

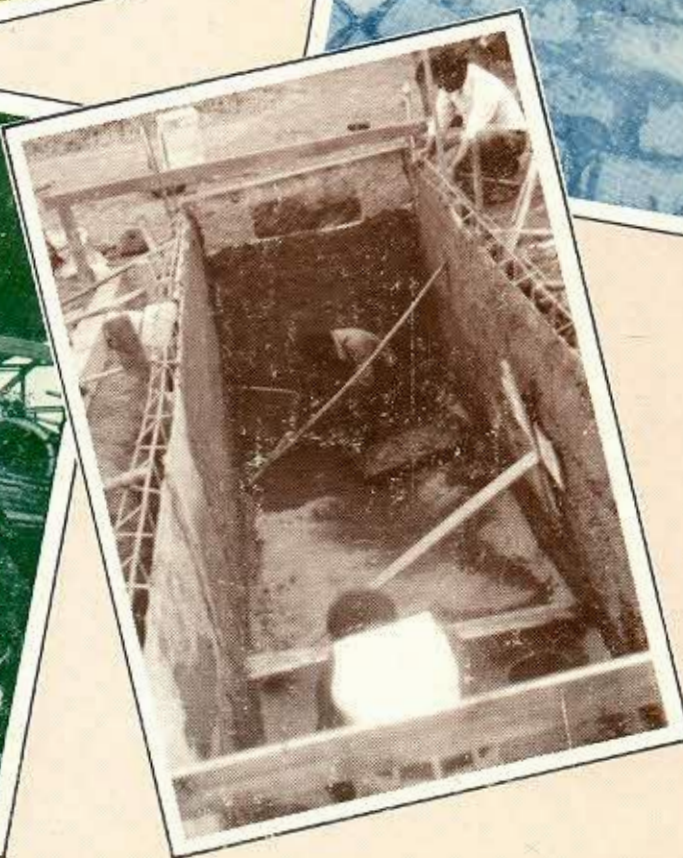
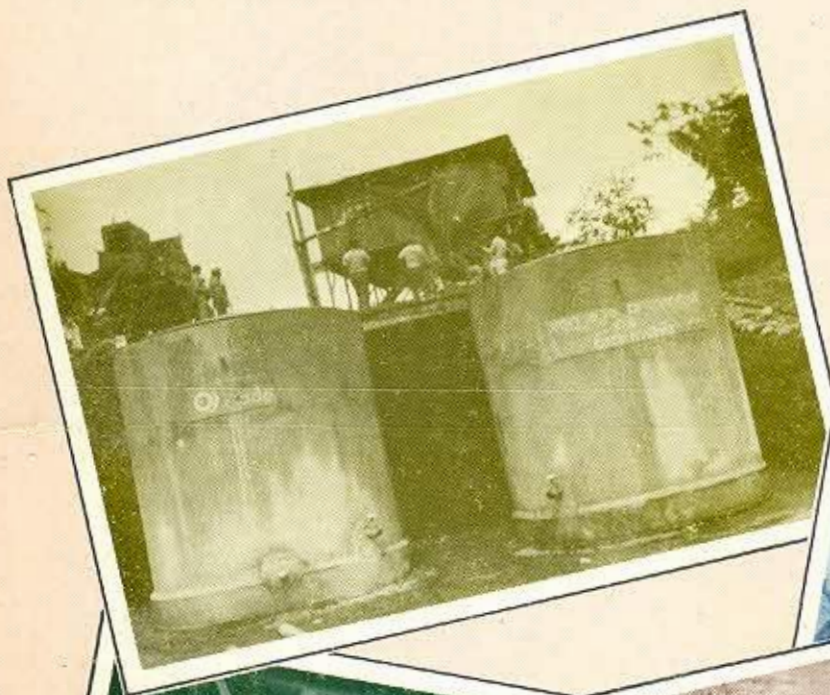


# ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

SECRETARIA PERMANENTE

BOLETIN ENERGETICO No. 14

ENERO /MARZO 1980





# el biogas como alternativa energética para zonas rurales

La crisis energética en el mundo actual debida fundamentalmente a una secular explotación indiscriminada de combustibles fósiles no renovables (petróleo, gas natural, hulla), que la naturaleza ha tardado milenios en formar, se manifiesta en: una continua elevación de precios y en una desigual distribución de estos y sus derivados lo cual ha ocasionado una aguda escasez de los mismos, particularmente en los países en desarrollo como el nuestro con grave repercusión en la economía nacional.

Particularmente en el Perú, la escasez de combustibles y sus altos costos, sumado a la deficiente infraestructura de transporte y el reducido poder adquisitivo de la población campesina, está limitando cada vez más el uso de combustibles derivados de petróleo en las zonas rurales, predominantes en el país reduciendo la calidad de vida en el agro.

Este hecho ha motivado que en dichas zonas (sobre todo en nuestra serranía) aumente la práctica tradicional, de quemar leña y desperdicios agrícolas (como el estiércol) para satisfacer sus necesidades energéticas. Sin embargo, esta forma de obtener energía no es una solución adecuada porque conduce a la deforestación y al deterioro de los suelos de cultivo al quemarse los desperdicios agrícolas no restituyendo los nutrientes que estos contienen.

Este problema plantea la necesidad de encontrar fuentes de energía alternativa, basada en la mejor utilización de recursos locales que aseguren el suministro de combustible barato y accesible y que a su vez sirva para devolver al suelo los nutrientes que este necesita.

Asimismo, plantea la necesidad de una tecnología apropiada que utilizando recursos locales disponibles, como son los desperdicios, sirvan para: generar energía, incrementar la producción agrícola y preservar el medio ambiente, reforzando la independencia de los agricultores y del mundo rural.

El estudio de tecnologías alternativas que permitan disponer combustibles de carácter renovable o

---

Javier Verástegui Lazo  
Magda Mateo Bruno.  
Dirección de Tecnología  
ITINTEC

Trabajo presentado al I Simposio Nacional sobre "La Energía y sus Perspectivas" 25 - 28 de junio, 1979. Lima - Perú.

un costo económico constituye un problema mundial. Dichos combustibles pueden ser obtenidos mediante una utilización racional e integral de los recursos biológicos (Biomasa) según los siguientes procesos, entre otros:

1. Fermentación alcohólica de carbohidratos y azúcares. Etanol.
2. Pirólisis y gasificación de compuestos leñosos y celulósicos: carbón vegetal, gas de madera, metanol, metano, hidrógeno y monóxido de carbono.
3. Combustión directa de madera y desechos: bagazo, pellets de basura, etc.
4. Fermentación anaeróbica de Biomasa y Desechos. Biogas (mezcla de metano y dióxido de carbono).

En países atrasados la investigación y desarrollo del proceso de Obtención de Biogas ha logrado avances espectaculares debido a que constituye una de las alternativas más adecuadas para solucionar los problemas anteriormente planteados. En efecto, el Proceso de Fermentación Anaeróbica (en ausencia de aire) convierte la materia orgánica compleja en un gas combustible con alto contenido de metano (Biogas) dejando un residuo de un alto poder fertilizante sin riesgos de contaminación.

Este proceso se puede realizar en Plantas de Biogas de fácil construcción y manejo, utilizando desperdicios disponibles y agua. Así, se puede utilizar:

- Desechos Agrícolas (Rastrojos, etc).
- Desechos Animales (estiércol, etc)
- Desechos Orgánicos Urbanos (basura, desechos)
- Desechos Orgánicos Industriales (de fáb. de alimentos, etc).

Los digestores deben ser adecuados para cada tipo de desecho y para escala familiar, comunal o industrial. Sin embargo, en nuestro país esta tecnología es más apropiada para áreas rurales porque no requiere de mucha inversión ni trabajo altamente especializado y puede ser aplicado con materiales y mano de obra locales.

#### RESEÑA HISTORICA

La utilización del gas de los pantanos, metano o biogas como combustible no constituye una novedad tecnológica, pues ya a comienzos del presente siglo se

iluminaba ciudades con el biogas proveniente de plantas de tratamiento de desechos municipales. Exeter (1896), Birminaham (1927), Berlin (1929), Baltimore (1936), etc. (1, 2, 3).

Durante y después de la Segunda Guerra Mundial se despertó en Europa un redoblado interés por el metano, a partir de los desechos orgánicos como sustituto de la gasolina debido a la escasez de éste último este gas se empleó para el funcionamiento de automóviles en Alemania, Francia y Argelia. Así, en 1952 había en Francia 1000 plantas de biogas en funcionamiento (2, 4). Posteriormente a partir de la década del 60 y con el regreso a fuentes de energía baratas (petróleo), la mayoría de estas plantas fueron abandonadas.

A diferencia de los países desarrollados, la producción de biogas ha sido cada vez más creciente en los países en desarrollo, siendo India y China los que están a la vanguardia en las aplicaciones a escala familiar y comunal, para el medio rural. En India existían más de 10000 plantas operando en 1976 (5). El desarrollo más espectacular se ha producido en la China, pues en 1972 sólo existían unas 400 plantas de biogas a escala familiar en 1975 ya eran 1.000.000 mientras que en diciembre de 1978 operaban cerca de 7.000.000 de digestores anaeróbicos (6, 7).

Además de India y China, se han construido numerosas plantas a escala familiar en Corea, Taiwan, Hawaii, etc. (4). En América Latina no se han desarrollado hasta la fecha programas estatales de difusión de esta tecnología, aunque se viene experimentando en México, Guatemala, Colombia y Ecuador (8, 9, 10). Sin embargo, organismos internacionales como OLADE, PNUMA y JUNAC, han realizado estudios tendientes a incentivar programas de difusión masivos (11).

En los Estados Unidos, existen numerosas plantas de biogas utilizadas por granjeros; sin embargo, a raíz de la crisis energética, en los últimos años se ha despertado enorme interés en la construcción de grandes plantas industriales de Biogas, como la de Guyton, Oklahoma, que trata el estiércol de 100 000 vacunos y abastece con 1.6 millones de pies cúbicos de metano diarios a una parte de la red de gas de Chicago, mediante gasoducto (12).

#### DESCRIPCION DEL PROCESO

La materia orgánica puede fermentarse aeróbica (con oxígeno) y anaeróbicamente (sin oxígeno) produciendo, principalmente, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) en el primer caso y dióxido de carbono y metano (CH<sub>4</sub>) en el segundo caso.

La fermentación anaeróbica de materia orgánica se realiza en forma natural en los intestinos de animales y debajo de las aguas estancadas o pantanos. Este proceso puede realizarse artificialmente en depósitos cerrados herméticamente llamados digestores.

El método consiste en alimentar el digestor con materiales orgánicos y agua, dejándose un período de semanas o meses, a lo largo de los cuales en condiciones ambientales y químicas favorables, el proceso bioquímico y la acción bacteriana se desarrollan simultánea y gradualmente, descomponiendo la materia orgánica hasta producir grandes burbujas que fuerzan su salida a la superficie donde el gas se acumula.

Al interior del digestor en un proceso de digestión lenta, los materiales se van estratificando en las siguientes capas, comenzando del fondo (Ver figura 2.1).

- Materiales inorgánicos y arena en el fondo
- Lodo, suspensión de sólidos digeridos. El sólido digerido y seco representa el 30 - 40 o/o del material crudo original con un alto contenido fertilizante.
- Sobrenadante, son líquidos digeridos que aún tienen sólidos disueltos, los cuales una vez secos tienen menor poder fertilizante que el lodo.
- Nata, es una espuma consistente en una mezcla de material fibroso grueso, gas y líquido. La acumulación de estos en la superficie es

un problema porque pueden detener la digestión.

