 cm de diámetro, que debe usarse para la admisión de desechos y debe sumergirse en los residuos al menos a 15 cm de profundidad, lo cual previene el escape del metano, es necesario utilizar un pozo para limpiar le material celulítico antes

de ingresar al biodigestor, porque este puede obstruir con facilidad la entrada de este.

Fermentador y bolsa de almacenamiento: este es el principal componente del biodigestor y la bolsa de almacenamiento esta en la parte superior del biodigestor. El tamaño del fermentador depende de la cantidad de desechos a fermentar por 0.3 m³, pero este no debe ser muy grande, si la cantidad de desechos a tratar es elevada se pueden conectar cámaras múltiples por medio del tubo plástico este sistema posee una mayor área superficial es muy eficiente, su limitante es que puede resultar muy costoso. Es deseable que el biodigestor este aislado y cuente con un dispositivo de calentamiento y de agitación. Un mecanismo bueno seria la construcción de una pared de tierra en la parte norte del biodigestor para prevenir el enfriamiento a causa de los vientos, en el lado sur un colector solar simple para la calefacción esto con el fin de mantener la temperatura del fermentador constante. La bolsa de almacenamiento de gas puede incorporarse al digestor o estar independiente y puede instalarse cerca de la cocina.

Tubo del afluente: el diámetro del tubo debe ser de 4 a 6 pulgadas de material de plástico, este se localiza por debajo del tubo de entrada en el lado opuesto del digestor, el tubo del afluente también debe ser sumergido a 15 cm de profundidad del fermentador para prevenir el escape del gas, se debe mantener el flujo constante.

Tubo de metano: este tubo se ubica en la parte de la bolsa de almacenamiento de metano, este tubo debe tener 2 pulgadas de diámetro y

se usa para transportar el biogás a su lugar de uso, el tubo posee una salida que esta sumergida en agua y que drena la humedad condensada.

Dispositivo de seguridad: este se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a presiones altas de la fermentación anaeróbica de los desechos. Consiste en una botella de al menos 10 cm de profundidad insertada la tubo de salida, cuando la presión del digester es mayor a la del agua, se libera el biogás.

Tubo de limpieza: el lodo que se sedimenta en el fondo del biodigestor debe ser removido cada dos años, la tubería sirve para evacuar estos lodos por mecanismos como bombeo, se pueden disponer cuando el biodigestor es muy largo de un tubo en un extremo del biodigestor y otro tubo en la mitad del mismo.

Instalación: lo primero que se debe hacer es preparar un foso que debe ser un poco mas grande que el biodigestor, luego se procede a instalar el biodigestor y los tubos de admisión y de afluentes. Después de tres o cuatro días se llena el foso con agua, se descargan los desechos de animales, el agua que rodea el digester puede ayudarlo a expandirse completamente y disminuye la tensión que ejerce en los tubos de entrada y de salida. Dependiendo de la época del año en la que se haga la instalación el proceso de fermentación se hace más rápido en verano y más lento en invierno.

Mantenimiento: estos biodigestores pueden tener una durabilidad de 20 años, en el caso de presentarse rupturas de este pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando un adhesivo fuerte, la parte reparada debe permanecer seca hasta su endurecimiento por

completo. Cuando se necesita el metano solo se ejerce una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás a donde se necesita.

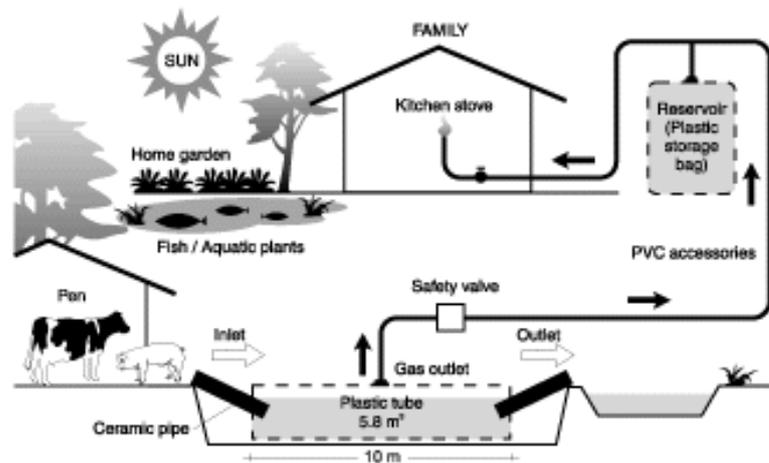


Figura 4. Biodigestor de plástico de bajo costo

Ventajas de los biodigestores de plástico económicos:

- Este tipo de biodigestor es muy económico y fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso.
- Al ser hermético se reducen las pérdidas

Las plantas del biogás pueden ofrecer varias ventajas a las comunidades rurales, incluyendo,

- una reducción del trabajo físico, sobre todo de las mujeres
- una reducción de la presión en los recursos naturales como combustible y carbón de leña
- producción de energía barata
- mejora el sistema de cultivo reciclando estiércol a través del biodigestores, producción de gas para cocinar y fertilizante (una vez

el estiércol ha atravesado un biodigestor se vuelve un fertilizante orgánico excelente.

- reducción de la polución, sobre todo en áreas urbanas.

Entre las desventajas del biodigestor de plástico se halla su bajo tiempo de vida útil, lo que hace necesario montar una nueva instalación cada tres años. También es muy vulnerable a sufrir roturas por condiciones climáticas adversas, por las acciones del hombre y los animales.

Materiales para la construcción del Biodigestor



Figura 5. Materiales para el biodigestor de plástico de bajo costo

El polietileno tubular se produce en la mayoría de los países. La opción de montajes suplementarios y materiales relacionados se ha limitado a los

disponibles localmente en granjas o en mercados rurales; los materiales requeridos para el biodigestor y la estufa son:

Biodigestor.

- Polietileno tubular transparente. El diámetro variará según la capacidad de las plantas productoras locales, normalmente en el rango de 80 a 125 cm (equivalente a una circunferencia de 2.5 a 4 m). El calibre (espesor) debe estar entre 800 y 1 000 (200 a 250 micras). La longitud del tubo es determinada por el tamaño del biodigestor. El material más apropiado es el usado en los invernaderos que normalmente contienen filtro ultravioleta (UV) que ayuda a prolongar la vida del plástico cuando se expone totalmente al sol.
- Dos tubos cerámicos, 75 a 100 cm con un diámetro interior de 15 cm.
- Plástico (PVC) de 12.5 mm de diámetro (la longitud depende de la distancia a la cocina).
- Dos adaptadores de PVC (varón y hembra) de 12.5 mm. de diámetro
- Dos lavanderas de caucho (de los tubos internos de automóviles) de 7 cm. de diámetro y 1 mm espesor, con un diámetro de 12.5 mm de agujero central.
- Dos plásticos rígidos (perspex) lavanderas de 10 cm de diámetro y un agujero central de 12.5 mm. Aunque el perspex es mejor, ellos

también pueden reemplazarse con plásticos viejos o otros artículos hechos del plástico fuerte.

- 2 m de tubería de PVC de 12.5 mm. de diámetro
- Cuatro neumáticos (de las bicicletas, motocicletas o automóviles) cortados en tiras anchas de 5 cm.
- Una botella de plástico transparente (capacidad 1.5 litros).
- Un codo de PVC de 12.5 mm. de diámetro
- Tres "T" de PVC de 12.5 mm. de diámetro
- Un tubo de cemento de PVC.

Depósito de almacenamiento del Gas: Una mejora importante a la tecnología del biodigestor era la instalación de un depósito, hecha del mismo plástico tubular como el digestor, para guardar el gas en proximidad a la cocina. Esto ha superado el problema de proporciones bajas de flujo de gas cuando el digestor se localiza a larga distancia de la cocina y cuando el tubo de gas que los une tiene un diámetro estrecho.

Estufa de cocción

La planta del biodigestor incluye una estufa simple con una tubería galvanizada de 12.5 mm de diámetro, dos quemadores que usan el mismo tipo de tubería. Los usuarios han desarrollado muchas modificaciones al plan básico para combatir los efectos del viento y satisfacer necesidades personales. Muchas investigaciones se ha puesto en mejorar estufas más

convencionales, pero muy pocas en estufas usadas con biodigestores (Rodríguez, Preston y Dolberg, 1996).



Figura 6. Estufas de cocinar: (izquierda) quemador clásico; (derecha) uno hecho con una lata de cerveza

Costo de la planta del biodigestor

El costo del biodigestor de plástico es relativamente bajo y varía según el tamaño y situación. Por ejemplo, en Colombia el costo por m³ de volumen líquido está alrededor de \$US 30 y tiene en cuenta que esto incluye el recipiente y su conexión, las cajas de cemento para las entradas y tomas de corriente, depósito de gas de plástico, estufa, la labor para preparar la trinchera y la instalación del biodigestor. En Viet Nam el costo medio por m³ es sólo \$US 7 (materiales), dando un costo total para un biodigestor de 5,4 m³ de US\$ 37,80, incluyendo dos quemadores.

Aspectos prácticos

Al escoger la ubicación conveniente para un biodigestor, es preferible un sitio cercano al lugar donde se encuentran las materias a transformar. La ubicación de la cocina normalmente no es un problema. Las paredes y el suelo deben ser firmes, cualquier material destacándose como piedras afiladas o raíces debe quitarse de las paredes y suelo. La trinchera debe situarse de manera que pueda desviar el agua lluvia. Deben clasificarse según tamaño las dimensiones de la trinchera para acomodar el tubo de plástico. Por ejemplo, en Colombia éste es normalmente 1.25 m en diámetro para que la trinchera de 1.20 m ancho en la cima, 80 cm al fondo y 1 m profundo; la longitud puede variar de 3 a 10 m según las necesidades de la familia y la disponibilidad de estiércol. Dos pedazos de la película tubular estarán cortados, cada 1 m, ellos se ponen en tierra lisa y uno se inserta en el otro.

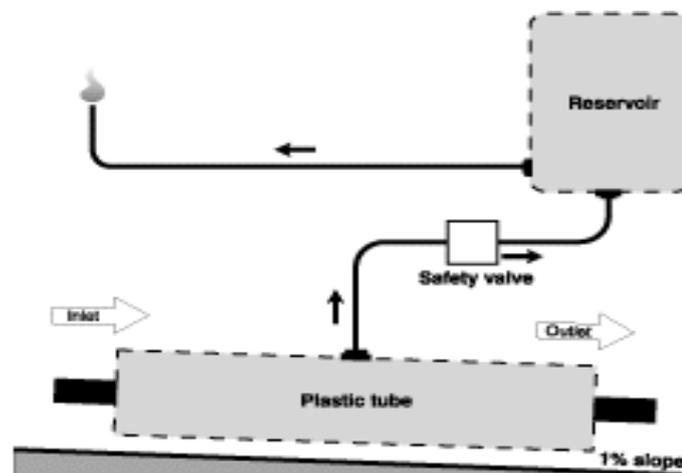


Figura 7. Biodigestor de Plástico

Para la toma de corriente de gas, se hace un agujero pequeño en las dos capas del plástico entuba, aproximadamente 1.5 m de la entrada. Se ajustan una lavandera de PVC rígida y una lavandera de caucho en la pestaña del

adaptador masculino que se enhebra entonces a través del agujero del interior al exterior. Se ponen la segunda lavandera de PVC y lavandera de caucho en el adaptador masculino del exterior del tubo y se afianzan herméticamente con el adaptador hembra. La salida del adaptador hembra está cerrada con un cuadrado pequeño de película de plástico y una venda de caucho. La tubería de la entrada cerámica (concreto o también pueden usarse tuberías de PVC pero puede ser más caro) se inserta en un extremo del tubo de plástico. La película de plástico se pliega alrededor de la tubería y se afianza con 5 cm. de caucho. Las vendas se envuelven en una capa continua para cubrir los bordes del plástico completamente filme y termina en el tubo cerámico. El tubo de la entrada está entonces cerrado con un cuadrado de plástico (o una bolsa de plástico) y una venda de caucho. El procedimiento de la instalación en Viet Nam involucra llenando el tubo del polietileno de aire antes de ponerlo en la trinchera. El tubo se ata entonces con una venda de caucho aproximadamente de 3 m del extremo para que el aire no escape. En Colombia, la manera más común de instalar el biodigestor es plegando el plástico de una manera organizada y extendiéndolo a lo largo del suelo de la trinchera. El tubo del polietileno debe ponerse en la trinchera con cuidado. Los tubos cerámicos deben ponerse a un ángulo de 45° y deben sellarse temporalmente con arcilla. La válvula de seguridad se hace de una botella de plástico transparente, un PVC "T" y tres pedazos de PVC tubular (uno de 30 cm y el otro dos de 5 cm). Se entra a raudales agua en la botella y se mantiene a una profundidad de 5 cm sobre la boca del tubo.