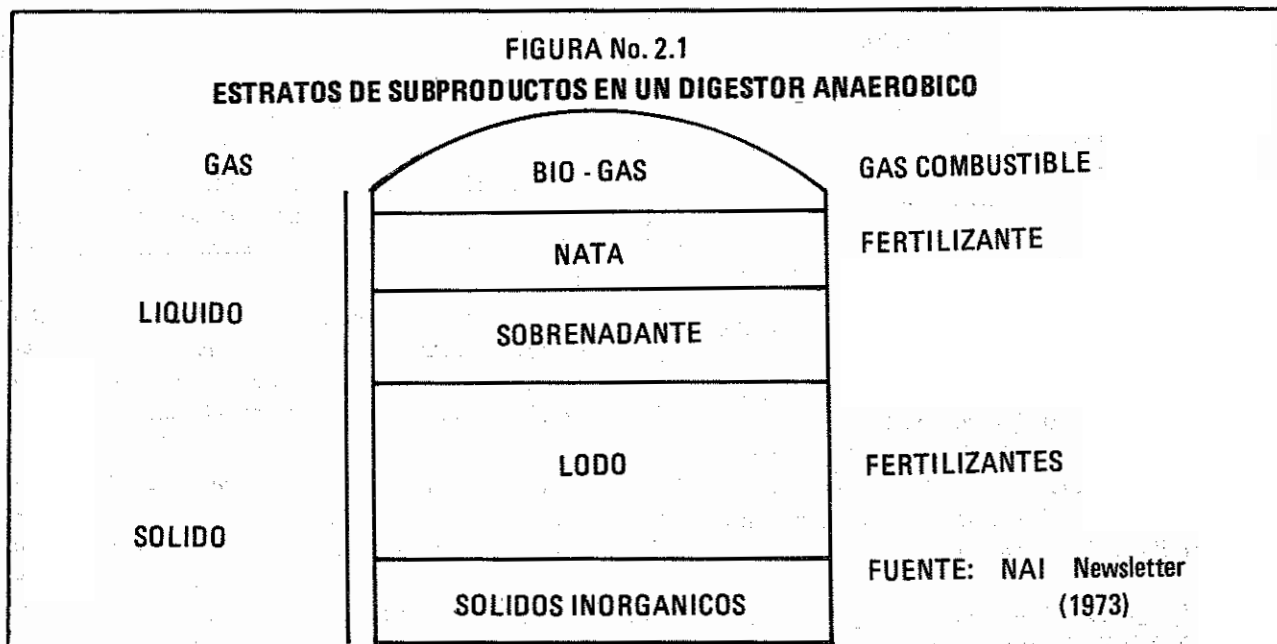
- Biogas, es el gas producto de la digestión, contiene más o menos, 60 o/o de metano, 40 o/o de CO<sub>2</sub> y pequeñas cantidades de N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>. El CH<sub>4</sub> es un combustible directo.

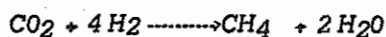
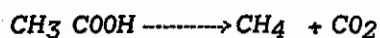
La digestión anaeróbica de la materia orgánica es un proceso bioquímico complejo que se desenvuelve en tres etapas, utilizando en cada una, un grupo específico de microorganismos.

En la primera etapa de "Solubilización", la materia orgánica cruda formada por polímeros (proteínas complejas, grasas y carbohidratos, principalmente) es hidrolizada por la acción de enzimas, descomponiéndose en compuestos simples y solubles.

En la segunda etapa, de "Acidogénesis", los compuestos simples solubles, de la primera etapa, siguen un proceso de fermentación que los convierte por óxido-reducción, en ácidos simples de cadena corta mediante la acción, de bacterias formadoras de ácidos que son anaeróbicos facultativas (viven tanto en presencia como ausencia de aire).

En la tercera etapa, de "Metanogénesis", los ácidos orgánicos simples, producidos en la segunda etapa devienen en substractos para la descomposición, estabilización y producción de metano, mediante la acción de bacterias: metanogénicas, estrictamente anaeróbicas, las cuales producen CH<sub>4</sub> por 2 vías: fermentación de ácido acético y reducción de CO<sub>2</sub> (principalmente), metanol y ácido fórmico por hidrógeno naciente:





El proceso global se muestra en la figura 2.2

Estas bacterias son muy sensibles a los cambios de pH cuyo rango óptimo está entre 7 y 7.2. Asimismo, la descomposición anaeróbica es óptima en dos rangos de temperatura: el rango mesofílico (28° - 38°C) y el rango termofílico (50° - 60°C); por debajo de 20°C la actividad microbiana disminuye hasta casi cesar por completo a menos de 10°C. Sin embargo, como el proceso es exotérmico, se alcanza al interior del digestor temperaturas del rango mesofílico aún cuando la temperatura ambiente es de 20°C (Ver figuras 2.4 y 2.5).

La composición del biogas es variable dependiendo de las materias primas y las condiciones del proceso aunque generalmente tienen la siguiente composición:

|   | o/o Volumen |
|---|-------------|
| Metano (CH <sub>4</sub> )               | 55 - 65     |
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )   | 34 - 45     |
| Nitrógeno (N <sub>2</sub> )             | 0 - 3       |
| Hidrógeno (H <sub>2</sub> )             | 0 - 1       |
| Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S) | 0 - 1       |

El metano es el constituyente principal del biogas y a la vez el componente energético útil; del contenido de éste depende el valor combustible del biogas (poder calorífico: 5 000 Kcal/m<sup>3</sup>, aproximadamente).

Los digestores anaeróbicos pueden ser clasificados según el flujo hidráulico en (Ver figura 2.6):

- Digestores Batch.
- Digestores de Flujo "tapón"
- Digestores de Flujo arbitrario
- Digestores de Mezclado complejo.

Los primeros sólo tienen interés experimental y los últimos sólo se justifican para grandes plantas industriales. Para los requerimientos energéticos del medio rural, los digestores de flujo arbitrario son los más adecuados por su simplicidad, economía de construcción y escaso control; entre estos el modelo hindú de Acharya y el modelo chino son los más representativos (Ver figuras 2.8 y 2.10) En ambos modelos, la alimentación y la descarga de lodos se realiza de manera discontinua, diariamente.

En la figura 2.12 se aprecia un esquema de una Planta Industrial de Biogas de mezclado Completo

## POTENCIAL NACIONAL DE BIOGAS (13)

En el Perú los principales desechos orgánicos disponibles para esta tecnología son los siguientes:

**Desechos Rurales.**- Considerando que el estiércol de animales, los desperdicios de cereales, y la excreta humana, son los principales desechos del agro peruano, se ha calculado la cantidad de estos a partir de las estadísticas del Ministerio de Agricultura (OSEI) de 1976 resultando un total de 59 106 TM/año, que se especifica en el cuadro 2.11 multiplicando la cantidad de estos desechos con los datos de su rendimiento de biogas (en otros lugares) se ha estimado el Potencial Nacional de Biogas en 4.9 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año, que corresponde a un valor energético de 23 x 10<sup>12</sup> Kcal/año, como puede apreciarse detalladamente y por zonas del país en el Anexo No. 1 "Potencial del Biogas en el Perú"

### Principales Desechos Rurales en el Perú

| Desechos                          | 10 <sup>6</sup> TM/año |
|-----------------------------------|------------------------|
| Estiércol de vacunos              | 25.131                 |
| Estiércol de equinos              | 6.632                  |
| Estiércol de porcinos             | 6.425                  |
| Estiércol de ovinos               | 12.235                 |
| Estiércol de caprinos             | 1.617                  |
| Estiércol de aves                 | 0.924                  |
| Desperdicios de cultivo de arroz  | 0.450                  |
| Desperdicios de cultivo de trigo  | 0.450                  |
| Desperdicios de cultivo de cebada | 0.549                  |
| Desperdicios de maíz              | 5.850                  |
| Excreta humana                    | 1.369                  |
| <b>Total de Desechos:</b>         | <b>59.200</b>          |

FUENTE: Anexo 1

De los datos del Anexo 1, se ve que los desechos de más rendimiento son el estiércol de ovinos, el estiércol de vacunos y los desperdicios de cultivos de maíz que se encuentran en su mayor parte en la sierra del Perú.

Además tenemos el estiércol de auquénidos, desechos de cultivos de menestras, tallos y hojas de tubérculos, entre otros que también representan un potencial de Biogas que estaría por calcularse.

**Desechos Urbanos.**- El desagüe de Lima y las principales ciudades del Perú, producen diariamente una gran cantidad de desechos que representan un gran potencial de Biogas que debe evaluarse para considerar su próxima utilización por los organismos competentes.

/año, con una distribución geográfica centrada en los departamentos centroandinos y Lima.

Las pajas de cereales considerados en este estudio (arroz, trigo y cebada), solo representan un potencial de biogas equivalente a  $1.3 \times 10^{12}$  kcal/año distribuidos principalmente en los departamentos de la costa Norte, Ancash y Junín.

El potencial de biogas a partir de excremento aviar es pequeño ( $0.4 \times 10^{12}$  kcal/año) y está fuertemente centralizado en Lima.

El excremento humano representa un potencial mínimo ( $0.27 \times 10^{12}$  kcal/año).

Si consideramos el consumo energético doméstico (en 1976), observamos que los requerimientos para cocinar en medio rural alcanzaron  $42.0 \times 10^{12}$  kcal/año mientras que los requerimientos para alumbrado en el mismo medio llegaron a  $2.4 \times 10^{12}$  kcal/año; energía obtenida principalmente de la leña y del estiércol. Podemos entonces deducir que el potencial

nacional de biogas obtenible a partir de los desechos considerados en el Anexo 1 ( $23 \times 10^{12}$  kcal/año) podrían llegar a satisfacer más del 50 o/o de la demanda para cocina rural, así como la demanda total para alumbrado rural.

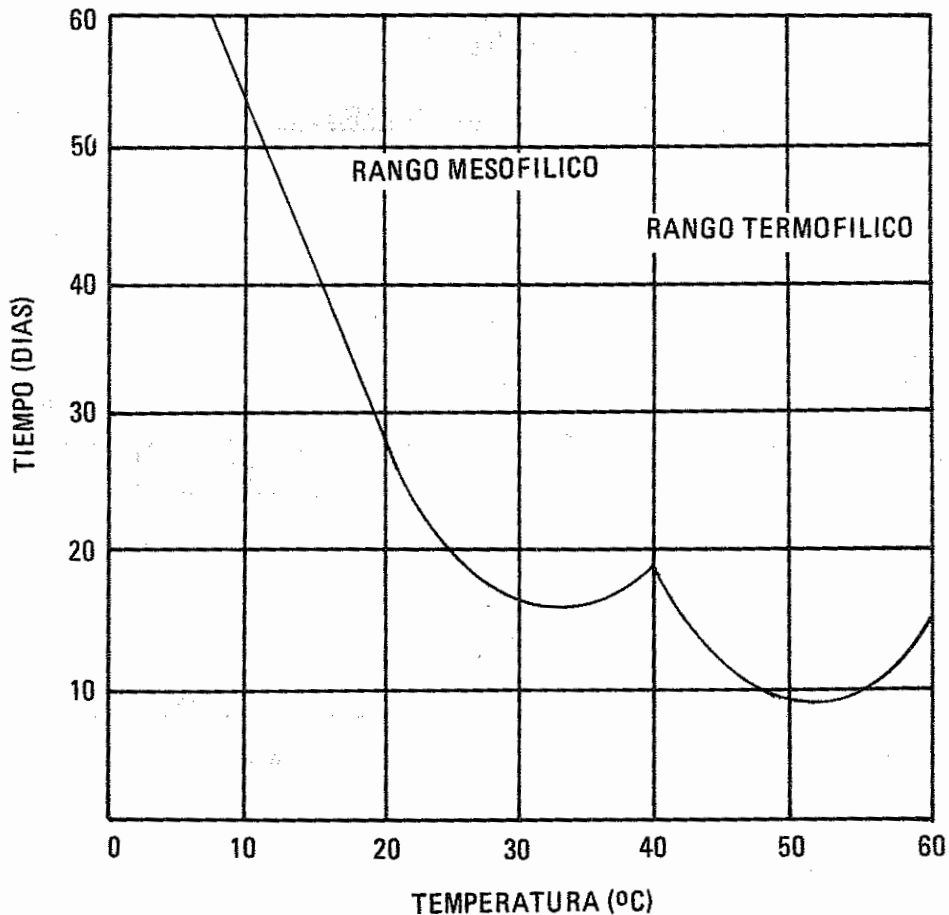
### CONCLUSIONES

La difusión de la tecnología de producción del biogas en el Perú es importante, necesaria y urgente pues el país cuenta con los recursos necesarios, existe demanda insatisfecha de energía y la construcción y operación de las plantas de biogas es sencilla y no demanda recursos económicos importantes.

Es conveniente iniciar dicha difusión en el medio rural, utilizando principalmente los desechos animales, particularmente vacuno y ovino, centralizando un programa piloto en los departamentos de Puno y Cajamarca. De esta manera, contando con un combustible barato y un fertilizante natural de alta calidad se logrará incentivar la producción agrícola y mejorar el nivel de vida rural.

FIGURA No. 2.4

### TIEMPO DE RETENCION EN FUNCION DE TEMPERATURA DE OPERACION

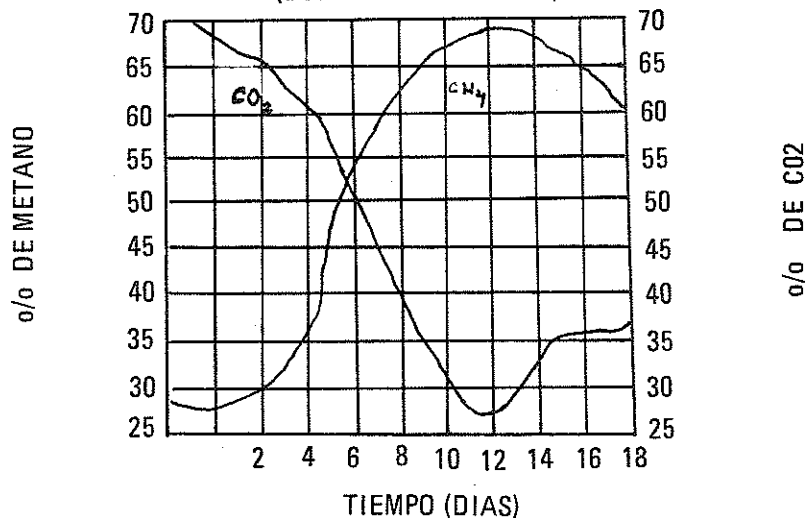


## RELACION BIBLIOGRAFICA

- (1) Tai Mei Fien  
Usar y Popularizar el Metano en el Campo de nuestro país, China Reconstruye - Mayo 1977
- (2) Ken Smith  
Methane: Methane Systems: principles and practice (12 P.) p. 136 -207 "Energy Primer: Solar Water, Wind and Biofuels Edited by Richard Merrill and Thomas Gage (CIT)
- (3) Philip Steadman  
Descomposición controlada, tratamiento de residuos y gas metano como combustible. p 229 - 268 de Energía y Medio Ambiente y Edificación.
- (4) National Academy of Sciences "Methane Generation from human, animal, and agricultural wastes" - Washington D.C. 1977, 132 pp.(CIT).
- (5) Mohan Parick  
"Caso de estudio No. 6 "Planta de Bio-gas en pequeña escala - India" Bardali, Gujarat. India 19 pp.
- (6) Vacía v Smild  
"Energy Solution in China"  
Environment, Vol. 19 No. 17.4 pp.
- (7) Chou Chin  
"Gas Metano. Fuente de Energía inagotable Pekin Informa No. 50,20 de diciembre de 1978, 4pp.
- (8) Alfonso Félix Almada  
(Instituto de Investigaciones Eléctricas, División de Fuentes de Energía) México. "Experimentación con digestores de desechos orgánicos en el I.I.E. Febrero 1978. 15 pp.
- (9) Joris J.C. Voorhoeve  
"Tesoros en la basura, una utilización correcta de los desperdicios puede estimular la producción agrícola, crear energías, preservar el medio ambiente y economizar divisas". Ceres Marzo - Abril 1976. 3 pp. (CIT).
- (10) Pat Doherty, Stan Huncilman, Max Kroschel, Paul Warpeha (Peace corps volunteers).  
"The Araque Methane gas and fertilizer plant" Project Report No. 1 Ecuador - Mayo 1976
- (11) OLADE, Secretaría Permanente. "Bio-Gas" VII Junta de Expertos, 29 - 31 de mayo de 1978, Quito - Ecuador 1976
- (12) G.W. Meckert, Jr.  
"Commercial SNG Production from feedlot wastes". Symposium papers: Energy from Biomass and Wastes, Washington D.C., August 14- 18, 1978. 15pp.
- (13) J. Velástegui Lazo, y M. Mateco Bruno  
Proyecto de investigación tecnológica industrial "Producción de biogas a partir de desechos orgánicos. Parte 1: Planta piloto familiar". Dirección de Tecnología - ITINTEC, junio 1979, Lima, Perú.

FIGURA No. 2.5

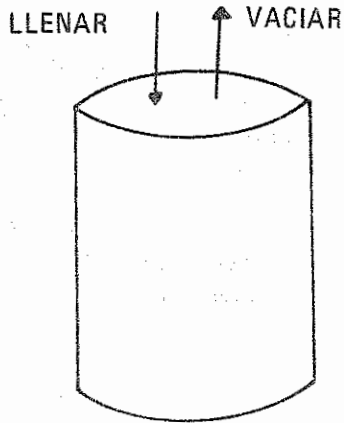
COMPOSICION DEL BIO-GAS EN FUNCION DEL TIEMPO DE RETENCION  
(a condiciones mesofílicas)



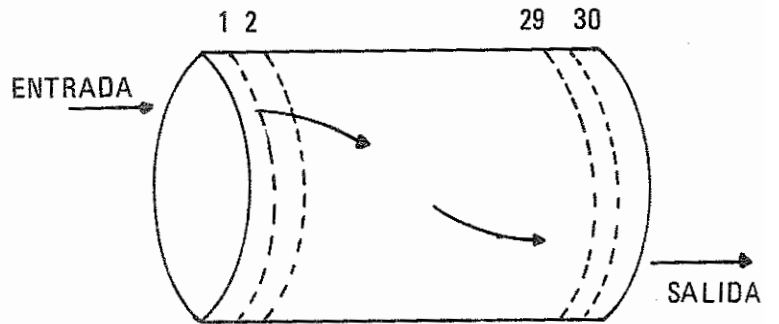
Fuente: IIE (México) - 1978

FIGURA No. 2.6

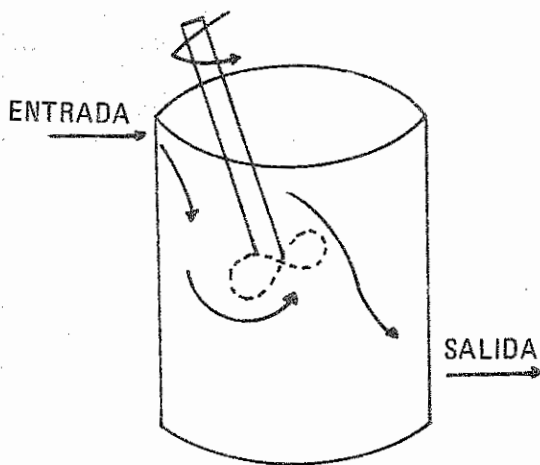
DIGESTORES CLASIFICADOS POR CARACTERISTICAS DE FLUJO HIDRAULICO  
(Tipos)



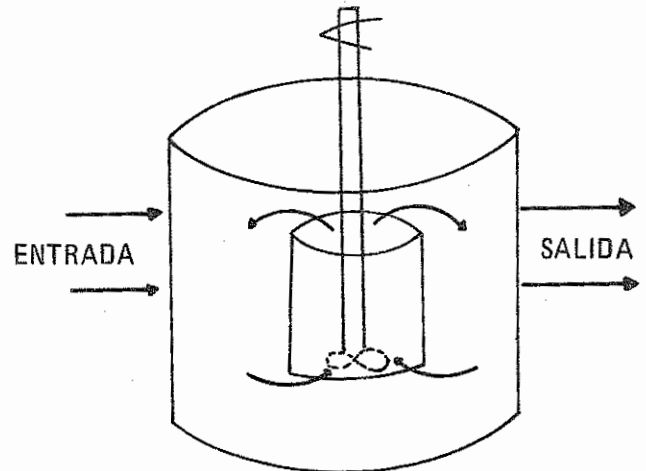
A) DE CARGA POR LOTES (BATCH)



B) DE FLUJO "TAPON"



C) DE FLUJO ARBITRARIO



D) DE MEZCLADO COMPLETO

Fuente: Anaerobic Digester Feasability Study, Ecotope Group



FIGURA No. 2.8

PLANTA DE BIOGAS DISEÑADO POR ACHARIA (Instituto de Investigación Agrícola India)

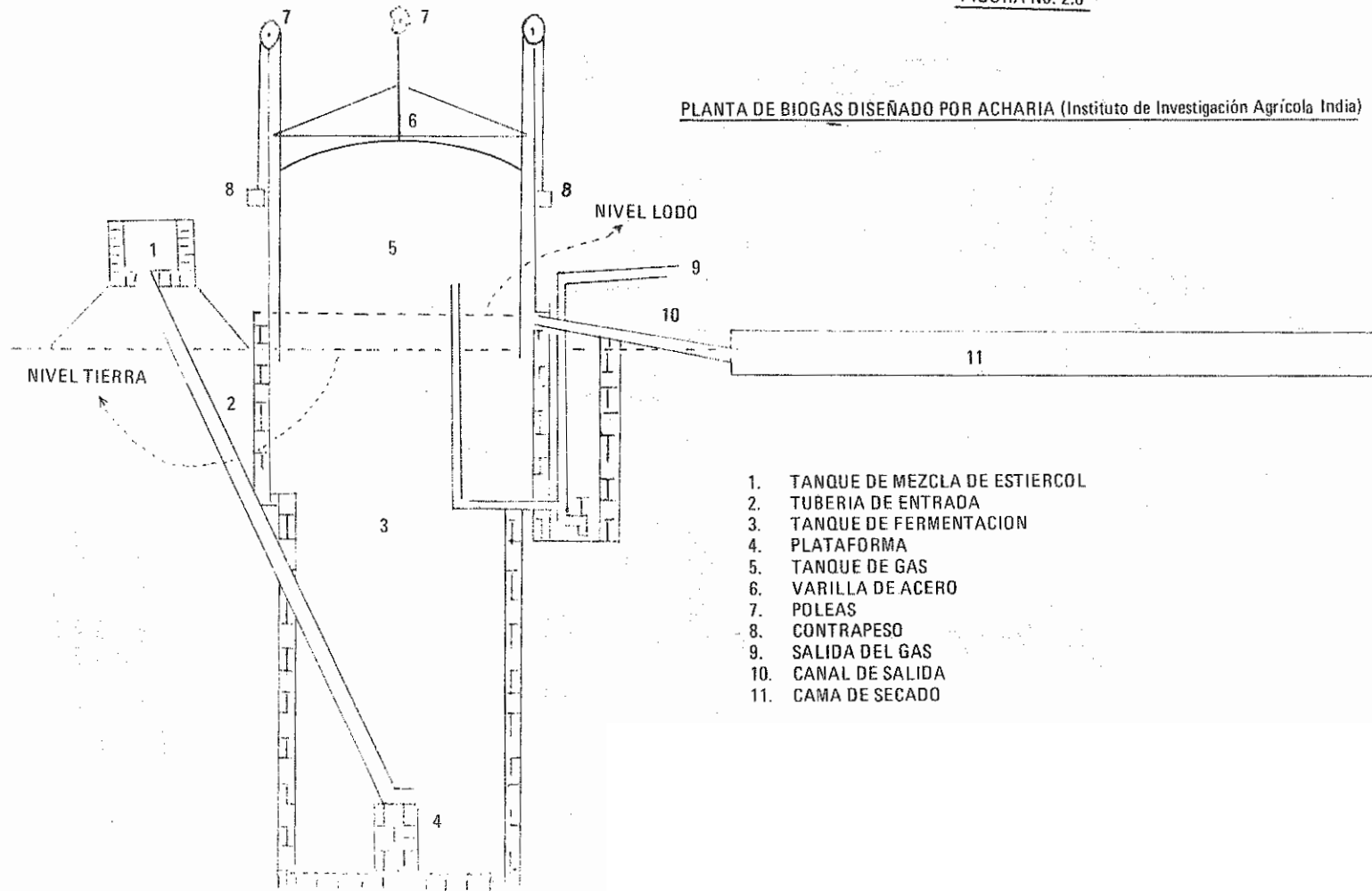
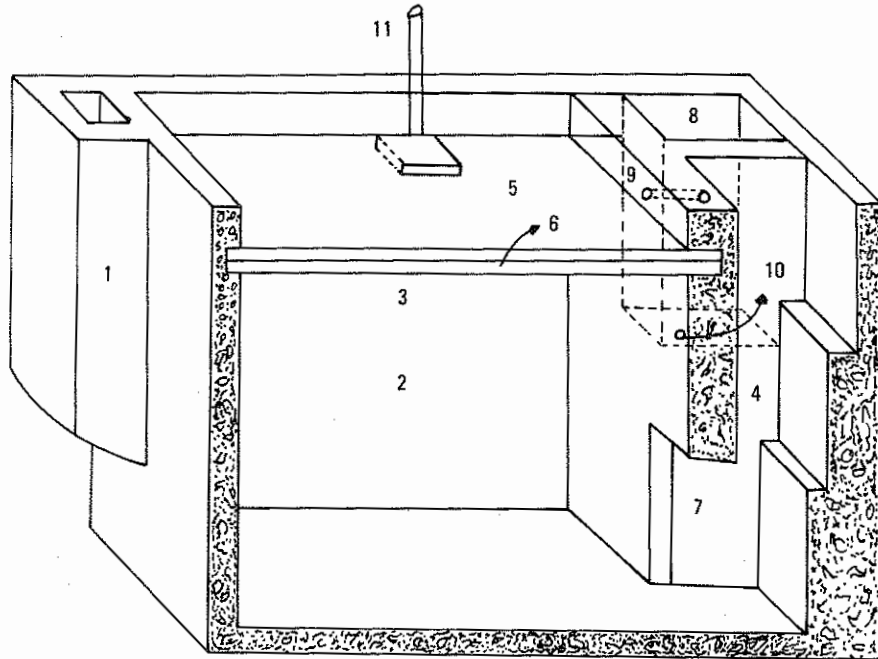
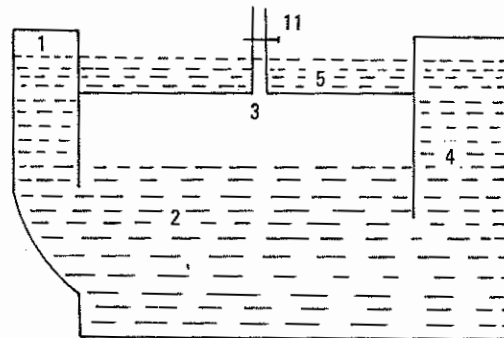