Figura 8. Bolsa para almacenar el gas

3.3.5 Digestor flotante

Un rasgo innovador de usar polietileno tubular es que los biodigestores pueden localizarse para flotar en cualquier superficie de agua, con la mitad sumergida, su boca se localizada sobre el nivel de agua más alto, mientras la toma de corriente debe ajustarse a un objeto flotante, como un coco seco o un recipiente de plástico. En Viet Nam más de 5% de los biodigestores flotantes se ubican en estanques que facilitan su instalación, generalmente donde el espacio de las granjas es limitado.



Figura 9. Biodigestor flotante

Funcionamiento del Digestor:

Es posible usar cualquier tipo de excreta, pero la producción de gas es más alta con estiércol de cerdo y mezclas de excrementos de pollos y ganado. La cantidad requerida depende de la longitud del digestor, pero generalmente es aproximadamente 5 kg de estiércol fresco (1 kg la materia sólida) para cada 1 m. A esto deben agregarse 15 litros de agua para que el volumen de los sólidos represente 5 por ciento aproximadamente. No es aconsejable usar menos agua, esto puede llevar a la formación de escoria sólida en la superficie del material. Cuatro a cinco cerdos (peso vivo supuesto de 70 kg) proporcionará bastante estiércol para producir el gas requerido para una familia de cuatro a cinco personas. Se ha experimentado este biodigestor con excrementos humanos siendo una manera eficaz de reducir transmisión de enfermedades y dar otro uso a las letrinas.

Mantenimiento:

- Los digestores deben cercarse para evitar averías en el sistema.
- Debe proporcionarse un tejado para prevenir el daño al plástico por la radiación ultravioleta. Cualquier tipo de cobertura en material tradicionalmente usado en la granja es conveniente.
- Para aumentar la presión de gas al cocinar, se puede atar un objeto pesado (ladrillo o piedra) al fondo del depósito o apretar un cordón alrededor del medio.
- La lluvia no debe entrar en el digestor, porque puede causar dilución excesiva.
- El nivel de agua en la válvula de seguridad debe verificarse semanalmente.
- Se debe cubrir el digestor diariamente y asegurarse que el tubo de la salida no este bloqueado.

3.3.6 Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno

Otro tipo de planta de producción de biogás que ha logrado disminuir los costos hasta 30 % con respecto a los prototipos tradicionales, es la que se caracteriza por tener una estructura semiesférica de polietileno de película delgada en sustitución de la campana móvil y la cúpula fija, y un tanque de almacenamiento de piedra y ladrillo como los empleados en los prototipos tradicionales. Este tipo de instalación posee a su favor que resulta más

económica que los sistemas tradicionales; por ejemplo, una instalación de 4 m³ puede costar, aproximadamente, \$550 USD, y la estructura de polietileno flexible puede llegar a alcanzar hasta diez años de vida útil.



Figura 10. Biodigestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de Polietileno

3.3.7 Digestor de alta velocidad o flujo inducido

Estos son los utilizados comúnmente en instalaciones industriales o semi industriales. Generalmente trabajan a presión constante, por lo que se podrían catalogar como Digestores Tipo Hindú Modificado.

Se les conoce de ordinario como CSTD (Conventional Stirred Digester). Se diferencian de los digestores convencionales en que se les ha agregado algún tipo de agitación mecánica, continua o intermitente, que permite al material aún no digerido, entrar en contacto con las bacterias activas y así

obtener buena digestión de la materia orgánica, con tiempos de retención hidráulica relativamente cortos, de hasta 15 días. Este es un concepto nuevo dentro de la tecnología de fermentación anaeróbica, combina las ventajas de varios tipos de digestores en una sola unidad, facilitando el manejo y procesamiento de material biodegradable de diverso origen y calidad. Generalmente los desechos de origen animal, excrementos de cualquier clase, son procesados en digestores convencionales de tipo continuo, que periódicamente reciben carga y entregan por desalojo efluente ya digerido. El tiempo de operación continua de estos equipos es bastante largo y requiere un mínimo de atención al momento de cargarlos, como es el evitar introducir elementos extraños tales como arena, piedra, metal, plásticos o cualquier otro tipo de material lento o imposible de digerir. Luego de unos cuatro o cinco años se debe detener su funcionamiento para hacer una limpieza general y retirar sedimentos indigeridos. Buscando un tipo de digestor ideal, se llegó al concepto de digestor de Segunda y Tercera generación, siendo los clásicos modelos Hindú o Chino, los de la primera. Este nuevo modelo de digestor retiene la materia de origen vegetal, que normalmente tiende a flotar, dentro de las zonas de máxima actividad bacteriana como son la inferior y la de sobrenadante intermedia, para que las bacterias tengan tiempo de atacar, hidrolizar y procesar efectivamente el material en descomposición; al mismo tiempo permite que los gases y el material parcialmente degradado sigan el recorrido del proceso normal dentro del digestor.

El Digestor de Segunda Generación divide al convencional en dos cámaras, una de ellas a un nivel inferior del resto del digestor. Utiliza compartimentos en ferro cemento o mampostería, espaciados adecuadamente para retener los materiales y las partículas sólidas grandes, pero permite el paso del gas y los líquidos. A este modelo se puede adicionar hasta un 25% de carga de origen vegetal sin que se atasque o paralice la operación.

El Digestor de Tercera Generación modifica radicalmente al de tipo Hindú tradicional, aunque sigue los lineamientos de esta escuela. Ha logrado una eficiencia de trabajo en forma continua que permite cargarlo con toda clase de materiales, hasta un 50 o 60% de materia de origen vegetal mezclada con excrementos, empleando una sola unidad que trabaja en forma de digestor continuo.

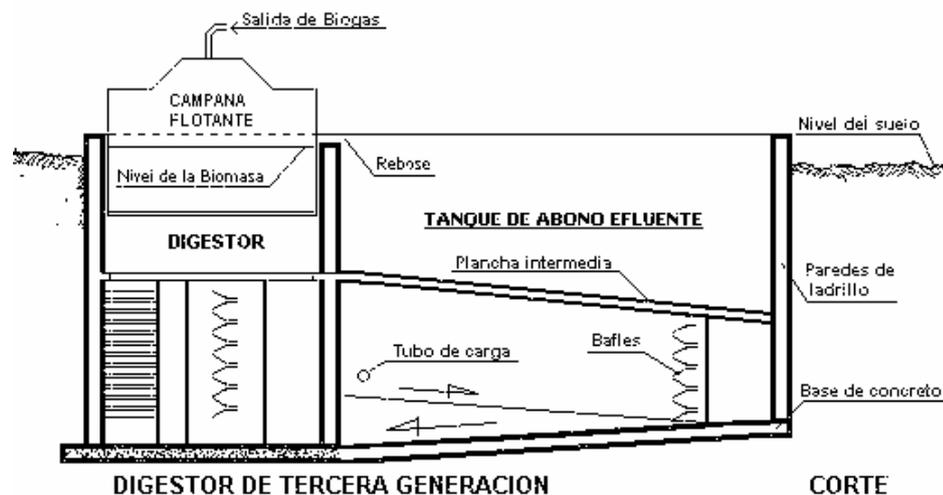


Figura 11. Biodigestor de Tercera generación

3.3.8 Ventajas de los digestores de alta velocidad o flujo inducido

- Menor tiempo de operación
- Evita la formación de una costra de material dentro del digestor
- Logra la dispersión de materiales inhibitorios de la acción metabólica de las bacterias, impidiendo concentraciones localizadas de material potencialmente tóxico para el sistema
- Ayuda a la desintegración de partículas grandes en otras más pequeñas, que aumentan el área de contacto y por lo tanto la velocidad de digestión
- Mantiene una temperatura más uniforme de la biomasa dentro del digestor para una reacción y degradación más uniformes
- Inhibe el asentamiento de partículas biodegradables de mayor tamaño
- Permite una más rápida separación y el ascenso del gas a medida que se va formando dentro del digestor
- Mejora las condiciones de control y estabilidad de la biomasa dentro del digestor

3.3.9 Precauciones a tener en cuenta con los digestores de alta velocidad o flujo inducido

Cuando al digestor convencional de tipo continuo se introducen indiscriminadamente materiales orgánicos de origen vegetal como pasto u hojas de árbol, sobrantes de cosechas o basuras biodegradables, que tienden a flotar en el agua por su alto contenido celulósico, terminan por

atascarlo y parar su operación efectiva en poco tiempo, incluso días, dependiendo de la cantidad de material suministrado.

Para evitar taponamientos, la materia de origen vegetal se procesa en digestores convencionales en tandas o carga única (Batch Digestors) en ciclos de 60 a 80 días, lo que supone que para el suministro de gas y efluente durante un año, se debe disponer mínimo de cuatro unidades con una producción alternada. Estas soluciones representan un alto costo y un gran esfuerzo.

3.3.10 Instalaciones Industriales

Las instalaciones industriales de producción de biogás emplean tanques de metal que sirven para almacenar la materia orgánica y el biogás por separado.

Este tipo de planta, debido al gran volumen de materia orgánica que necesita para garantizar la producción de biogás y la cantidad de biofertilizante que se obtiene, se diseña con grandes estanques de recolección y almacenamiento contruidos de ladrillo u hormigón.

Con el objetivo de lograr su mejor funcionamiento se usan sistemas de bombeo para mover el material orgánico de los estanques de recolección hacia los biodigestores, y el biofertilizante de los digestores hacia los tanques de almacenamiento. También se utilizan sistemas de compresión en los tanques de almacenamiento de biogás con vistas a lograr que éste llegue hasta el último consumidor

Para evitar los malos olores se usan filtros que separan el gas sulfhídrico del biogás, además de utilizarse válvulas de corte y seguridad y tuberías para unir todo el sistema y hacerlo funcionar según las normas para este tipo de instalación. La tendencia mundial en el desarrollo de los biodigestores es lograr disminuir los costos y aumentar la vida útil de estas instalaciones, con el objetivo de llegar a la mayor cantidad de usuarios de esta tecnología.



Figura 12. Biodigestores industriales

3.4 Ventajas de los Biodigestores

1. Permite disminuir la tala de los bosques al no ser necesario el uso de la leña para cocinar.
2. Humaniza el trabajo de los campesinos, que antes debían buscar la leña en lugares cada vez más lejanos.
3. Diversidad de usos (alumbrado, cocción de alimentos, producción de energía eléctrica, transporte automotor y otros).
4. Produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente.
5. Elimina los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales.

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH_4^+), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.

- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 °C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas.

3.5 Dificultades técnicas de los Biodigestores

La construcción de biodigestores conlleva una serie de dificultades técnicas:

- El digester debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
- Es posible que, como subproducto, se obtenga SH_2 , el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfatorreductoras. La presencia de SH_2 hace que se genere menos CH_4 , disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.
- Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

4.1 Estableciendo parámetros de diseño.

4.1.1 Ubicación de la Planta de Generación de Biogás

Dado el capítulo anterior sobre el uso de las energías limpias apoyadas por el MDL y habiendo tocado el tema de la biomasa, procederé a presentar un esquema de cálculo de una planta de Generación de Biogás de Campana Flotante. En las zonas rurales la cría del ganado con fines de producción se ha venido intensificando durante la última década en los departamentos de: Piura, Cajamarca, Ucayali, etc. Este sistema de explotación se caracteriza por tener animales de pastoreo. El presente cálculo muestra los parámetros necesarios para la futura implementación de una planta de generación de biogás que será instalada en el departamento de Piura, en una hacienda que se dedique específicamente a la crianza de ganado porcino (sector rural).

4.1.2 Recolección y tratamiento de la biomasa

En esta hacienda contaremos con 100 cabezas de cerdo, las cuales serán nuestra base para calcular la cantidad de biomasa con la que contamos para la generación. La biomasa será el estiércol de estos cerdos, estos residuos serán recolectados diariamente, para esta función se contará con una persona capacitada para recoger el estiércol de estos animales adecuadamente. El estiércol se almacenará en un tanque pequeño adicional hasta la hora en la que se agregue todos los desechos recolectados en el biodigestor. La persona encargada de recoger los desechos orgánicos deberá tener los siguientes implementos.