FIGURA No. 2.10

PLANTA DE BIOGAS DE TIPO FAMILIAR USADA EN LA R.D. CHINA (10 m<sup>3</sup>.)



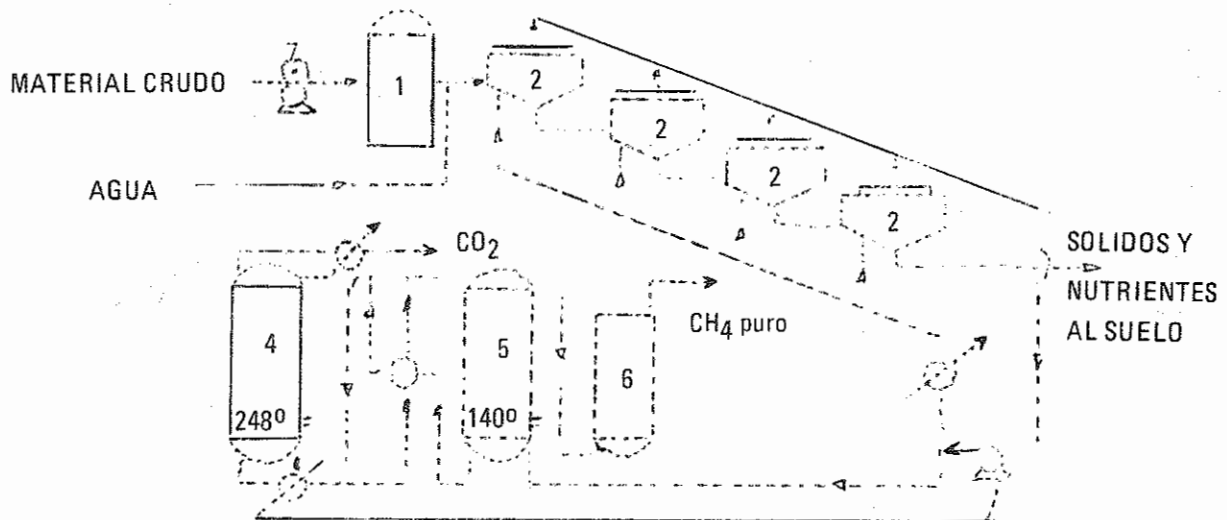
- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. CAMARA DE ENTRADA         | 7. PUERTA DEL TANQUE DE FERMENTACION        |
| 2. TANQUE DE FERMENTACION    | 8. TANQUE ADAPTADO DE LODO DIGERIDO         |
| 3. TANQUE DE GAS             | 9. CONEXION ABIERTA                         |
| 4. CAMARA DE SALIDA          | 10. HOYO PARA DESBORDE DE LODO FERTILIZANTE |
| 5. TANQUE DE PRESION DE AGUA | 11. TUBERIA DE SALIDA DE GAS                |
| 6. CUBIERTA DEL TANQUE       |   |



- |                              |
|------------------------------|
| 1. CAMARA DE ENTRADA         |
| 2. TANQUE DE FERMENTACION    |
| 3. TANQUE DE GAS             |
| 4. CAMARA DE SALIDA          |
| 5. TANQUE DE PRESION DE AGUA |
| 11. TUBERIA DE SALIDA DE GAS |

FIGURA No. 2.12

PLANTA INDUSTRIAL DE BIO-GAS (\*)  
(Con recirculación de gases para agitación y calentamiento)



1. Depósito de materia prima
2. Digestores a 95° F y a 10 o/o de sólidos
3. Compresor
4. Stripper de Monoetanolamina
5. Absorbedores de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O con monoetanolamina
6. Secador con glicol
7. Molino

(\*) Diseño de Claussen, Sitton y Park

**CUADRO I**

**PRODUCCION DE BIOGAS Y ENERGIA, POR UNIDAD (\*) Y POR AÑO (a temperatura ambiente 20oC)**

| <b>RECURSO BIOLÓGICO</b> | <b>DESECHO (a)<br/>Kg / unidad<br/>AÑO</b> | <b>BIOGAS<br/>m3 / unidad<br/>AÑO</b> | <b>PODER CALORIFICO (b)<br/>Kcal / Unidad<br/>AÑO</b> |
|--------------------------|--|---------------------------------------|---|
| Vacuno                   | 6000                                       | 223,2                                 | 1 063 994   |
| Equino                   | 5000                                       | 286,5                                 | 1 365 745   |
| Porcino                  | 3000                                       | 156                                   | 743 651   |
| Ovino                    | 800  | 121,6                                 | 579.667   |
| Caprino                  | 800  | 121,6                                 | 579 667   |
| Aves de corral           | 25   | 2,28                                  | 10.868  |
| HOMBRE                   | 250  | 12                                    | 57.204  |
| Maíz                     | 9 988.45                                   | 1 897,7                               | 9 046 838   |
| Arroz                    | 3 379.26                                   | 642,06                                | 3 060 697   |
| Trigo                    | 3 360.08                                   | 638,41                                | 3 043 352   |
| Cebada                   | 3 382.74                                   | 642.72                                | 3 063 849   |

(a) Estiércol fresco

(b) Poder calorífico del BIOGAS: 4767 Kcal/m<sup>3</sup>, Fuente: OLADE

(\*) Animales - Estiércol/cabeza

Vegetales - Desecho/hectárea



CUADRO 2

**ESTIMADO DEL POTENCIAL NACIONAL DE BIOGAS EN LA ZONA RURAL DEL PERU**

| <b>MATERIA PRIMA</b>            | <b>POBLACION ó Ha. CULTIVADA.</b> | <b>DESECHO (a) TM / año</b> | <b>BIOGAS 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> / año</b> | <b>ENERGIA 10<sup>6</sup> Kcal / año</b> | <b>o/o</b> |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|--|------------|
| <b>ESTIERCOL DE ANIMALES</b>    | 62 653 950                        | 52 966 450                  | 3 848 877  | 18 299 884                               | 78         |
| Vacuno                          | 4 188 600                         | 25 131 600                  | 944 895  | 4 456 644                                | 19         |
| Equino                          | 1 326 550                         | 6 632 700                   | 380 053  | 1 811 716                                | 8          |
| Porcino                         | 2 141 900                         | 6 425 700                   | 334 136  | 1 592 778                                | 7          |
| Ovino                           | 15 294 200                        | 12 235 300                  | 1 859 720  | 8 865 285                                | 38         |
| Caprino                         | 2 021 400                         | 1 617 120                   | 245 802  | 1 171 739                                | 5          |
| Aves                            | 37 681 300                        | 924 030                     | 84 271   | 401 722                                  | 2          |
| <b>DESPERDICIOS DE CULTIVOS</b> | 815 125                           | 5 299 867                   | 1 006 974  | 4 800 256                                | 21         |
| Maíz                            | 385 445                           | 3 850 000                   | 731 500  | 3 487 070                                | 15         |
| Arroz                           | 133 165                           | 450 000                     | 85 500   | 407 578                                  | 2          |
| Trigo                           | 133 925                           | 449 988                     | 85 497   | 407 567                                  | 2          |
| Cebada                          | 162 590                           | 549 879                     | 104 477  | 498 041                                  | 2          |
| <b>EXCRETA HUMANA</b>           | 5 479 000                         | 1 369 920                   | 57 262   | 272 967                                  | 1          |
| <b>TOTAL NACIONAL</b>           | -----                             | 59 636 237                  | 4 913 113  | 23 373 107                               | 100        |

(a) fresco.

**CUADRO 3**

**ZONAS DE OPTIMO POTENCIAL DE BIOGAS POR CADA TIPO DE DESECHOS**

| <b>TIPO DESECHO</b>          | <b>ZONAS</b> | <b>POBLACION ó Ha. CULTIV.</b> | <b>DESECHOS TM.</b> | <b>BIOGAS 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> / año</b> | <b>ENERGIA 10<sup>6</sup> Kcal / año</b> | <b>o/o</b> |
|------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------|--|--|------------|
| Estiércol (a) de Vacunos     | NACIONAL     | 4 188 600                      | 25 131 600          | 934 895  | 4 456 644                                | 100        |
|                              | Cajamarca    | 500 000                        | 3 000 000           | 111 600  | 531 997                                  | 12         |
|                              | Puno         | 430 500                        | 2 583 000           | 96 087   | 438 949                                  | 10         |
| Estiercol (a) de Equinos     | NACIONAL     | 1 326 550                      | 6 632 750           | 380 053  | 1 811 716                                | 100        |
|                              | Ayacucho     | 193 000                        | 965 000             | 55 294   | 263 586                                  | 15         |
|                              | Apurímac     | 175 000                        | 875 000             | 50 137   | 239 005                                  | 13         |
| Estiércol (a) de Porcinos    | NACIONAL     | 2 141 900                      | 6 425 700           | 334 136  | 1 592 776                                | 100        |
|                              | Lima         | 325 000                        | 975 000             | 50 700   | 241 686                                  | 15         |
|                              | Cajamarca    | 195 100                        | 585 300             | 30 435   | 145 066                                  | 9          |
| Estiércol (a) de Ovinos      | NACIONAL     | 15 294 200                     | 12 235 360          | 1 859 720  | 8 865 285                                | 100        |
|                              | Puno         | 4 970 000                      | 3 976 000           | 604 443  | 2 881 380                                | 32.5       |
|                              | Junín        | 1 756 500                      | 1 405 200           | 213 590  | 1 018 135                                | 11.5       |
| Estiércol (a) de Caprinos    | NACIONAL     | 2 021 400                      | 1 617 120           | 245 802  | 1 171 739                                | 100        |
|                              | Piura        | 438 000                        | 350 400             | 53 260   | 253 834                                  | 22         |
|                              | Ayacucho     | 291 000                        | 232 800             | 35 385   | 168 630                                  | 14         |
| Estiércol (a) Aves de Corral | NACIONAL     | 37 681 300                     | 942 030             | 84 271   | 401 722                                  | 100        |
|                              | Lima         | 19 725 000                     | 493 120             | 44 972   | 214 384                                  | 52         |
|                              | Ica          | 2 675 800                      | 66 890              | 6 100  | 29 080                                   | 7          |
| Desechos de Maíz             | NACIONAL     | 385 445                        | 3 850 000           | 731 500  | 3 487 060                                | 100        |
|                              | Cajamarca    | 61 300                         | 612 264             | 116 330  | 554 547                                  | 16         |
|                              | Ancash       | 39 001                         | 389 532             | 74 011   | 352 810                                  | 10         |
| Desechos de Arroz            | NACIONAL     | 133 165                        | 450 000             | 85 500   | 407 578                                  | 100        |
|                              | Lambayeque   | 32 255                         | 119 126             | 22 634   | 107 895                                  | 26.5       |
|                              | La Libertad  | 22 570                         | 79 264              | 15 060   | 71 791                                   | 18         |
| Desechos de Trigo            | NACIONAL     | 133 925                        | 449 988             | 85 497   | 407 567                                  | 100        |
|                              | Ancash       | 31 665                         | 106 394             | 20 214   | 96 364                                   | 24         |
|                              | La Libertad  | 24 905                         | 83 650              | 15 893   | 75 764                                   | 19         |
| Desechos de Cebada           | NACIONAL     | 162 590                        | 549 879             | 104 477  | 498 041                                  | 100        |
|                              | Ancash       | 28 115                         | 95 084              | 18 065   | 86 120                                   | 17         |
|                              | Junín        | 20 700                         | 69 800              | 13 262   | 63 219                                   | 13         |

(a) Fresco

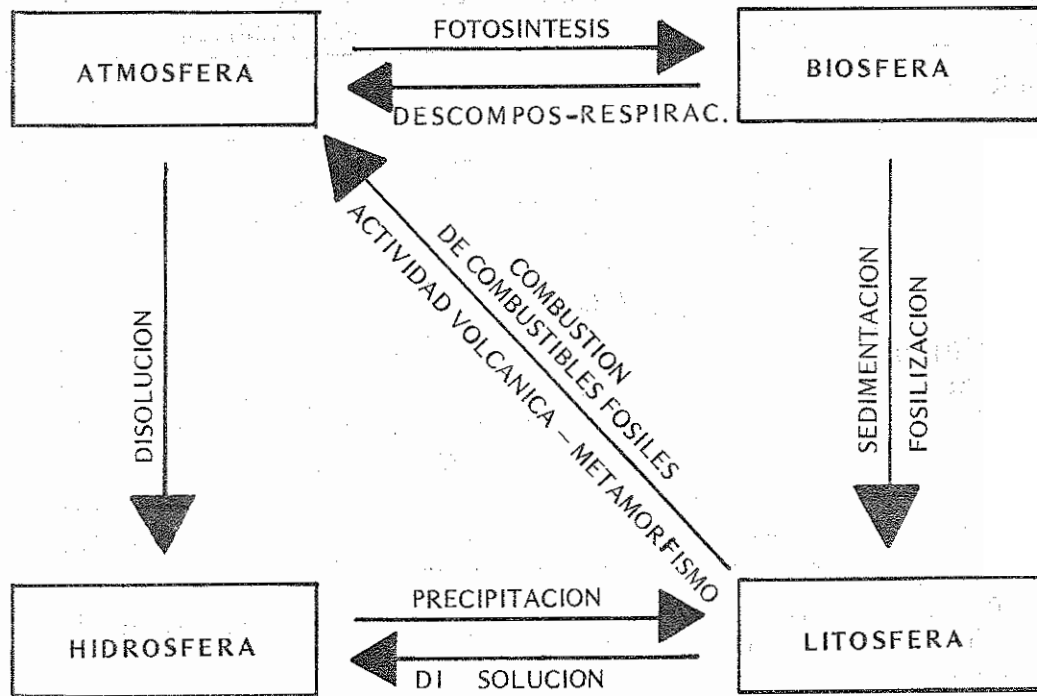
CUADRO No. 4

CONSUMO ENERGETICO DOMESTICO EN 1976 (10<sup>12</sup> kcal)

| TIPO DE ENERGIA                | COCINA URBANO | COCINA RURAL | LUZ   | OTRAS APLICACIONES | TOTAL  | o/o   |
|--------------------------------|---------------|--------------|-------|--------------------|--------|-------|
| ELECTRICIDAD                   | 0.167         | —            | 1.027 | 0.430              | 1.625  | 3.2   |
| KEROSENE                       | 3.919         | 1.506        | 1.338 | —                  | 6.764  | 13.5  |
| PROPANO                        | 0.129         | —            | —     | —                  | 1.290  | 2.6   |
| LEÑA                           | —             | 34.656       | —     | —                  | 34.656 | 69.0  |
| ESTIERCOL Y OTROS COMBUSTIBLES | —             | 5.977        | —     | —                  | 5.977  | 11.9  |
| TOTALES                        | 5.345         | 42.065       | 2.366 | 0.430              | 50.191 | 100.0 |
| o/o                            | 10.6          | 83.8         | 4.7   | 0.8                | 100.0  |       |

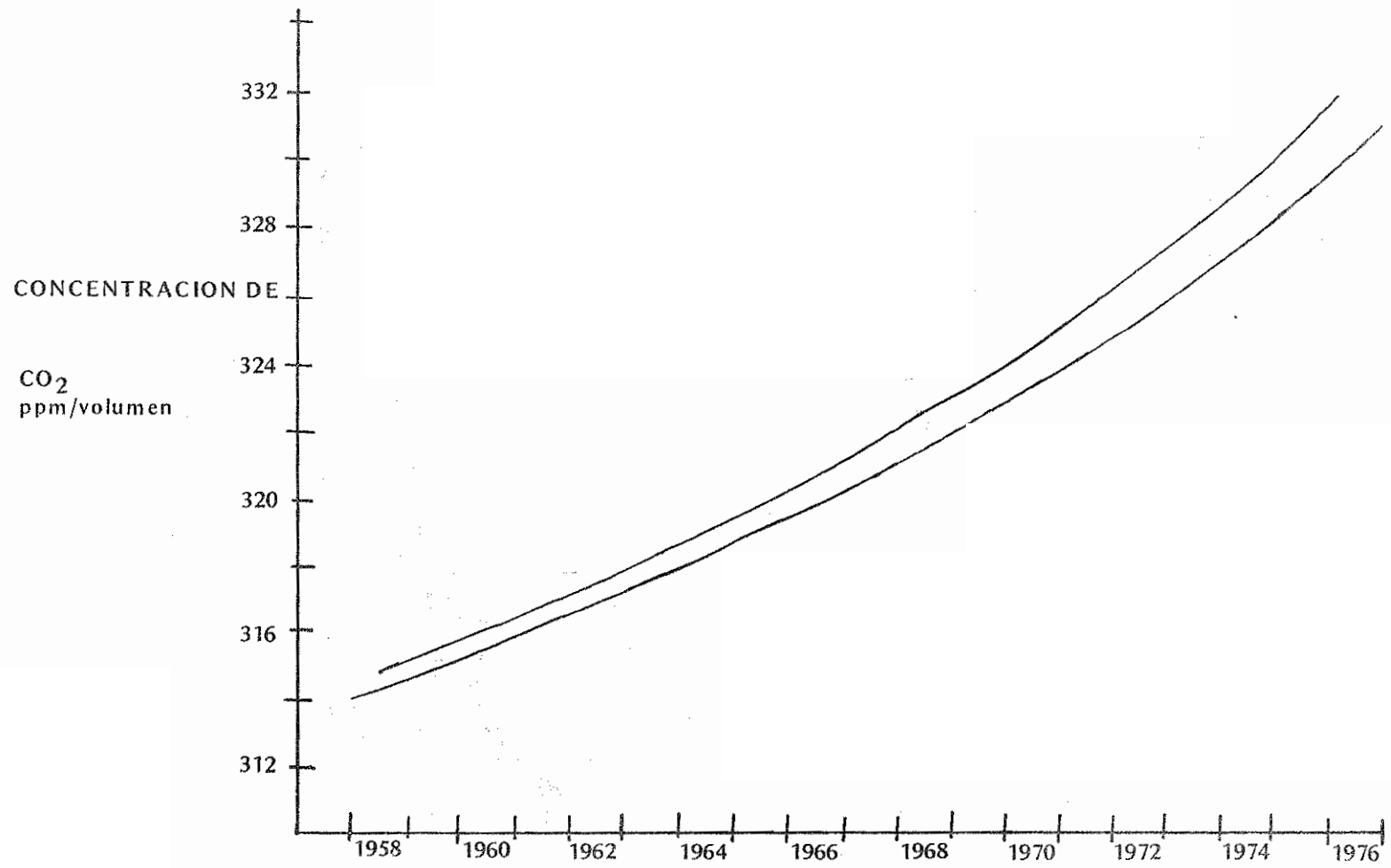
FUENTE: Robert Ellgas; Michael Lesser (META SYTEMS INC. CAMBRIGDE, MASSACHUTTECS, USA)  
"Tradicional energy and rural development issnes and recommendations for Perú" 29 september,  
1979.