Para la recolección de Biomasa

Las personas que están destinadas a la recolección de la biomasa deberán contar con las siguientes indumentarias:

- Guantes de plástico.
- Mascarilla antigases.
- Botas apropiadas para el terreno.

Para la limpieza externa del biodigestor

Las personas encargadas de dar mantenimiento al biodigestor y demás componentes de la planta, siempre deberán contar con las siguientes indumentarias:

- Guantes de plásticos.
- Mascarilla antigases.

Para la limpieza interna del biodigestor

En la limpieza interna del biodigestor que se hace cada 6 meses, la persona encargada de ingresar al interior del biodigestor para recoger los desechos, deberá estar totalmente aislada de los desechos, por lo que contará con la siguiente indumentaria:

- Vestimenta completa, 1 sola pieza de plástico que aisle todo su cuerpo.
- Guantes de plástico.
- Botas que puedan encajar con la vestimenta.

Debido a que los desechos orgánicos que se utilizan es solamente estiércol de cerdo, no será necesario hacer un tratamiento a los desechos.

4.1.3 Temperatura del biodigestor

La temperatura en Piura es aproximadamente de 32 °C en un día normal de verano, pero debido a que nuestro biodigestor estará semienterrado, la temperatura a la que estará la biomasa será de 35 °C.

En época de invierno se deberá realizar un estudio sobre el calentamiento externo de nuestro biodigestor para mantener a una temperatura promedio de 35 °C que es la óptima para el proceso anaeróbico y la reproducción de las bacterias se de en condiciones óptimas.

El tiempo de retención de la biomasa en el biodigestor está en función de la temperatura, y esta relación será la siguiente:

Tabla 3. Tiempo de retención en días reportado por varias fuentes.

Temperatura °C	BRITISH BIOGEN	EPA	GTZ	IIT	CIPAV	CONICIT
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	100	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	40	ND	ND	ND
25	ND	ND	ND	ND	50	ND
26	ND	ND	ND	30	ND	ND
30	30	ND	ND	ND	40	30
35	15	20	20	ND	30	20
40	ND	15	ND	ND	ND	ND
45	ND	ND	ND	ND	ND	ND
50	14	ND	8	ND	ND	ND
55	12	ND	ND	ND	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Guía para la implementación de Sistemas de Producción de Biogás- UPME

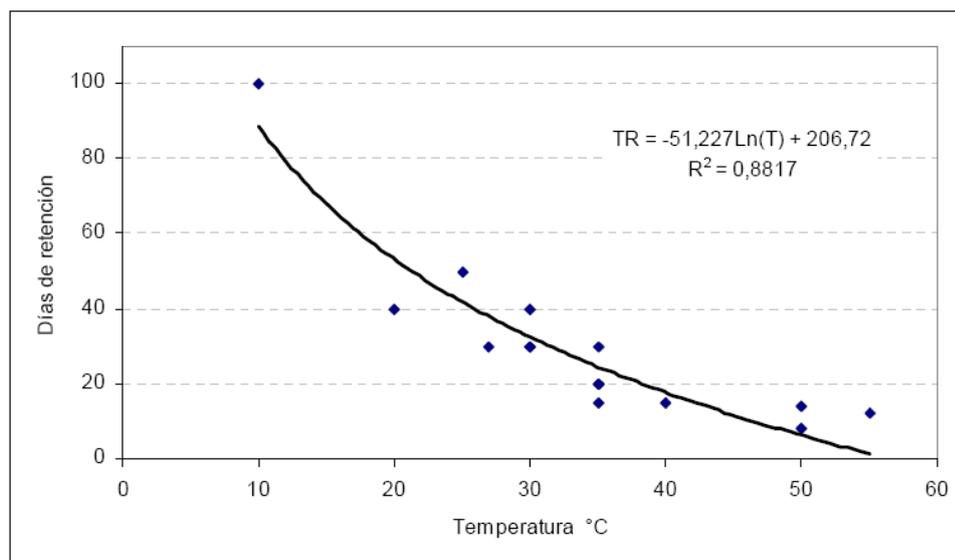


Figura 13. Tiempo de retención en función de la temperatura

4.2 Condiciones de Diseño

El número de animales (NA) será de 100 cabezas de cerdo.

La temperatura en Piura es de 32 °C, debido a que nuestro biodigestor será enterrado, consideraremos una temperatura de la biomasa de 35 °C.

El peso vivo promedio por animal (PVP) lo consideraremos 125 Kg.

4.2.1 Cálculo del volumen del biodigestor y la su producción

Tabla 4. Valores y características del estiércol de algunos animales

Clase de animal	% por peso vivo:		% del material de digestión		P = Producción de biogás (m ³ de gas/1Kg SO)
	PE- Estiércol	PO- Orina	%EST Sólidos	%SO Sólidos Orgánicos	
Vacunos	5	4	15-16	13	0.250
Cerdos	2	3	16	12	0.350
Caprinos, ovejas	3	1.5	30	20	0.200
Caballos	5	4	25	15	0.250
Avícolas, gallinas	4.5	4.5	25	17	0.400
Humanos	1	2	20	15	0.300

Fuente: Difusión de la tecnología del biogás en Colombia, GTZ, 1987

Algunos conceptos previos para determinar la producción de Biogas

Estiércol

$$E = NA \times PVP \times \frac{PE}{100}$$

E : Estiércol en kilogramos por día

NA : Número de animales por especie.

PVP : Peso vivo promedio por animal

PE : Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo.

Orina

$$O = NA \times PVP \times \frac{PO}{100}$$

O : Orín día en kilogramos (se asume que 1 litro de orin pesa 1 Kg.)

NA : Número de animales por una especie.

PVP : Peso vivo promedio por animal.

PO : Producción de orín por animal por día en porcentaje de peso vivo (se asume que 1 litro de orín pesa 1 kilogramo).

Materia prima para carga

$$MPC = E + O$$

MPC : Materia prima para carga en kilogramos por día.

E : Estiércol en kilogramos por día

O : Orín en kilogramos por día.

Porcentaje de Sólidos Totales

$$\%ST = \frac{E \times \%EST}{MPC}$$

%ST : Porcentaje de sólidos totales contenidos en la materia prima para carga

MPC : Materia prima para carga en kilogramos por día.

%EST: Porcentaje de sólidos en el estiércol.

E : Estiércol en kilogramos por día.

Sólidos Totales

$$ST = \frac{\%ST \times MPC}{100}$$

ST : Cantidad de sólidos contenidos en la materia prima para carga, en kilogramos por día.

%ST : Porcentaje de sólidos en la carga o materia prima, el cual debe ser inferior al 10%.

MPC : Materia prima para carga en kilogramos por día.

Masa de agua para mezcla

Solamente se calcula cuando el porcentaje de sólidos totales (%ST) es superior al 10%.

$$MH_2O = \frac{MPC \times ST}{10} - MPC$$

MH₂O: Masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día.

ST : Cantidad de sólidos orgánicos contenidos en la materia prima para carga, en kilogramos por día.

MPC : Materia prima para carga en kilogramos por día.

Carga

$$C = MPC + MH_2O$$

C : Carga diaria para alimentar el digestor en kilogramos por día o litros por día (sea asume que un litro pesa un kilogramo).

MPC : Materia prima para carga en kilogramos por día.

MH₂O: Masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día.

Cálculo del tiempo de retención

El posible tamaño del digestor (volumen del digestor) es determinado por el tiempo de retención (TR) y por la carga diaria. Se recomienda escoger el TR apropiado de acuerdo a la temperatura promedio del sitio en el cual va a operar, utilizando la relación:

$$TR = (-51.227 * Ln(T^{\circ}C) + 206.72)$$

TR : Tiempo de retención en días.

Ln : Logaritmo natural

T[°]C : Temperatura promedio en grados centígrados del sitio donde se instalará el biodigestor.

Volumen del digestor

$$Vd = C \times TR \times 1,2$$

Vd : Volumen del digestor, en litros

C : Carga diaria para alimentar el digestor en litros por día

TR : Tiempo de retención en días.

1,2 : Volumen adicional para el almacenamiento del biogás

Cálculo de la posible producción de biogás

$$PG = MPC \times SO \times P$$

PG : Gas producido en litros por día

MPC : Estiércol en kilogramos por día

SO : Porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie.

P : Producción aproximada de m³ de gas/1 kg de masa orgánica seca total

Una vez definida nuestra metodología de cálculo, procedemos a calcular nuestro volumen de biodigestor y la posible producción diaria de biogás, utilizando como materia prima estiércol de cerdo.

Tabla 5. Valores de Volúmenes y producción de biogás para NA de 1 a 100

NA	E (kg)	O (kg)	MPC	%ST	ST (kg)	MH ₂ O (kg)	C(kg)	TR(dias)	Vd (m3)	PG(m3)
1	2,5	3,75	6,25	6,4	0,4	0	6,25	24,59	0,184	0,244
2	5	7,5	12,5	6,4	0,8	0	12,5	24,59	0,369	0,488
3	7,5	11,25	18,75	6,4	1,2	0	18,75	24,59	0,553	0,731
4	10	15	25	6,4	1,6	0	25	24,59	0,738	0,975
5	12,5	18,75	31,25	6,4	2	0	31,25	24,59	0,922	1,219
6	15	22,5	37,5	6,4	2,4	0	37,5	24,59	1,107	1,463
7	17,5	26,25	43,75	6,4	2,8	0	43,75	24,59	1,291	1,706
8	20	30	50	6,4	3,2	0	50	24,59	1,475	1,950
9	22,5	33,75	56,25	6,4	3,6	0	56,25	24,59	1,660	2,194
10	25	37,5	62,5	6,4	4	0	62,5	24,59	1,844	2,438
11	27,5	41,25	68,75	6,4	4,4	0	68,75	24,59	2,029	2,681
12	30	45	75	6,4	4,8	0	75	24,59	2,213	2,925
13	32,5	48,75	81,25	6,4	5,2	0	81,25	24,59	2,398	3,169
100	250	375	625	6,4	40	0	625	24,59	18,443	24,375

Una vez definida nuestros requerimientos de la planta y la producción

Tomaremos una relación de $L/D = 2.38$

$$VD = \pi \times \frac{D^2}{4} \times L$$

Tabla 6. Resumen de las medidas a usar en la construcción del biodigestor

REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA DE BIOGAS	
Producción de Biogás Diario (m3)	24,375
Dimensiones del Biodigestor	
Volumen (m3)	18,44
Diámetro (m)	2,88
Longitud (m)	2,80

Cálculo de la campana flotante del tanque de almacenamiento

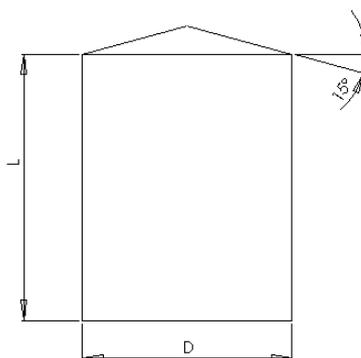


Figura 14. Esquema del Biodigestor de Campana flotante

Teniendo en cuenta que el volumen del tanque ya lo tenemos, hallaremos las medidas de la campana con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{4 \times V}{\pi \times D^2} - 0.17833$$

Con esta fórmula obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 7. Resumen de las medidas a usar en la construcción del tanque de Biogás

Dimensiones del Tanque de Biogás	
Volumen necesario del tanque (m3)	0,677
Volumen de Diseño (m3)	0,948
Longitud(m)	1,000
Diámetro(m)	1,099

4.2.2 Especificaciones técnicas

Como se menciona anteriormente la planta de generación de biogás cuenta con un biodigestores, un tanque para el almacenamiento de biogás, un tanque de campana móvil para el almacenamiento del biogás y accesorios. A continuación describiremos los materiales que serán necesarios para la construcción e instalación de la planta.