## MOVIMIENTO DEL CARBONO EN LA TIERRA



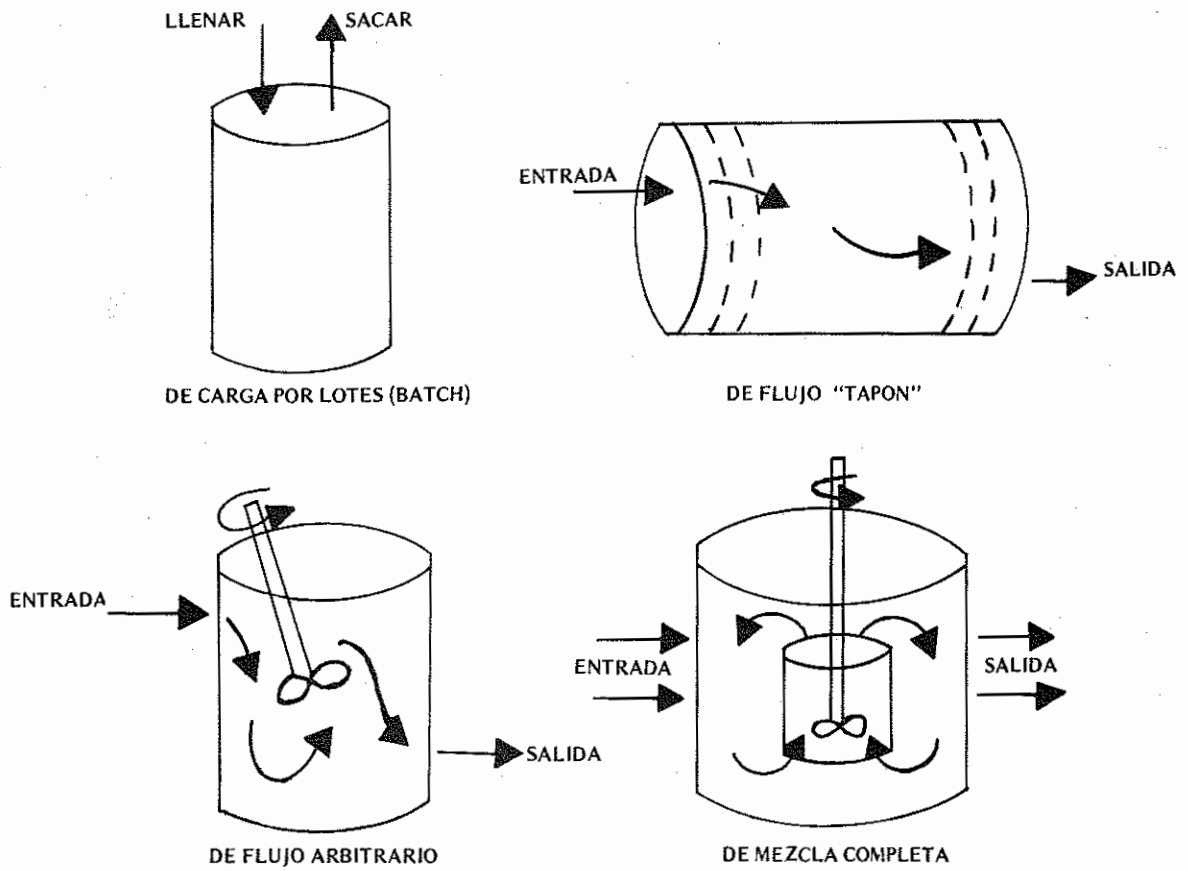


### CONCENTRACION DE BIOXIDO DE CARBONO (CO2) EN LA ATMOSFERA



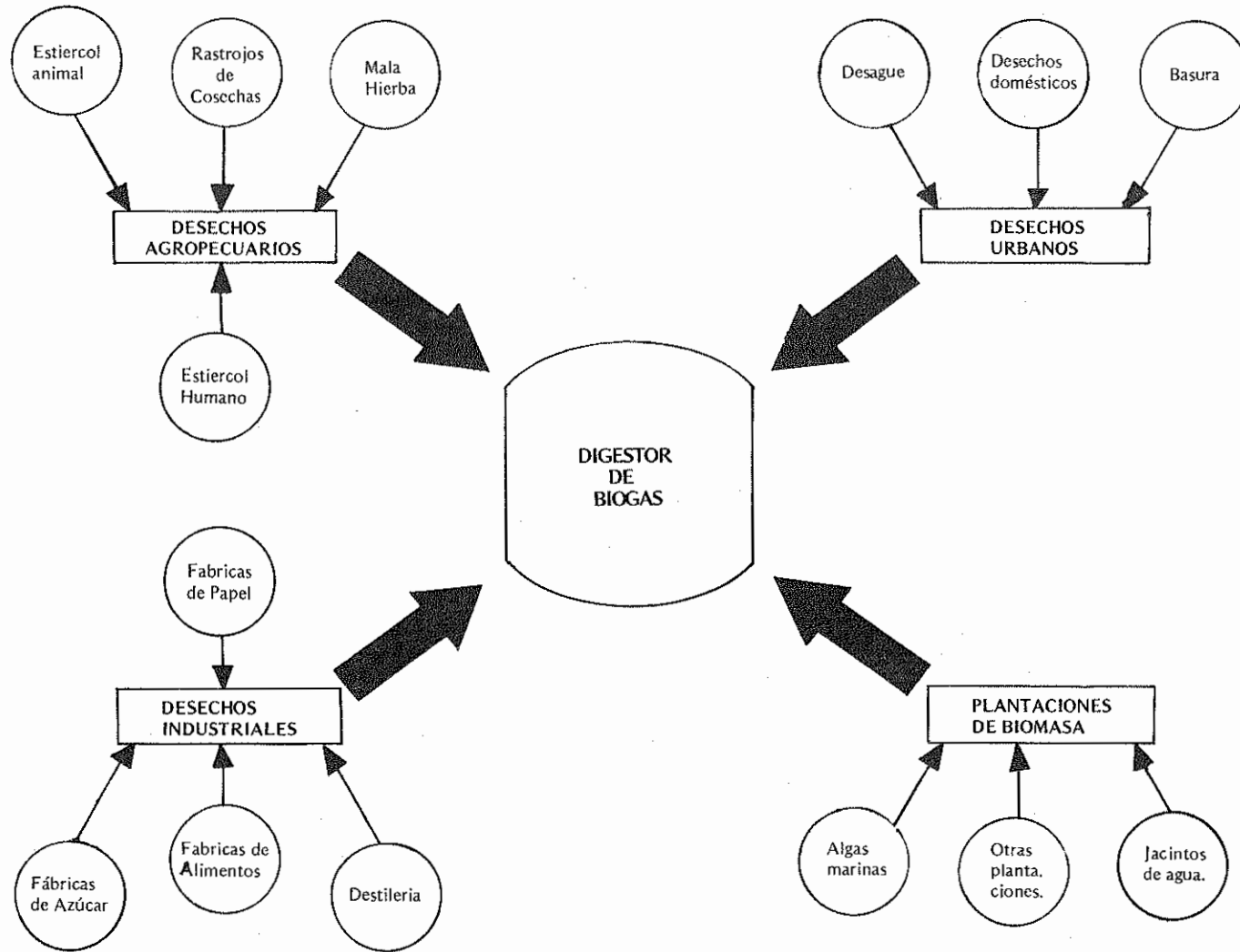
\* Datos tomados por el observatorio MAUNA LOA en HAWAII y el POLO SUR

DIGESTORES CLASIFICADOS SEGUN CARACTERISTICAS DE FLUJO HIDRAULICO

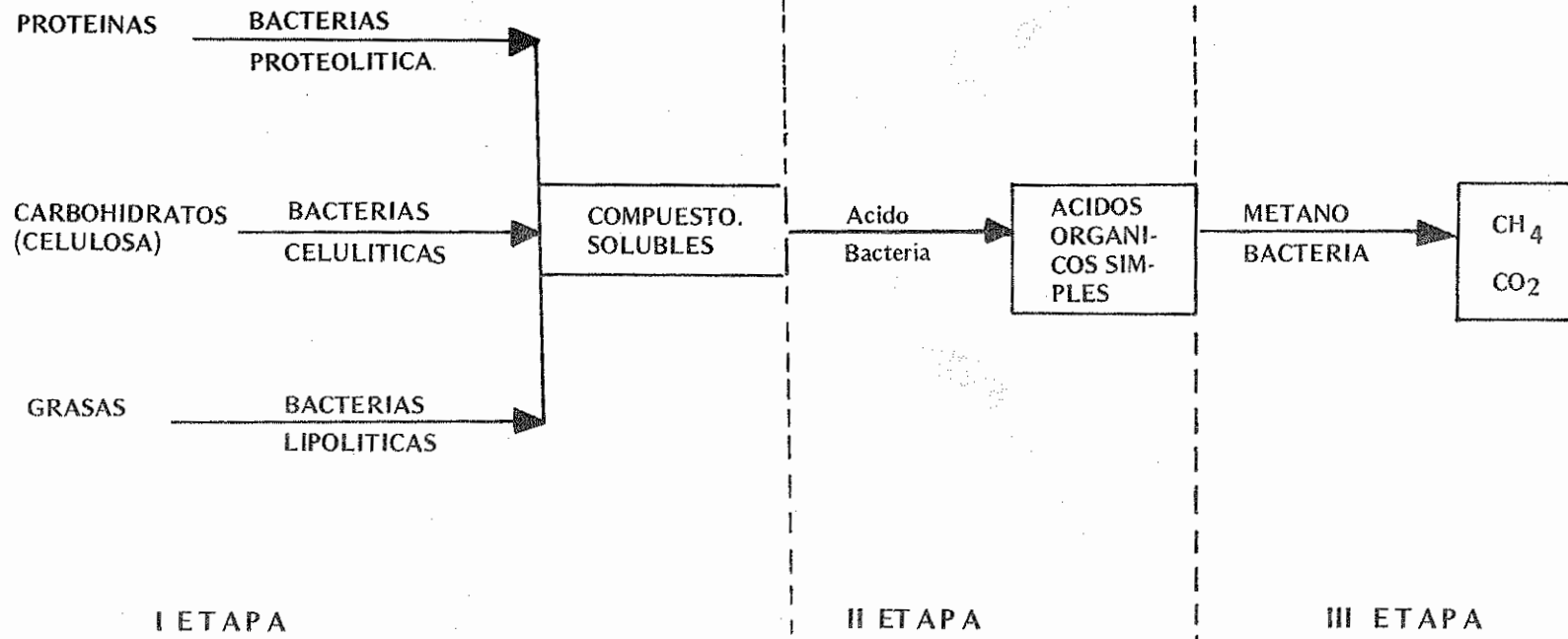


Fuente: Anaerobic digester feasibility study, Ecotope Group

MATERIAL ORGANICO PARA LA DIGESTION



## ETAPAS DE LA DIGESTION ANAEROBICA





## BIOQUIMICA DE LA FERMENTACION ANAEROBICA

### ETAPA I: SOLUBILIZACION

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| MATERIA CRUDA +<br>POLIMEROS COMPLE-<br>JOS CARBOHIDRATOS<br>PROTEINAS, GRASAS | MICROORGANISMOS "S" →<br>BACTERIAS ENZIMATICAS<br>(FACULTATIVAS) | COMPUESTOS SOLUBLES +<br>MONOMEROS DE:<br>AZUCARES<br>AMINOACIDOS<br>GLICERIDOS Y LIPIDOS | MICROORGANISMOS "S"<br>Y OTROS<br>PRODUCTOS INTER<br>MEDIOS |
|--|--|---|---|

### ETAPA II: FORMACION DE ACIDO

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| COMPUESTOS SOLUBLES +<br>MONOMEROS DE: AZU<br>CARES, AMINOACIDOS<br>GLICERIDOS Y LIPIDOS | MICROORGANISMOS "A" →<br>BACTERIAS FORMADORAS<br>DE ACIDO (Facultativas) | ACIDOS ORGANICOS<br>AC. ACETICO,<br>AC. PROPIONICO, AC.<br>LACTICO, OTROS AL-<br>COHOLES SINPLES<br>CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> | MICROORGANISMOS "A"<br>Y OTROS PRODUCTOS<br>INTERMEDIOS |
|--|--|---|---|

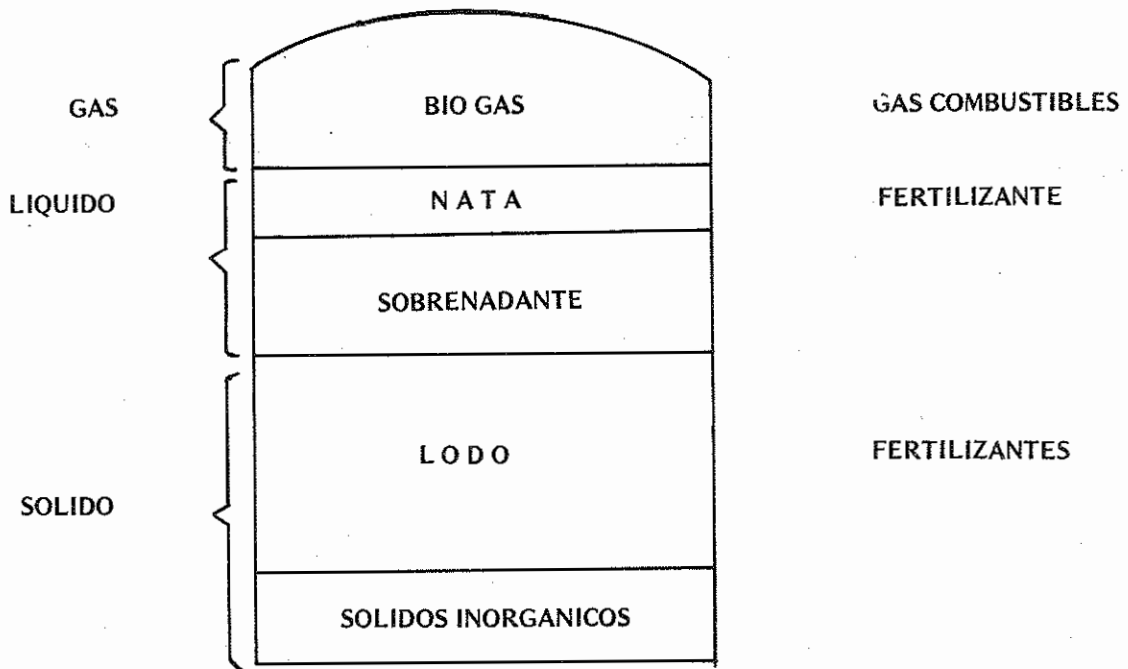
### ETAPA III: FORMACION DE METANO

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| ACIDOS ORGANICOS +<br>AC. ACETICO, AC. PRO-<br>PIONICO, AC. LACTICO<br>Y OTROS ALCOHOLES<br>SIMPLES CO, N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> | MICROORGANISMOS "M" →<br>BACTERIAS FORMADORAS<br>DE METANO<br>(ANAEROBIAS OBLIGADAS) | BIO - GAS +<br>METANO<br>DIOXIDO DE<br>CARBONO NITRO-<br>GENO, SULFURO DE<br>HIDROGENO | MICROORGANISMOS "M"<br>Y OTROS PRODUCTOS FINALES |
|---|--|--|--|

## RELACION CARBONO - NITROGENO DE ALGUNOS DESECHOS

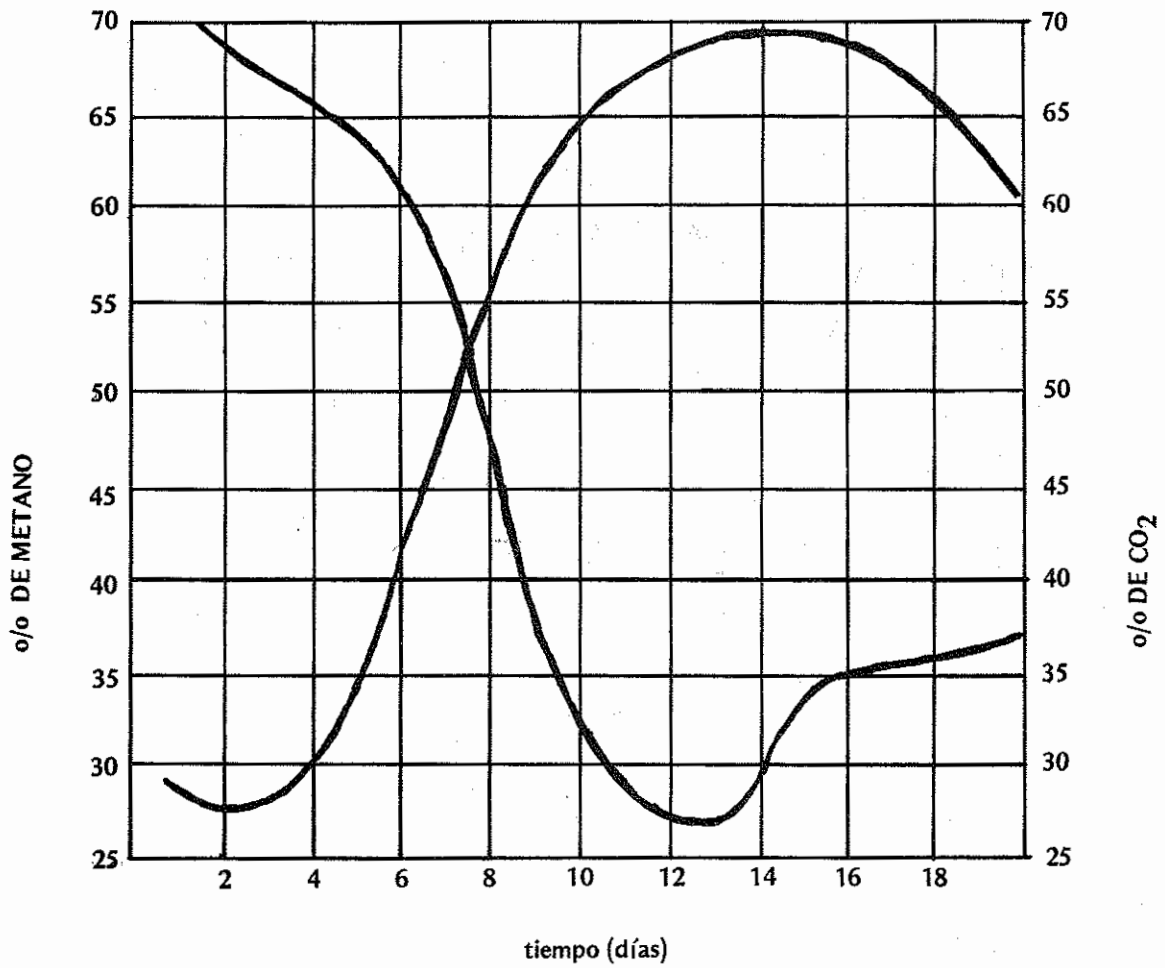
| MATERIA PRIMA             | C<br>o/o Peso Seco | N<br>o/oPeso Seco | Proporcion<br>C/N |
|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| <b>DESECHOS AGRICOLAS</b> |                    |                   |                   |
| PAJA DE TRIGO             | 46                 | 0.53              | 87                |
| PAJA DE ARROZ             | 42                 | 0.63              | 67                |
| TALLOS DE MAIZ            | 40                 | 0.75              | 53                |
| HOJARASCA                 | 41                 | 1.00              | 41                |
| TALLOS DE SOYA            | 41                 | 1.30              | 32                |
| MALAS HIERBAS             | 14                 | 0.54              | 27                |
| TALLOS Y HOJAS DE MANI    | 11                 | 0.59              | 19                |
| HENO DE ALFALFA           | —                  | 2.80              | 17                |
| <b>ESTIERCOL FRESCO</b>   |                    |                   |                   |
| OVINO                     | 16.0               | 0.55              | 29                |
| BOVINO                    | 7.3                | 0.29              | 25                |
| EQUINO                    | 10.0               | 0.42              | 24                |
| PORCINO                   | 7.8                | 0.65              | 13                |
| AVES (Pollos)             | —                  | 6.3               | 15                |
| HUMANO                    | 2.5                | 0.85              | 2.9               |

**ESTRATIFICACION DE PRODUCTOS EN UN DIGESTOR ANAEROBICO**



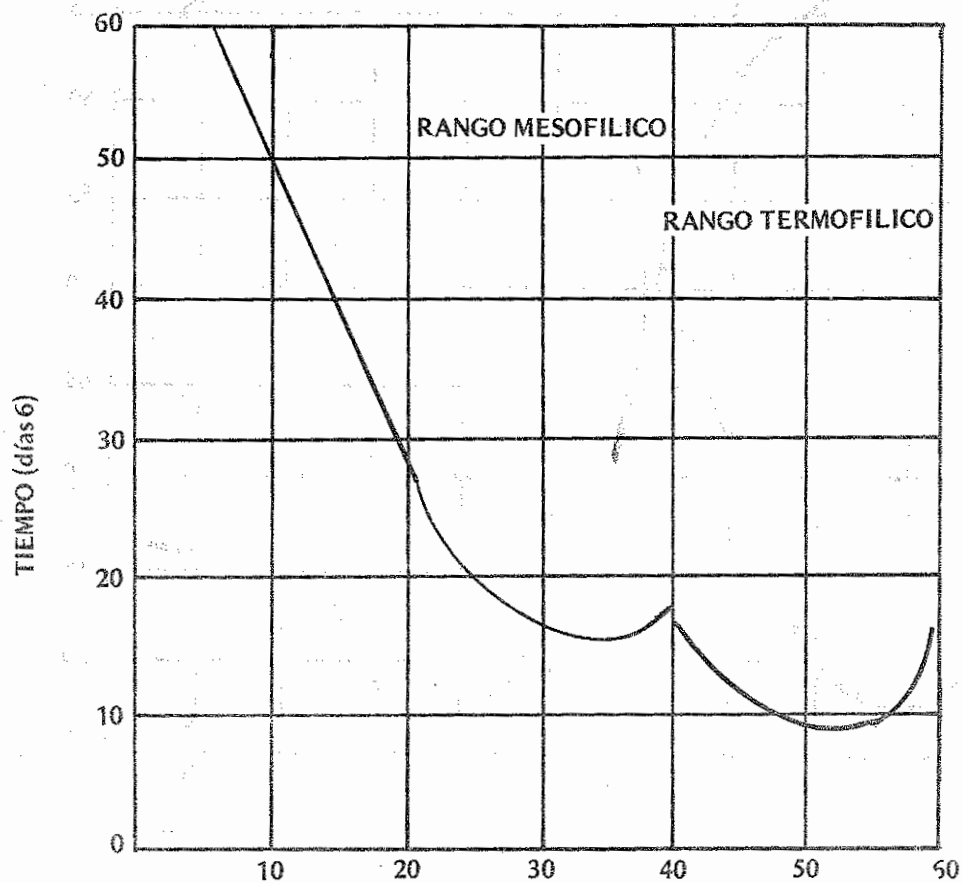
FUENTE: NAI Newsletter No. 3 (1973)

### COMPOSICION DE BIOGAS (a condiciones mesofílicas)



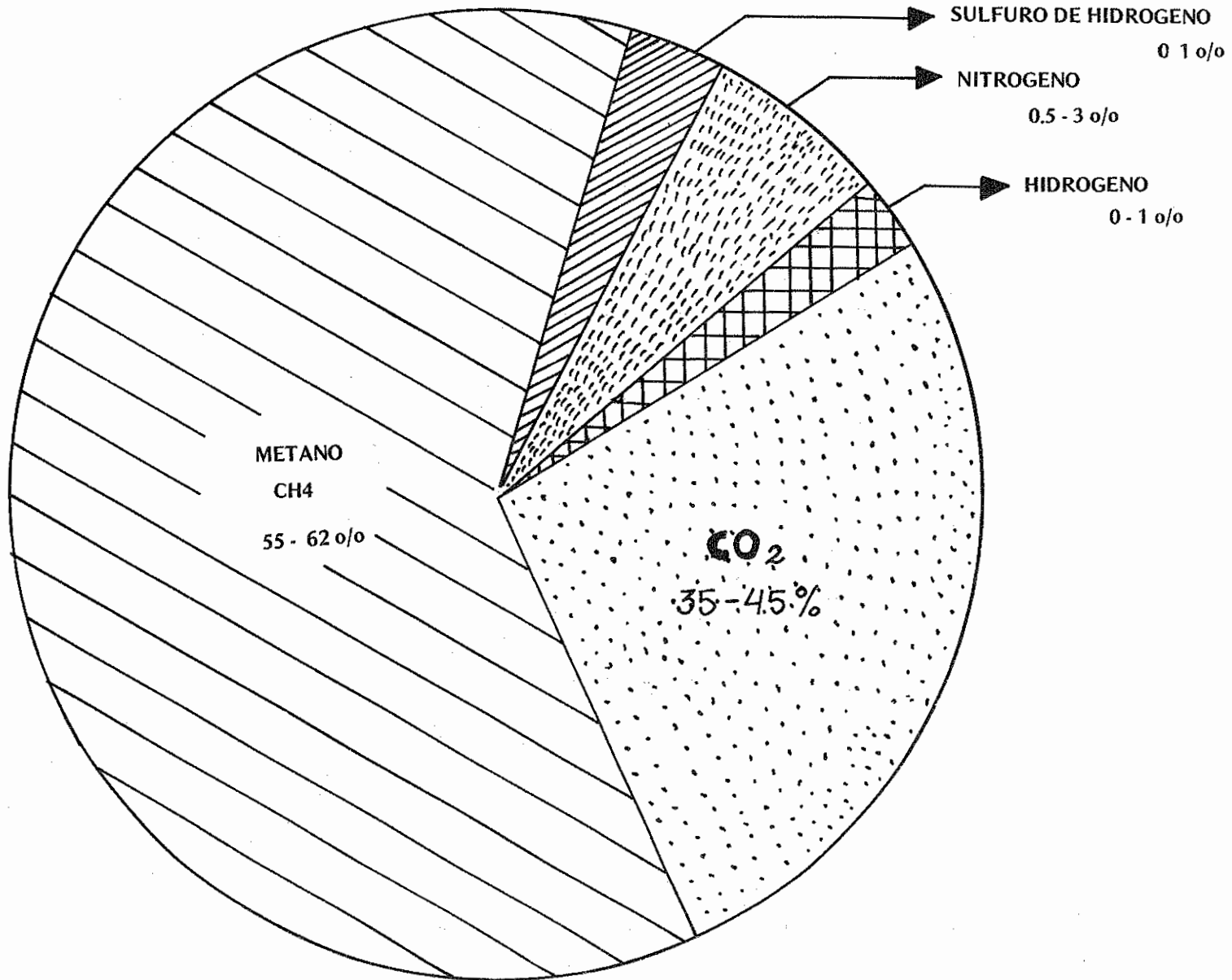
FUENTE: IIE (México 1978)

TIEMPO DE RETENCION  
VS.  
TEMPERATURA DE DIGESTION



FUENTE: NAI Newsletter No. 3 (1973)



**COMPOSICION DEL BIOGAS**

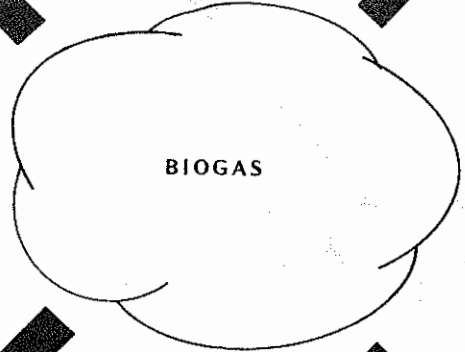
# CARACTERISTICAS ENERGETICAS DEL BIOGAS