Biodigestor

Tabla 8. Resumen de los materiales a usar en el Biodigestor

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	80.5	bolsas
Piedra chancada de ½ "	8.1	m ³
Hormigón	3.7	m ³
Arena Gruesa	6	m ³

Arena fina	9.5	m ³
Fierro de ¼"	9	varillas
Fierro de ½"	9	varillas
Alambre N° 16 de amarre	20	Kg.
Ladrillos king Kong	5.1	millares
Impermeabilizante	8	bolsa (4Kg.)
Madera para el encofrado	38.8	pies
Tapa del digestor	1	unidad

Sistema de distribución

Tabla 9. Resumen de los materiales usados en el sistema de distribución

Descripción	Cantidad	Unidad
Materiales		
Tubo de PVC de ½"	2	unidad (5m)
Tubo de PVC de 1"	2	unidad (5m)
Cinta de Teflón	2	carretes
Sellador de tubería	0.25	gal
Accesorios		
Cruz galvanizada 1"	1	Unidad
Reducción 1" a ½"	1	Unidad
Robinete	1	Unidad
Tapón macho ½"	1	unidad
Unión hembra 1"	1	Unidad
Eje roscado 1"	1	unidad
TEES de 1"	3	unidades
TEES de ½"	2	unidades
Nicles galvanizado 1"	1	unidades
Codos de 90° de 1"	1	unidad
Codos de 90° de ½"	2	unidades
Válvulas globo de 1"	2	unidades

Válvulas globo de ½"	1	unidades
Equipos		
Trampa para agua	1	unidad
Manómetro de agua	1	unidad
Medidor de flujo	1	unidad
Filtro de H_2S	1	unidad

Tanque de almacenamiento de biogás

Tabla 10. Resumen de los materiales usados en el tanque de almacenamiento de biogás

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	2,1	bolsas
Piedra chancada	0,2	m^3
Hormigón	0,1	m^3
Arena Gruesa	0,2	m^3
Arena fina	0,2	m^3
Fierro de ¼"	1	varillas
Fierro de ½"	1	varillas
Alambre N°16 de amarre	0,5	Kg.
Ladrillos king Kong	0,1	millares
Impermeabilizante	1	bolsa (4Kg.)
Campana Flotante	1	unidades

Tanque de almacenamiento de Biol

Tabla 11. Resumen de los materiales usados en el tanque de almacenamiento de biogás

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	3,7	bolsas
Piedra chancada de ½ “	0,4	m ³
Hormigón	0,2	m ³
Arena Gruesa	0,3	m ³
Arena fina	0,4	m ³
Fierro de ¼”	1	varillas
Fierro de ½”	1	varillas
Alambre N°16 de amarre	0,9	Kg.
Ladrillos king Kong	0,2	millares
Impermeabilizante	1	bolsa (4Kg.)

Para la producción del biogás, se instaló un biodigestor de 2,88 metros de diámetro y de 2,80 metros de longitud. El biodigestor se encontrará en la cercanía de la granja. El estiércol de los cerdos ganados y el agua de lavado de las cocheras será conducidos por gravedad hacia ellos.

Conducción del biogás

El biodigestor estará equipado con un orificio para la salida del biogás. Esta salida se unirá por medio de una tubería de PVC y a partir de este punto se instalará una tubería de agrotubo (es un tubo semirrígido, resistente a la fuerza estática y dinámica, lo mismo que a las inclemencias del tiempo como los rayos ultravioleta) de 1,5 pulgadas de diámetro y 150 m de longitud

para conducir el biogás hasta un reservorio localizado en un mezanine situado encima de los motores a utilizar.



Figura 15. Agrotubo

Motores – Generadores

A partir del tanque de almacenamiento, el biogás es conducido por la tubería de agrotubo hacia los motores. Se realizaron los ajustes necesarios para que el biogás ingrese al interior del filtro de aire, de tal manera que el motor al aspirar el aire que requiere para la combustión del diesel, aspira una mezcla de biogás-aire.

En este estudio consideraremos los resultados de un trabajo de investigación sobre la utilización del biogás para la generación de electricidad llevados a cabo en la granja “Pozo Verde” Municipio de Jamundi (valle del Cauca, Colombia); La experiencia se hizo con biogás puro. Se alimentaron 2 grupos electrógenos diesel, se adaptaron para funcionar con mezclas de biogás-diesel N° 2, lográndose un nivel de sustitución en el consumo de combustible N° 2 de 67% en un motor Perkins, con esta evaluación se logro disminuir el 40% en el costo del kWh consumido actualmente por la granja. El motor Perkins de 6 pistones, 79 kW de potencia

(100 HP), 1800 r.p.m., acoplado a generador eléctrico de 63 kW. (1000 series, 1004TG2 www.perkins.com)



Figura 16. Motor Perkins, 6 pistones, 79 kW

Medidor de consumo de combustible

Para la realización de las pruebas se diseñara y construirá un medidor de diesel, utilizando un tubo de PVC de 6" de diámetro y 1.5 m de altura, al cual se le conectó en su parte externa, una manguera plástica transparente que permite apreciar el cambio en el nivel interno del diesel.

Filtro para la captación del sulfuro de hidrógeno en el biogás

En el biogás se encuentran cantidades variables de sulfuro de hidrógeno (H_2S), también denominado ácido sulfhídrico. El H_2S al reaccionar con agua se convierte en ácido sulfúrico (H_2SO_4) el cual es altamente corrosivo y puede ocasionar graves daños en el motor. Con el fin de eliminar o disminuir el porcentaje de H_2S en el biogás se emplean sistemas de filtros con sustancias como limaduras de hierro o ciertos tipos de tierras conocidas como hematites parda o limonita, las cuales son ricas en sustancias ferrosas.

El filtro se instalará en la línea de conducción biodigestor-reservorio, a 3 metros de la entrada a este último. Como sistema de filtro se utilizara un tubo de PVC de 6 pulgadas de diámetro y 2 metros de altura el cual se rellenó en 2/3 partes con limadura de hierro y el tercio restante con esponjilla de hierro utilizada para la limpieza doméstica de utensilios de cocina. El biogás ingresara por la parte inferior del filtro y lo abandona por su parte superior. El H₂S es atrapado por el material ferroso formándose sulfuro de hierro.

De los estudios realizados por la fundación CIPAV, tenemos como dato que el existe una sustitución de hasta el 67% de diesel, en otras palabras el consumo de diesel será del 33% lo que significara un ahorro en el combustible.

4.3 Inversión Económica

Los presentes cuadros muestran los costos de la construcción de la planta de biogás.

4.3.1 Biodigestor

Tabla 12. Resumen de costos en el Biodigestor

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Prec. Unit. S/. / Unidad	Costo S/.
Cemento	80,5	bolsas	20	1610

Piedra chancada de ½ “	8,1	m ³	45	364,5
Hormigón	3,7	m ³	30	111
Arena Gruesa	6	m ³	35	210
Arena fina	9,5	m ³	40	380
Fierro de ¼”	9	varillas	7	63
Fierro de ½”	9	varillas	13	117
Alambre N°16 de amarre	20	Kg.	2.5	50
Ladrillos king Kong	5,1	millares	800	4080
Impermeabilizante	8	bolsa (4Kg.)	10	80
Madera para el encofrado	38,8	pies	2.7	104,76
Tapa del digestor	1	unidad	300	300
TOTAL	7470,26			

4.3.2 Sistema de Distribución

Tabla 13. Resumen de costos en el sistema de distribución

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Prec. Unit. S/. / Unidad	Costo S/.
MATERIALES				
Tubo de PVC de ½”	2	unidad (5m)	13	26
Tubo de PVC de 1”	2	unidad (5m)	18	36
Cinta de Teflón	2	carretes	1,5	3
Sellador de tubería	0,25	gal	50	12,5
ACCESORIOS				
Cruz galvanizada 1”	2	unidad	3	6
Reducción 1” a ½	1	Unidad	2	2
Robinete	1	Unidad	3	3
Tapón macho ½	1	unidad	2,5	2,5
Unión hembra 1”	1	Unidad	3	3
Eje roscado 1”	1	unidad	4	4
TEES de 1”	3	unidades	4	12

TEES de ½"	2	unidades	2	4
Nicles galvanizado 1"	1	unidades	3	3
Codos de 90° de 1"	2	unidad	4	8
Codos de 90° de 1/2 "	2	unidades	3	6
Válvulas globo de 1"	2	unidades	25	50
Válvulas globo de ½"	1	unidades	20	20
EQUIPOS				
Manómetro de agua	1	unidad	15	15
Medidor de flujo	1	unidad	300	300
Filtro de H_2S	1	unidad	200	200
TOTAL	716			

4.3.3 Tanque de almacenamiento de Biogás

Tabla 14. Resumen de costos en el tanque de almacenamiento de Biogás

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Prec. Unit. S/. Unidad	Costo S/.
Cemento	2,1	bolsas	20	42
Piedra chancada de ½ "	0,2	m^3	45	9
Hormigón	0,1	m^3	30	3
Arena Gruesa	0,2	m^3	35	7
Arena fina	0,2	m^3	40	8
Fierro de ¼"	1	varillas	7	7
Fierro de ½"	1	varillas	13	13
Alambre N°16 de amarre	0,5	Kg.	2,5	1,25
Ladrillos king Kong	0,1	millares	800	80
Impermeabilizante	1	bolsa (4Kg.)	10	10
Campana Flotante	1	unidades	500	500
TOTAL	680,25			

Tabla 15. Resumen de costos en el tanque de almacenamiento del Biol

Descripción de Materiales	Cantidad	Unidad	Prec. Unit. S/. / Unidad	Costo S/.
Cemento	3,7	bolsas	20	74
Piedra chancada de ½ “	0,4	m ³	45	18
Hormigón	0,2	m ³	30	6
Arena Gruesa	0,3	m ³	35	10,5
Arena fina	0,4	m ³	40	16
Fierro de ¼”	1	varillas	7	7
Fierro de ½”	1	varillas	13	13
Alambre N16 de amarre	0,9	Kg.	2,5	2,25
Ladrillos king Kong	0,2	millares	800	160
Impermeabilizante	1	bolsa (4Kg.)	10	10
TOTAL	316,75			

4.3.4 Resumen de Costos Totales

Tabla 16. Resumen de costos totales

Parte	Costo S/.
Biodigestores	7470,26
Sistema de Distribución	716,00
Tanque de almacenamiento de Biogás	680,25
Tanque de almacenamiento de Biol	316,75
TOTAL	9813,26

Según esto se requieren S./ 9813,26 soles para la implementación de este biodigestor, en el análisis de CIPAV se obtuvo una reducción de 40% en el consumo de la electricidad, dato que no puede ser utilizado en nuestro análisis económico, ya que carece de algunos datos adicionales, un análisis económico serio con el uso de los indicadores VAN y TIR de este proyecto debería considerar el ingreso por generación eléctrica, dado esto debido a los costos de energía eléctrica actual el proyecto podría no ser económicamente factible. Pero con ayuda del MDL de proyectos de pequeña escala es posible vender la reducción de emisiones de este proyecto. Siendo el biodigestor una forma barata y fácil de obtención de energía esperamos que este tipo de proyectos progrese en el futuro.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Oportunidades de Negocio

En los capítulos anteriores como ya señalamos el Protocolo de Kyoto establece un régimen de reducción de emisiones; lo mismo sucede con los miembros de la Unión Europea, a lo que debemos agregar las políticas similares de Japón, Canadá y algunos Estados de USA.

Además que una opción de financiamiento de energía limpia en países en desarrollo, a través de la adquisición de Certificados de Emisiones Reducidas de Gases Efecto Invernadero (CERs).

La unidad utilizada es 1 CER y su valor actual de mercado es entre US\$ 3,5 y US\$ 6,5. En este camino países como Japón, Italia, Holanda, Bélgica, Alemania, Austria y Dinamarca ya han creado fondos de inversión para Bonos de Carbono y el Banco Mundial, a través del Prototype Carbon Fund ha iniciado operaciones por un monto de US\$ 500 millones. También podemos mencionar la Corporación Andina de Fomento (CAF), que aglutina a la mayoría de países latinoamericanos y la recientemente creada Carbonfund.Org., fundación registrada en el Estado de Delaware (USA),

que aspira a comprar Bonos de Carbono por 50.000 toneladas, con el fin de retirarlos del mercado.

Esta realidad se traducirá a la brevedad en:

- 1.- Financiamiento de energía limpias en países que no estén obligados a reducir sus GEI teniendo como retorno los CERs. (Un CER equivale a una tonelada métrica certificada y reducida de GEI)
- 2.- Compra de CERs a industrias que hayan reducido sus GEI por iniciativas locales.
- 3.- Financiamiento de proyectos forestales destinados a actuar como sumideros de CO₂.
- 4.- Pago de CERs que provengan de reducción de GEI en proyectos forestales.

Cabe señalar que dentro del Protocolo de Kyoto la energía nuclear no puede ser utilizada como MDL y que los proyectos forestales sólo pueden ser utilizados para el 1% anual de las obligaciones de reducción.

Los montos ya transados, de acuerdo con el informe elaborado por la intermediaria Natsource para el Banco Mundial, son los siguientes:

Año 2001	: 13 millones de toneladas métricas
Año 2002	: 29 millones de toneladas métricas
Año 2003	: 78 millones de toneladas métricas

De hecho existen en la actualidad empresas intermediarias dedicadas a transar CERs y países y empresas que están ofreciendo CERs.

5.2 Escenario de aplicación de la biodigestor

Para la implementación del Biodigestor necesitaríamos una inversión de S./9813,26, siendo este un proyecto de pequeña escala, podemos empezar a ver la factibilidad económica de realizar el proyecto, pero realizando una comparación con Agrosuper empresa chilena, nuestra empresa de 100 cabezas de cerdo sería el 0,08% de las cabezas de cerdo que posee la empresa chilena, recomendaría que los pobladores de Piura se unan para formar una empresa mas grande en la crianza de ganado vacuno y porcino y llegar a superar en el futuro esos 118800 cabezas de cerdo. Tomaremos algunos datos de esta empresa para ilustrar el proyecto que han desarrollado.

5.3 Línea base

Anteriormente ya hicimos la descripción de este concepto para el trabajo con biodigestores en proyectos a gran escala la Metodología de línea base aprobada tiene código AM0006 “Reducciones de gases de efecto invernadero procedentes de sistemas de gestión de estiércol”

La Fuente

Esta metodología se basa en el Documento de Diseño de Proyecto (PDD) “Captura de metano y combustión del estiércol de cerdo tratado para Peralillo” cuya línea base el estudio, el monitoreo y el plan de verificación y el documento del diseño de proyecto esta preparados por Agrícola Súper

Limitada.

La aplicabilidad

Esta metodología es aplicable para proyectos de gestión de estiércol con las siguientes condiciones:

- El contexto del proyecto es representado por granjas funcionando en un mercado competitivo.
- La introducción del sistema de gestión de estiércol es parte de la actividad del proyecto, así como también el sistema de gestión de estiércol en el escenario de línea base, debe estar de conformidad con las normas reguladoras de la ciudad
- Los sistemas del granero y el sistema de evacuación del granero no deberán ser el escenario de la línea base de la actividad de proyecto
- Las poblaciones del ganado comprenden sólo a ganado, vacuno y/o cerdo
- El sistema de gestión de estiércol introducido es parte de la actividad del proyecto, así como también el sistema de gestión de estiércol es la línea base el escenario, puede constar de varias etapas de tratamiento del estiércol.
- La actividad de proyecto no conduce a un incremento significativo de consumo de electricidad.

Adicionalidad

En esta metodología, el escenario de la línea base y de adicionalidad están desglosados en varios pasos.

Un análisis financiero de varios escenarios posibles es dirigido y válido, así

como también otras condiciones pertinentes y las barreras para su implementación son evaluadas.

El proceder económicamente más atractivo, atractivo en las prácticas de cuenta de barreras y locales, está asumido como la panorama de la línea base.

La actividad de proyecto es adicional, si este análisis sale a la vista que el proyecto es económicamente menos atractivo que la panorama identificada de la línea base.

Paso 1: Lista de posibles escenarios de línea base.

Un primer paso es realizar formular una lista de posibles escenarios de línea base para la gestión de estiércol. Un escenario de gestión de estiércol puede ser compuesto de una combinación de varias etapas de tratamiento de estiércol.

Estos pueden incluir las siguiente opciones:

- Almacenamiento de Sólidos.

El excremento y la orina que se producen en un establo, los sólidos (con o sin basura) son colectados y almacenados a granel, con o sin un sistema liquido de guía a pozo, por una larga temporada (meses) antes de cualquier eliminación.

- Lote de secado.

En climas secos en los que los animales pueden ser mantenidos en comederos desempedrados, donde el abono tiene periodo de secado hasta que sea removido periódicamente. En esta extracción el abono puede ser

esparcido en los campos.

- Líquido /lechada.

El estiércol y la orina son acumulados y transportados en la condición líquida para tanques para el almacenamiento.

El líquido puede guardarse por mucho tiempo (meses) hasta que sea aplicado en los campos. Para facilitar el manejo como líquido, se puede agregar agua.

- La laguna anaeróbica.

Los sistemas de laguna anaeróbica son caracterizados por sistemas de purga que usan agua para transportar el estiércol a la laguna. El estiércol reside en la laguna por períodos de 30 a 200 días. El agua de la laguna puede ser reciclado por sistemas de tratamiento de aguas y usado para irrigar y fertilizar los campos.

- Pozo de almacenamiento debajo del cautiverio animal

El abono líquido del cerdo puede guardarse debajo del cautiverio animales en un hoyo antes de la eliminación. La duración de almacenamiento varía y este análisis están divididos en dos categorías: Menos de un mes o mayor que un mes.

- El Biodigestor

El estiércol y la orina, en líquido o en forma de lechada son recolectadas y anaeróticamente asimiladas. El metano del proceso de digestión puede ser usado como llamarada, o quemado para la generación de energía.

- Hoyo de basura.

El estiércol y la orina del ganado / cerdo son excretados en el piso del

establo. El desperdicio acumulado será removido después de un tiempo. La duración de almacenamiento varia y este análisis están divididos en dos categorías: Menos de un mes o mayor que un mes.

- Abonando con abono de estiércol.

El estiércol y la orina son recolectados, apilados y regularmente cambiados de dirección para la aeración (extendiendo el abono de estiércol) o colocados en un recipiente o un túnel con aeración forzada todo esto usada para el tratamiento de desperdicios.

- El tratamiento aeróbico.

Los excrementos y la orina son recolectadas como un líquido. El desperdicio experimenta aeración forzada, o es tratado en un estanque aeróbico o en un sistema de tierras húmedas para proveer nitrificación y desnitrificación.

Al formular una lista de escenarios posibles, las posibles combinaciones de Animal Waste Management Systems (AWMS) deberían ser tomadas en consideración.

Paso 2: Identificación de escenarios creíbles

En un segundo paso, un número de escenarios creíbles deberían ser identificados de una lista de opciones posibles especificados en el paso 1 citado anteriormente.

Los escenarios identificados al menos deberían incluir dos escenarios, el escenario de proyecto y otro. Al seleccionar los escenarios creíbles, los participantes del proyecto deberán proveer justificación convincente para la exclusión de sistemas de gestión de residuos como escenarios potenciales

de línea base. Los criterios de exclusión están determinados por:

- Impedimentos legales (los escenarios deben estar de conformidad con la normatividad reguladora de la ciudad)
- La práctica histórica de gestión de residuos (por ejemplo en la compañía y región)
- La disponibilidad de tecnología residual de tratamiento.
- Las consideraciones de desarrollo a tomar, para el sistema de gestión de estiércol, apropiado para las condiciones nacionales, incluyendo las innovaciones tecnológicas.

Paso 3: Comparación económica

En un tercer paso, los escenarios creíbles identificados en el paso 2 son comparados económicamente. Para cada escenario, todo los costo y beneficios económicas atribuibles para los escenarios de gestión de residuos.

Estos deberán ser ilustrados de manera transparente y completa en cuadros.

Para dar un ejemplo de este paso mostraremos los cuadros del proyecto Agrosuper.

En está primera parte se han definido para este proyecto 2 escenarios de línea base.

Tabla 17. Resumen de costos de escenario de línea base 1

Baseline I (US\$)	Year 1	Year 2	Year n	Year n+1
WASTE TREATMENT STAGE I: SOLID STORAGE				
Equipment costs (specify the equipments needed)				
Installation costs	-85,000,000	0	0	0
Maintenance costs	-10,000	-10,000	-10,000	-10,000
Additional costs (Operation, consultancy, engineering)	-5,000			
SUBTOTAL	-85,015,000	-10,000	-10,000	-10,000
TOTAL BASELINE	-85,015,000	-10,000	-10,000	-10,000
NPV (US\$) (discount rate = 10 %)	-\$ 77,308,971.38			
IRR (%)	Undefined			

Tabla 18. Resumen de costos de escenario de línea base 2

Baseline II (US\$)	Year 1	Year 2	Year n	Year n+1
WASTE TREATMENT STAGE I: ANAEROBIC LAGOON				
Equipment costs (specify the equipments needed)				
Installation costs	-450,000	0	0	0
Maintenance costs	-10,000	-10,000	-10,000	-10,000
Additional costs (Operation, consultancy, engineering)	-5,000			
SUBTOTAL	-465,000	-10,000	-10,000	-10,000
TOTAL BASELINE	-465,000	-10,000	-10,000	-10,000
NPV (US\$) (discount rate = 10 %)	-\$ 445,335.02			
IRR (%)	Undefined			

Tabla 19. Resumen de costos del proyecto

Project (US\$)	Year 1	Year 2	Year n	Year n+1
WASTE TREATMENT STAGE I: DIGESTER				
Equipment costs (Gas handling skid (GHS) consisting of blower system, PLC, heat exchange system, boiler and flare system)	-450,000	0	0	0
Installation costs	-600,000	0	0	0
Maintenance costs	-30,000	-30,000	-30,000	-30,000
Additional costs (Operation, consultancy, engineering)	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000
SUBTOTAL	-1,095,000	-45,000	-45,000	-45,000
WASTE TREATMENT STAGE II: ACTIVATED SLUDGE				
Equipment costs (aerators, decanter, solid separators)	-1,300,000	0	0	0
Installation costs	-150,000	0	0	0
Maintenance costs	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000
Additional costs (Operation, consultancy, engineering)	-34,362	-34,362	-34,362	-34,362
SUBTOTAL	-1,499,362	-49,362	-49,362	-49,362
WASTE TREATMENT STAGE III: STORAGE LAGOON				
Equipment costs	0	0	0	0
Installation costs	-150,000	0	0	0
Maintenance costs	-6,000	-6,000	-6,000	-6,000
Additional costs (Operation, consultancy, engineering)	0	0	0	0
SUBTOTAL	-156,000	-6,000	-6,000	-6,000
TOTAL PROJECT	-2,750,362	-100,362	-100,362	-100,362
NPV (US\$) (discount rate = 10 %)	-S 2,727,224.95			
IRR (%)	Undefined			

Tabla 20. Valor actual Neto de proyectos

	Solid Storage-Land application	Anaerobic Lagoon-Land application	Digester-Storage Lagoon-Land application (PROJECT phase I)	Digester-Aerobic Treatment Storage Lagoon-Land application (PROJECT phase II)
NPV (US\$)	- 77,308,971.38	- 445,335.02	- 1,252,572.23	- 2,727,224.95

Para cada escenario creíble, la tasa interna de retorno (TIR) y/o el valor actual neto (VAN) debería ser calculado.

El cálculo del TIR debe incluir costos de inversión, operación y costos de mantenimiento, así como también cualquier otros costos asignados apropiados (ingeniería, asesoría, etc.), Todas las ganancias generadas por cada escenario de gestión de estiércol, incluyendo ingresos de la venta de electricidad y ahorros de costes de consumo de electricidad, excepto ganancias de la venta de CERs.

La TIR para la actividad propuesta del proyecto y otros argumentos deberían calcularse en una manera conservadora. Para asegurar esto, las suposiciones y los parámetros de la actividad del proyecto deberían estar seleccionadas de una forma conservadora (deberán tender a valores menores en TIR y en VAN)

Esta elección conservadora de parámetros y las suposiciones deberían ser aseguradas obteniendo opiniones expertas y deberían ser evaluadas por la Designated Operational Entity (DOE) para la validación de la actividad del proyecto.

Si el TIR no puede estar calculado debido a la existencia de sólo flujos negativos en el análisis financiero, entonces la comparación debería basarse en el VAN, haciendo constar la tasa de descuento usada. El escenario de la línea base es identificada como el camino de acción económicamente más atractivo. Esta es la escenario el TIR más alto, o dónde el TIR no puede ser calculado, al alto VAN.

Si la TIR de la actividad de proyecto es claramente y significativamente más

abajo del TIR del escenario identificada como la línea base, entonces el proyecto no es un económicamente atractivo y la dirección de la acción puede ser considerado como adicional. Si el valor del TIR no puede ser calculado debido a flujos sólo negativos en el análisis financiero, entonces esta comparación debería ser aplicada con el VAB, declarando y justificar explícitamente la tasa de descuento usada.

Paso 4: La evaluación de las barreras

Esta evaluación debería reforzar la prueba de adicionalidad del paso 3 o debería proveer prueba adicional para la adicionalidad cuando los resultados de la comparación económica (TIR o VAN del escenario de línea base y el escenario de proyecto) no son significativamente diferentes. En este caso más reciente, la evaluación de las barrera podría demostrar que una cierto escenario creíble podría ser el escenario de línea base más probable si bien no es la opción efectiva mas costosa. En este caso, la actividad del proyecto puede estar considerada adicional si el análisis económico en el paso 3 muestra que el TIR del proyecto es claramente y significativamente más bajo que la TIR de ese escenario de línea base esto es determinado claramente como más probablemente como resultado del análisis de las barrera.

Como parte de la evaluación de las barreras, los participantes del proyecto deberían analizar ya sea si la tecnología o la técnica de la actividad de proyecto es no nacional y / o en todo el mundo usada comúnmente, debido a diferentes tipos de barreras tales como: Las barreras de inversión, las barreras tecnológicas, la barrera debido a prevalecer practican u otras

barreras para implementar la tecnología de actividad de proyecto o la técnica.

La actividad del Proyecto y el escenario de línea base

La actividad de proyecto constan de la implementación de un sistema avanzado de gestión del estiércol que conduce a una reducción de emisiones de GEI en comparación a la falta del proyecto. El sistema apropiado de gestión del estiércol de la línea base es identificado arriba en el capítulo en adicionalidad

La metodología incluye las siguientes fuentes de emisión para el proyecto y el sistema de gestión de estiércol de línea base:

- El metano (CH_4) emitida por la descomposición del estiércol bajo las condiciones anaeróbicas
- Oxido de nitroso (N_2O) emitido durante el almacenamiento y el manejo del estiércol en el sistema de gestión de estiércol

Las siguientes fuentes de emisión no son consideradas en el proyecto de limite de línea base.

- Emisiones de óxido nitroso (N_2O) relacionadas con la aplicación del estiércol sobre la tierra (las emisiones directas, emisiones debido a deslaves y escurrimientos) y del óxido nitroso (N_2O) debido a la volatilización de nitrógeno y la deposición de ese nitrógeno en la tierra y las superficies de agua.
- Las emisiones de metano (CH_4) de deposición de lodo en el proyecto del sistema de gestión de estiércol, si el fango es acumulado o ingresado

bajo condiciones anaerobias (esta fuente de emisión es localizada como fuga)

- Cambios de la demanda de electricidad debido a la actividad del proyecto

Las emisiones del CO₂ de cualquier combustión, que originen una llamarada o la oxidación de metano, como las emisiones del CO₂ son consideradas de biológico, ya que estos no cambie las reservas de carbón.

Reducción de emisiones

Las emisiones de gases de efecto invernadero incluidas en la demarcación del proyecto se calculan para el proyecto y el sistema de gestión de estiércol de la línea base separadamente, usando la misma aproximación de la metodología. Las reducciones de la emisión resultan de la diferencia entre las emisiones de proyecto y de la línea base. La metodología a calcular emisiones se basa en avances presentados en el IPCC 1996 Revised Guidelines y en el IPCC GPG 2000

Los siguientes pasos son requeridos para el cálculo de, la línea base y proyección de las emisiones:

- 1 - La identificación del proyecto y el sistema de gestión de estiércol de la línea base siguiendo la guía bajo adicionalidad arriba mencionado. Las etapas diferentes de tratamiento de la actividad de proyecto deberían estar claramente descritas y su relación ilustrada en un diagrama de flujo.
- 2 – La identificación de la población de ganado en el sitio del proyecto según

la categorización de poblaciones.

3 - La determinación de los sólidos volátiles (VS) y la excreción de nitrógeno (NEX) se evalúa para cada población. Los totales sólidos volátiles y el nitrógeno abastecido para el sistema de gestión de estiércol son determinados por el tasas de excreción VS y NEX y las poblaciones monitoreadas del ganado. Las emisiones del proyecto y los escenarios de la línea base son ambos calculados en la base de las cantidades del sólido monitoreado total volátil y el nitrógeno suministraron para el sistema de gestión de estiércol.

4 - El cálculo de CH_4 y las emisiones N_2O del sistema de gestión de estiércol en el primer tratamiento escenificados, ejerciendo factores apropiados de la emisión para la cantidad de sólidos volátiles y el nitrógeno abastecido para el sistema de gestión de estiércol.

5 - En cada fase de tratamiento del sistema de gestión de estiércol los sólidos volátiles y las cargas de nitrógeno son reducidos. Para calcular las emisiones del tratamiento en cada fase se considerara, la cantidad de sólidos volátiles y el nitrógeno abastecido para la siguiente etapa de tratamiento tenga que ser determinado. Con este propósito dos avances del metodología pueden ser seguidos:

Opción A:

Entre cada fase de tratamiento del sistema de gestión de residuos de estiércol el flujo residual F , la demanda bioquímica de oxígeno BOD, la temperatura T y el contenido de nitrógeno N estarán medidas durante el

monitoreo. Emisiones de N_2O y CH_4 están entonces calculados usando factores apropiados para la medida de la cantidad de oxígeno bioquímico y nitrógeno suministrado para el sistema de gestión de estiércol. Este acercamiento sólo puede ser aplicado para el proyecto de sistema de gestión de estiércol, como esto requiere un monitoreo de estos parámetros, no es posible para un escenario hipotético de la línea base este monitoreo.

Opción B:

La reducción de los sólidos volátiles y el nitrógeno durante una etapa de tratamiento es estimada basada en referencia de datos de diferentes tipos. Las emisiones de la siguiente etapa de tratamiento están entonces calculadas siguientes que el perfil del paso 3 y 4 citados anteriormente pero con sólido volátil y cantidades de nitrógeno ajustadas para la reducción de las etapas previas de tratamiento. Este acercamiento puede ser aplicado para ambos pasos del proyecto y la panorama de la línea base.

6 - La repetición del paso 5 para cualquier subsiguiente etapa de las fases

7 - La determinación de emisiones del CH_4 de la fase de eliminación de estiércol tratado, si tal eliminación ocurre bajo las condiciones anaerobias.

De modo semejante para las dos opciones en el paso 5, las estimaciones de emisiones de metano pueden ser estimadas basados en la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) en el estiércol tratado y factores apropiados de emisiones o en el contenido remanente de sólidos volátiles en el abono tratado.

Los pasos del 1 al 7 deberían ser aplicados para el sistema de gestión de estiércol de la actividad de proyecto y para el sistema de gestión de estiércol

que ha sido identificado como la panorámica de la línea base. Las reducciones netas de emisiones son la diferencia entre emisiones en la línea base y el proyecto del sistema de gestión de residuos.

Emisiones de Metano de la gestión de estiércol

Las emisiones de metano que afectan factores principales de gestión de estiércol son la cantidad de abono que es producido y la porción de abono que se descompone bajo las condiciones anaerobias. El tipo de estiércol que el sistema de gestión usó y el clima (primordialmente la temperatura) son los factores primarios que determinan la extensión de descomposición anaerobia que toma lugar. En algunos sistemas de gestión de estiércol, las emisiones de metano se acortan construyendo tapas o gorras para lagunas o tanques donde el abono es mantenido. El metano recuperado también puede ser usado en una llamarada o usado como combustible en caldera, motores o turbinas.

Para la primera etapa del tratamiento del sistema de gestión de estiércol, las emisiones CH₄ se calculan después de los acercamientos esbozados en los pasos 3 y 4 citados anteriormente:

$$E_{CH_4,mm,1,y} = GWP_{CH_4} \times MCF_1 \times D_{CH_4} \times \sum V S_{population} B_{0,population} N_{population}$$

$E_{CH_4,mm,1,y}$ = Son las emisiones del CH₄ de gestión de estiércol en la primera etapa de tratamiento de un sistema de gestión de estiércol durante el año y en toneladas de equivalente del CO₂

GWP_{CH_4} = Es el índice de poder de calentamiento global (GWP) del CH₄

MCF_1 = Es el factor de conversión del metano (MCF) para el tratamiento de estiércol en la primera etapa de tratamiento definido en por ciento

D_{CH_4} = Es la densidad del CH_4 (0.67 kg/m^3 a la temperatura de (20°C) y 1 atm de presión)

$VS_{\text{population}}$ = Es el sólido de excreción volátil por día, en una base de materia seca para una población definida del ganado en kg-dm/animal/day

$B_{0,\text{population}}$ = Es la capacidad máxima de producción del CH_4 por el estiércol de animal, definido para una población de ganado en $\text{m}^3 \text{CH}_4//\text{kg-dm}$

$N_{\text{population}}$ = Es la cantidad de ganado

Donde el proyecto incluye a diferentes subpoblaciones, las emisiones de metano por gestión de estiércol deberían ser estimadas separadamente cada subpoblaciones. Para el cálculo de ambas líneas base y proyecto de emisiones, el ganado de cada población debe estar bien definida.

5.4 Reducción de emisiones

Para dar una idea de la reducción de emisiones con el proyecto del biodigestor para las 100 cabezas de cerdo mostrare un pequeño cálculo de esto.

$$E_{CH_4,mm,1,y} = GWP_{CH_4} \cdot MCF_1 \cdot D_{CH_4} \cdot 0,365 \cdot \sum VS_{\text{population}} \cdot B_{0,\text{population}} \cdot N_{\text{population}}$$

Tomaremos para nuestro escenario de línea base:

Tabla 21. Valores de GWP

	Global Warming Potential (GWP)
Carbon Dioxide	1
Methane	21
Nitrous Oxide	310

Fuente IPCC

$$GWP_{CH_4} = 21$$

Tabla 22. Valor de MCF para diferentes fuentes

	MCF %	
Baseline	Anaerobic Lagoon*	90%
	CH ₄ Combustion*	90%
Project	Indirect fugitive emissions from digester*	5%
	Storage Lagoon**	45%
	Aerobic Treatment (activated sludge for stage II)***	0.10%

$$MCF_1 = \text{En este caso tendríamos } 90\% - 45\% = 45\%$$

$$D_{CH_4} = 0.67 \text{ kg/m}^3$$

$$VS_{\text{population}} = 0.5 \text{ kg/hd/day (Valor por defecto)}$$

$$B_{0,\text{population}} = 0.45 \text{ m}^3/\text{kg (Valor de Agrosuper)}$$

$$N_{\text{population}} = 100 \text{ cabezas de cerdo}$$

$$ECH_{4,\text{mm},1,1} = 21 \times 0,45 \times 0.67 \text{ kg/m}^3 \times 0,5\text{kg/hd/day} \times 0,45\text{m}^3/\text{kg} \times 100 \times 0,365$$

$$ECH_{4,\text{mm},1,1} = 51,99 \text{ tCO}_2\text{e aproximadamente}$$

$$ECH_{4,\text{mm},1,1} = 52 \text{ tCO}_2\text{e}$$

5.5 Cálculo de Ingresos por reducción de emisiones

Tenemos 52 tCO₂e a 6 US\$/tCO₂e obtendríamos US\$ 312 por año, y que nuestro proyecto dure 10 años obtendríamos US\$ 3120 por todo el proyecto, esto haciendo ver que nuestro proyecto en la parte del biodigestor tiene un costo aproximado de US\$ 2857 en el presente y llevándolo al futuro dentro un tiempo de 10 años para hacer la comparación a un 12% anual por ser este valor el utilizado para proyectos energéticos US\$ 8873.40 a simple vista los ingresos por CERs suplirían la tercera parte de nuestra inversión.

Este análisis es muy variable ya que no sean tomado en consideración los gastos que originan este tipo de transacciones.

Según Óscar Coto y Christopher de Gouvello, de CDM Transaction Cost and Carbon Finance Impact on small CDM Energy Project: Road testing Simplified Procedures, llegaron a determinar que proyectos de pequeña escala las transacciones podrían variar de US\$ 23000 a US\$ 78000 dolares cifras que se alejan de la realidad de nuestro proyecto, observemos que en un principio planteamos la comparación de nuestra granja con Agrosuper, siendo la nuestra el 1% de Agrosuper, con esto hacemos hincapié en que debemos centrarnos en la realización de proyecto a gran escala para obtener rentabilidad..

Mencionaremos que proyectos MDL tienen un costo, el según el Banco Mundial plantea que estos ascienden a los US\$ 200000 dólares, EcoSecurities estima costos alrededor de 90000 dólares.

Según sea el caso, observamos que este ingreso adicional mejora la rentabilidad del uso de energías limpias y el mejor estudio de proyectos a pequeña escala.

5.6 Situación de los proyectos MDL en Perú

Perú posee un proyecto de biomasa que ha sido aprobado por la Autoridad Nacional Designada (AND)

Tabla 23. Proyecto aprobado por la AND

Titulo	Type	ktCO2/yr	years	Total CERs 31/12/2012 ktCO2	Status
Paramonga	Biomass power	87	10	607	At validation

Fuente: CDM pipeline Junio 2005

5.6.1 Biomasa

Tabla 24. Resumen de proyectos de Biomasa en el Perú

Numero de Proyectos	Total de Inversión en millones de dólares	Total de Reducción de emisiones anuales en tCO2	Inv/tCO2
4	\$28.80	134,700.00	\$213.81

Tabla 25. Proyectos de Biomasa en el Perú

Nombre del Proyecto	Empresa	Inversiones en millones de dólares	Reducción de emisiones anuales en tCO ₂
Proyecto Cartavio Instalación de un cladero que utilice bagazo como combustible (La libertad)	Complejo Agroindustrial Cartavio S.A.A.	2	32 800
Planta de generación de Energía a base de cascara de arroz (Lambayeque)	Moder SAC. /Ecoenergy/ Asociación de molineros de Lambayeque	16.6	14 900
Proyecto Agroindustrial Paramonga	CAEMA	5.61	87 000
La caldera Biogas	La caldera	380	Nd
Total		28.3	134 700

5.7 Tablas de reducción de emisiones

Tabla 26. Contenido promedio de carbono en algunos combustibles

Combustible Primario	Contenido de Carbono (tC/Tj)
Petróleo crudo	20
Gas natural (seco)	15,3
Líquido de gas natural	15,2
Antracita	26,8
Carbón	25,8
Lignito	27,6
Combustible Secundario	Contenido de carbón (tC/Tj)
Gasolina	18,9
Gas natural (puro metano)	14,5
Jet queroseno	19,5
Queroseno	19,6
Gas/ Diesel	20,2
Residual	21,1
GLP	17,2
Etano	16,8

Fuente: IPCC 1995

Tabla 27. Factores de emisión de dióxido de carbono para algunas tecnologías

T de CO ₂ – Equivalente / GWh	
Gas natural	
Turbina de combustión / ciclo simple	676.7
Ciclo combinado	415.3
Carbon	
Turbina a vapor	955.2
Diesel	
Motor diesel pequeño	1,004.00
Motor diesel mediano	836.6
Motor diesel grande	716.9
Turbina de combustión / ciclo simple grande	838.4
Turbina de combustión / ciclo simple mediano	931.5
Buncker - C	
Turbina a vapor	774.9

Fuente: IPCC 1996

CONCLUSIONES

1.- La viabilidad de los proyectos peruanos de reducción de emisiones de GEI frente a la inversión inicial, exige que estos tengan menores costos de inversión y uso apropiado de la tecnología.

2.- Los proyectos de gestión de residuos sólidos, biomasa son los más atractivos en proyectos MDL, por sus costos reducidos y tiempos de implementación.

3.- La sustitución de combustibles está siendo impulsada en estos tiempos; prueba de esto es el encontrar a siete empresas Peruanas que utilizan Bagazo como combustible base, para el funcionamiento de sus calderos.

4.- Los costos que involucran el desarrollo y ejecución de proyectos MDL son altos, por ello los proyectistas que ingresen a este mercado tendrán, que estar bien preparados para enfrentar los estándares internacionales de acreditación.

5.- Nuestra preparación en ingeniería nos permite acceder a estos nuevos conocimientos que están de moda en estos tiempos y a sus respectivos ingresos.

6.- La utilización de biodigestores ofrece grandes ventajas para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias, además de disminuir la carga contaminante de los mismos, extrae gran parte de la energía contenida en el material mejorando su valor fertilizante y controlando, de manera considerable, los malos olores.

7.- Los biodigestores pueden jugar un papel importante en sistemas de cultivo integrados contribuyendo a la reducción de polución y agregando valor a los excrementos del ganado.

RECOMENDACIONES

1.- La viabilidad de los proyectos peruanos depende en gran parte de las personas que se especialicen en esta área y recomendaría que entre ellos y el gobierno se creen políticas que favorezcan el uso de energías limpias.

2.- El impacto del biodigestor económico es inconstante, la adopción de la técnica y los resultados exitosos depende de aspectos como localización (disponibilidad de combustible tradicional) y la manera en la que la tecnología se introduce, adapta y mejora. Según las condiciones locales y técnicas, el hecho de trabajar a pequeña escala disminuye el impacto que tendría a nivel mundial, es por ello que recomendamos la realización de proyectos grandes con la unión de criadores de ganado vacuno y porcino, nuestro análisis de 100 cabezas de cerdo que representan el 1% de la cantidad de cabezas que tiene Agrosuper nos da una idea de que tan fuertes y dinámicas deben ser las alianzas entre ganaderos.

3.- El uso del biogás para la generación de electricidad y de energía térmica da un valor adicional al empleo de biodigestores en las empresas

agropecuarias, pero el pequeño caudal que posee en ganaderos a pequeña escala no justifica la inversión en generación eléctrica, recomendando no hacer la inversión en pequeños productores.

4.- El hecho de contar en el Perú con 25 calderos que funcionan a bagazo, recomienda la unión de estas empresas para gestionar sus respectivos certificados de reducción de emisiones, que vendría a ser un buen ingreso para estas empresas y una forma de motivar a otras al cambio de combustibles, desde el punto de vista económico y ambiental.

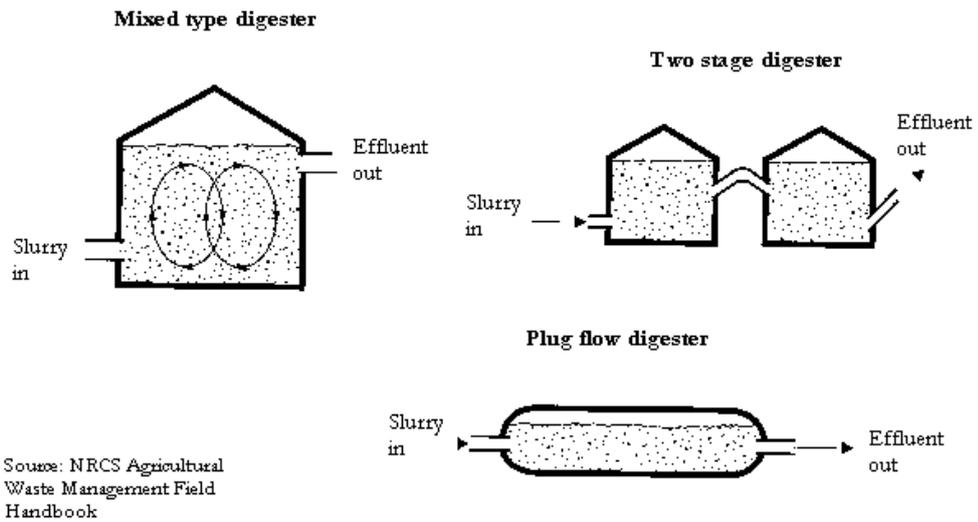
BIBLIOGRAFÍA

1. www.fonamperu.org
2. www.unfccc.com
3. www.mimem.gob.pe
4. www.pointcarbon.com
5. www.solucionespracticas.org.pe
6. Bajracharya, Deepak. Rural Energy Planning in China and other Developing Countries of Asia. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Environment and Energy Paper No.5. Rome,1985.
7. Barra, O. A. y Szockolay, S. V. (1988) Basic Course of Renewable Energy Sources, Italian Ministry of Foreign Affairs, Rome, Italy. p.p. 20-31
8. Boletín Energético No. 14. OLADE, Cuernavaca (Mex.),1980.
9. Botero, Raúl y Presto, Thomas. Biodigestor de Bajo Costo para la producción de Combustible y Fertilizante a Partir de Excretas. Cali, 1988.
10. Charless, Jennifer, Energía Renovable, Guía de alternativas Tecnológicas, Edamex, México, 1995.
11. Lecocq, Frank y Karan Capoor, "State and Trends of the Carbon Market".
12. Lorenzo Eguren para CEPAL, "El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: Balance y perspectivas".
13. FONAM, "Guía Práctica de Desarrolladores de Proyectos - MDL"

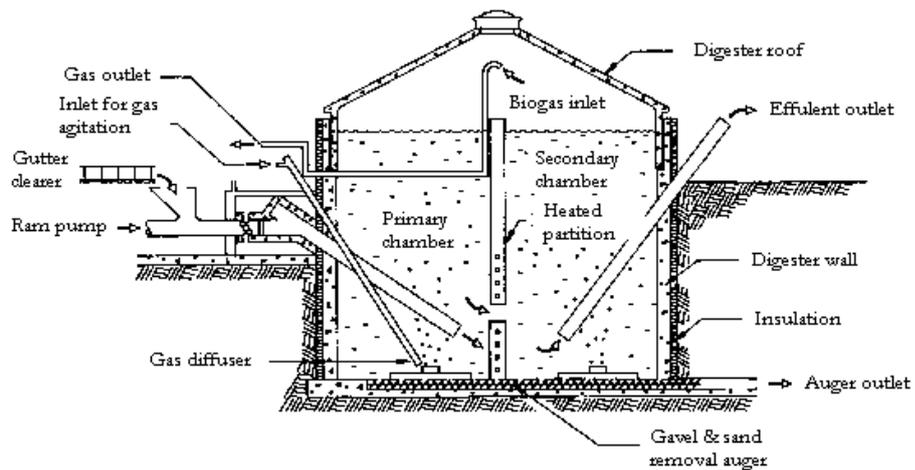
14. ICEL. Estudio de la Expansión del Sistema Eléctrico en Áreas no Interconectadas. Santa Fé de Bogotá, 1995.
15. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Digestores de Desechos Orgánicos.
16. Lockett, W. (1997) Digestores de gas metano para obtener combustibles, The New Alchemy Institute West, p.p. 45-59
17. Macola, B. (1995). Desechos del agro, su aprovechamiento para obtener energía, p.p. 17-41
18. Nitsch, J. y Rettich, S. (1993) Biogas, Nutzungsmöglichkeiten für Baden-Württemberg. Stuttgart, Deutschland, p.p. 20-31
19. Pontificia Universidad Javeriana. Seminario de energía. Desarrollo en el siglo XXI. En: Profesor Roberto Rengifo. Bogotá, 1990.
20. VIDA, Manuais Práticos - Biodigestor. Editora Tres. Sao Paulo, Brasil, 1986.
21. Trebi, R. (1978) Biogas. Alternativa de solución al problema de combustibles en la zona cordillerana, Secretaría de Planeamiento, Provincia del Chubut, p.p. 35-42
22. Stuckey, D. (1983) Technology Assessment Study of Biogas in Developing Countries, International Reference Centre for Waste Disposal,(IRCWD) Switzerland, p.p. 16-22

PLANOS

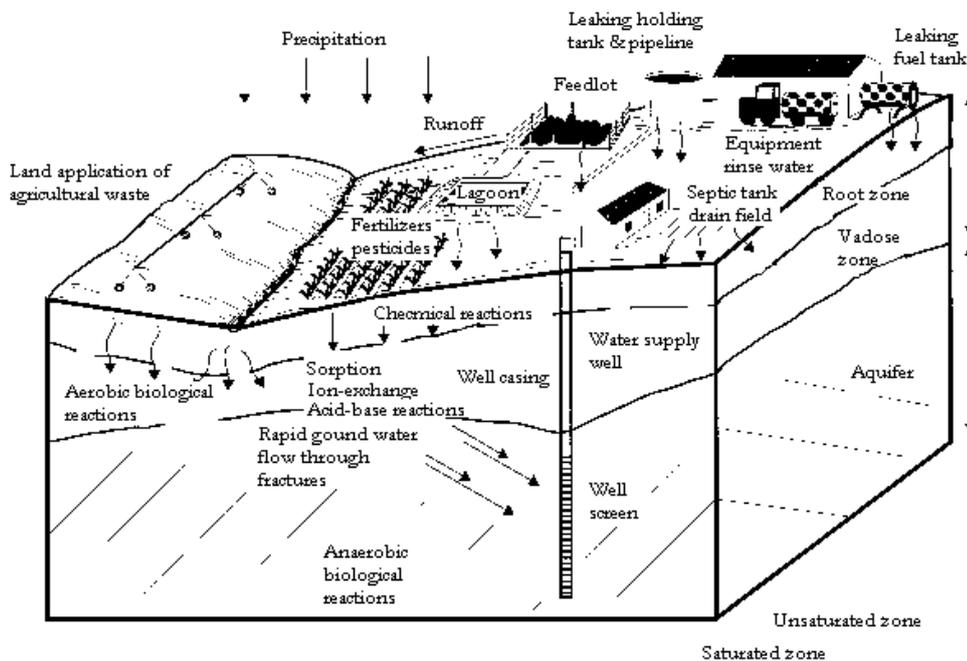
Plano esquemático típico de Biodigestores



Plano esquemático del corte de un biodigestor de dos etapas

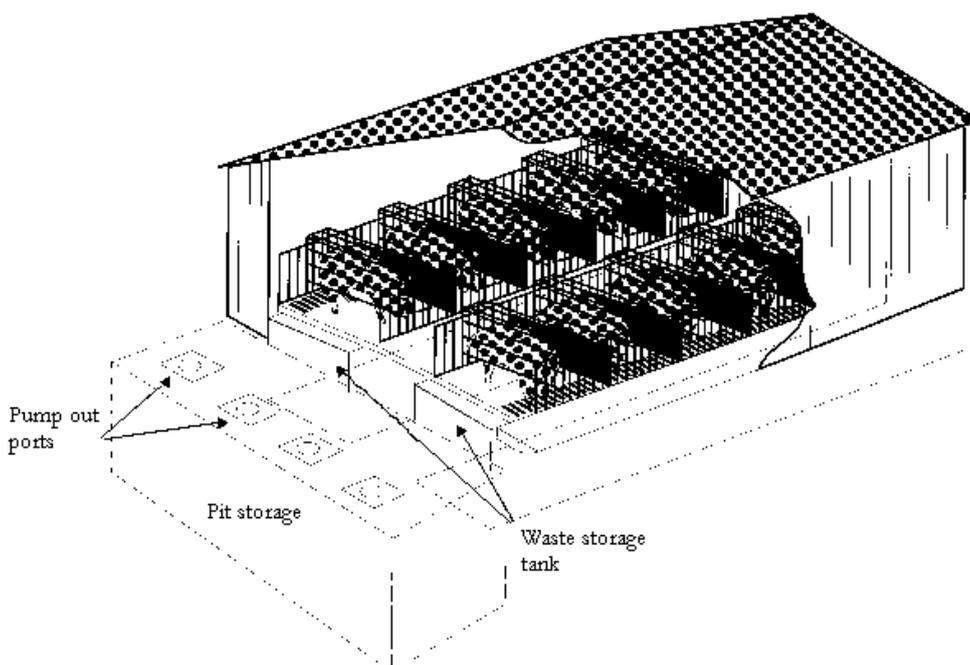


Posibles daños al medio ambiente por el biodigestor



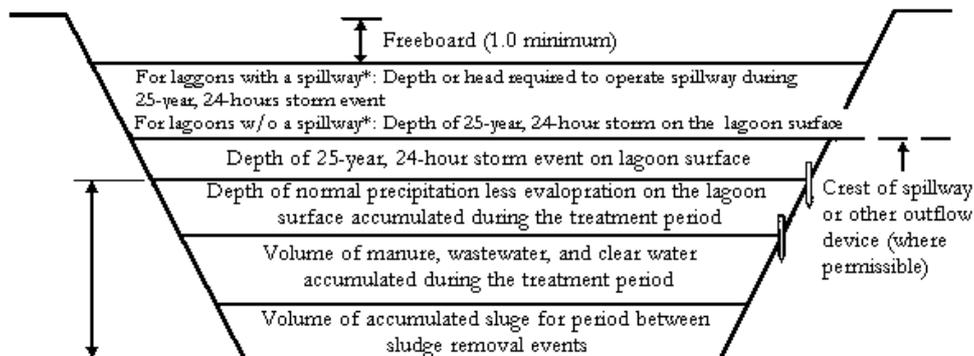
Source: NRCS Agricultural Waste Management Field Handbook

Plano esquemático de la casa de ganado, diseñada para la limpieza del orín por medio de agua



Source: NRCS Agricultural Waste Management Field Handbook

Corte de una laguna anaeróbica

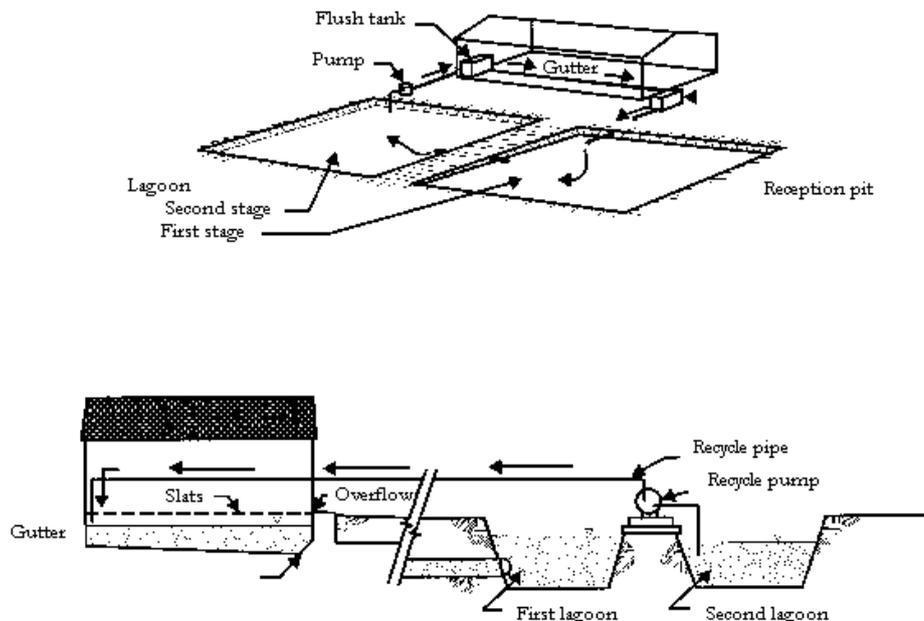


*or other outflow device

Note: An aerobic waste treatment lagoon has a required minimum surface based on BOD₅

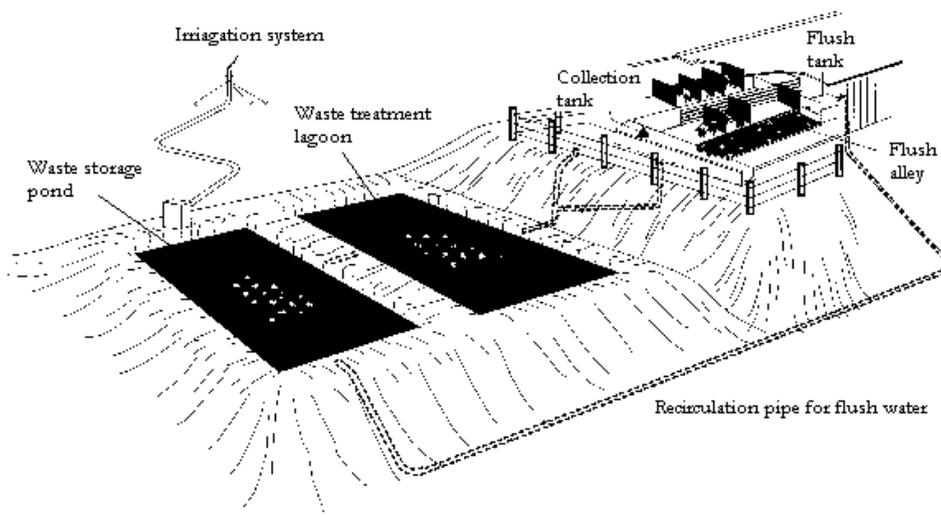
Source: NRCS Agricultural Waste Management Field Handbook

Plano esquemático del proceso de obtención del Biogás



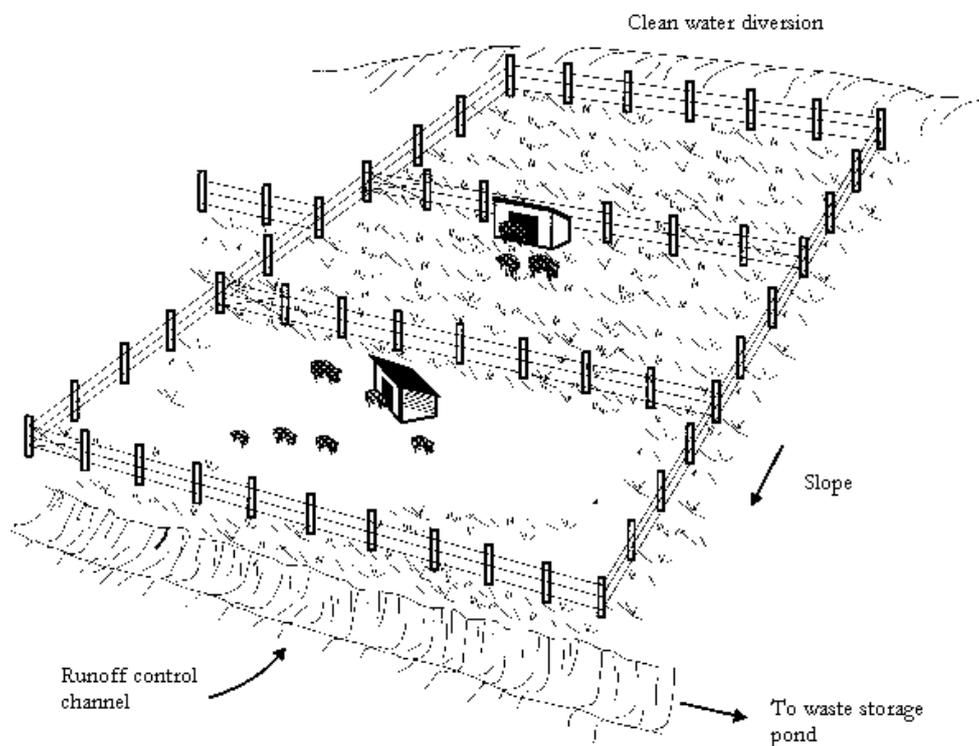
Source: NRCS Agricultural Waste Management Handbook

Plano esquemático de dos lagunas anaeróbicas



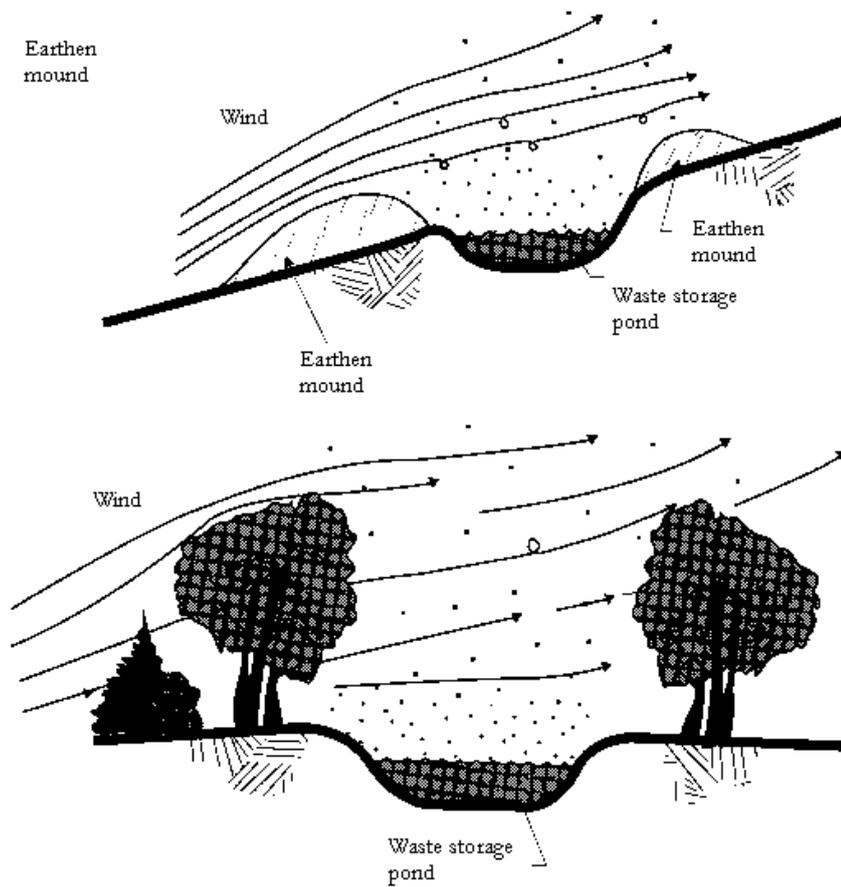
Source: NRCS Agricultural Waste Management Field Handbook

Plano esquemático del esquema de control de pérdidas



Source: NRCS Agricultural Waste Management Field Handbook

Influencia del olor en el medio ambiente ocasionado por la Planta de Biogás



Source: NRCS Agricultural Waste Management Field Handbook