ELEMENTO COMBUSTIBLE:



PODER CALORIFICO

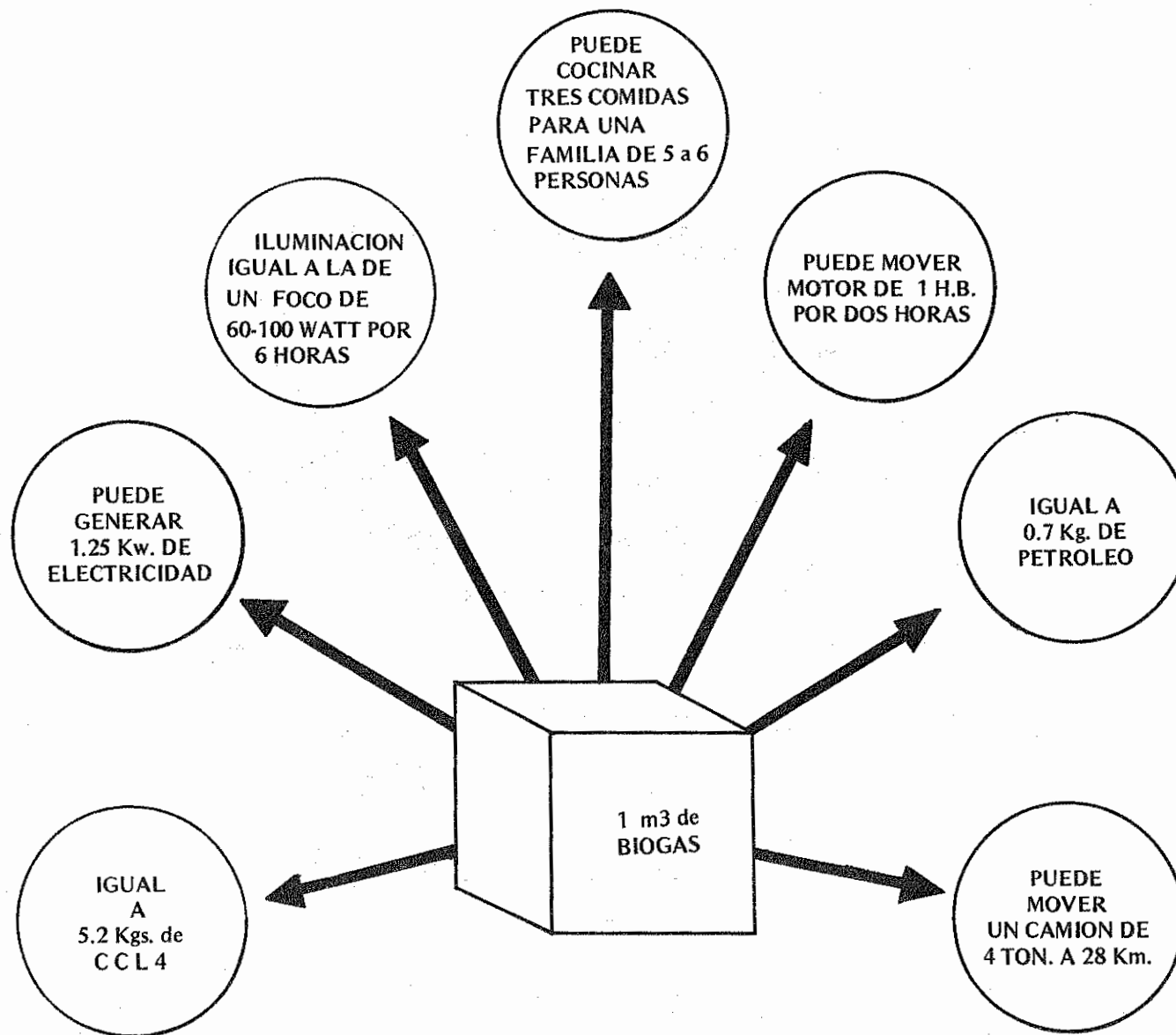
**4767**  
**Kcal/m<sup>3</sup>**



RELACION METANO AIRE:

ECUACION DE COMBUSTION

## EQUIVALENCIAS DEL BIOGAS



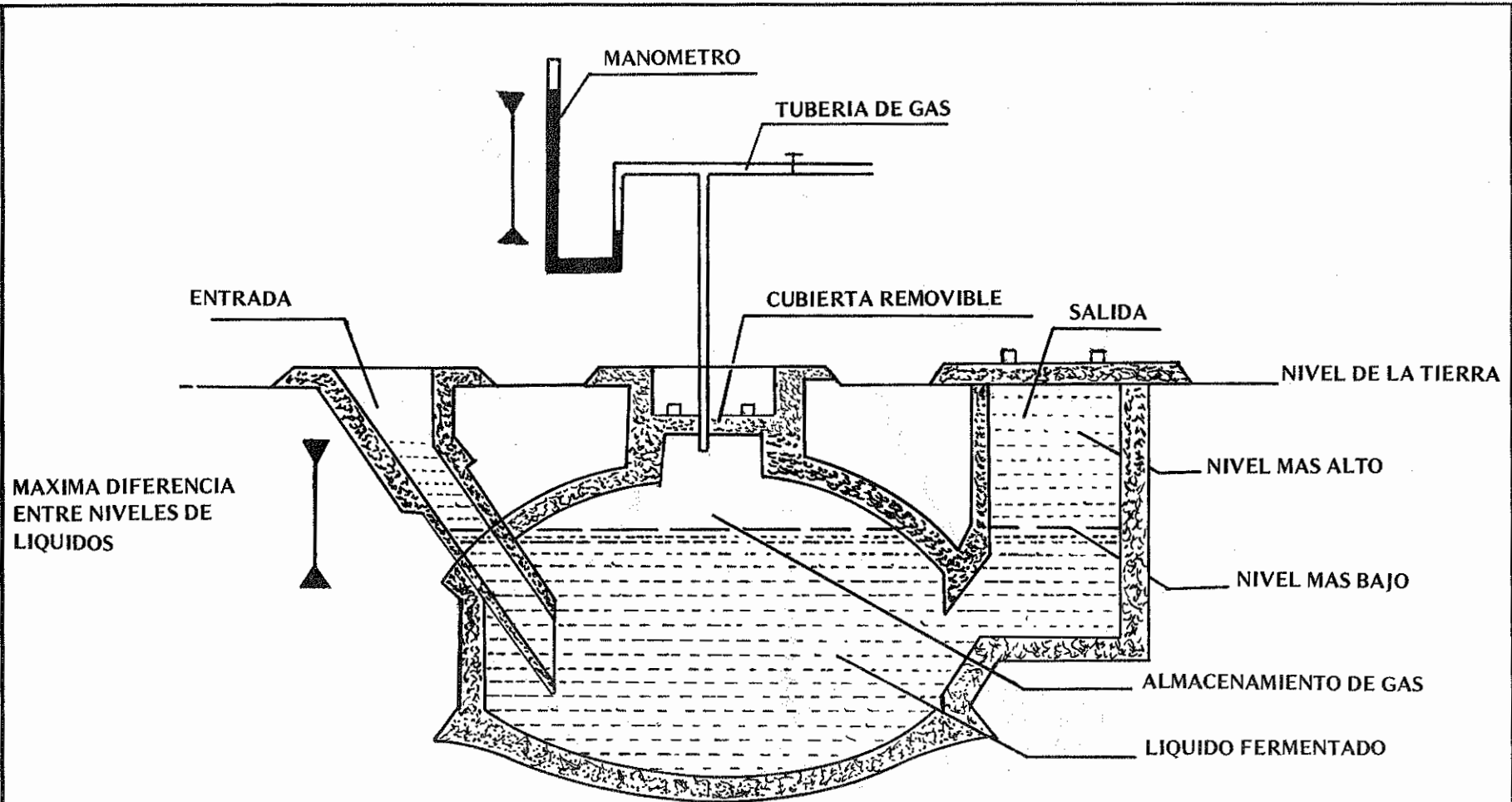
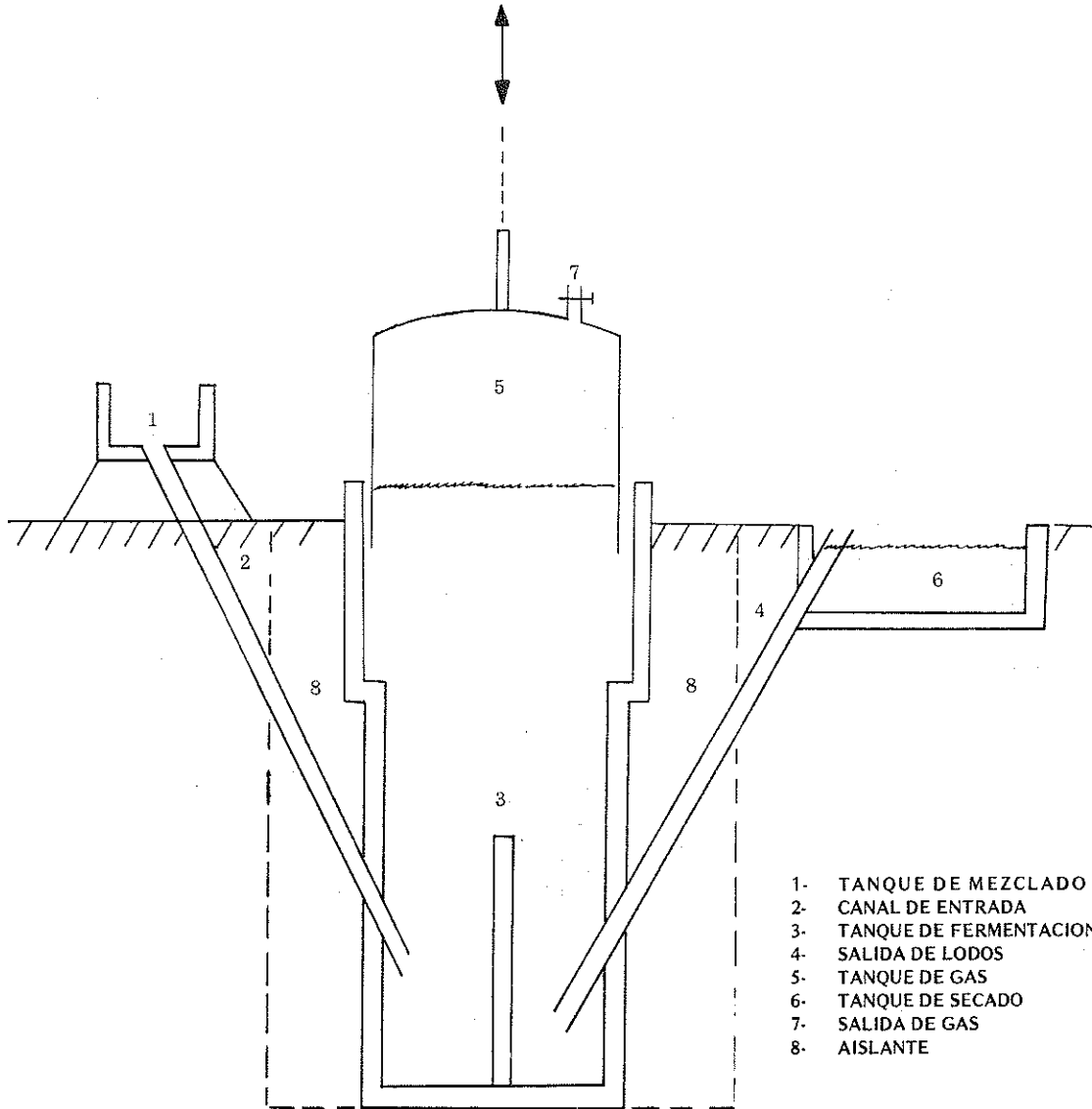


FIG. 210b

PLANTA DE BIOGAS FAMILIAR TIPO "CIRCULAR PEQUEÑO  
Y ACHATADO " USADO EN LA REPUBLICA POPULAR CHINA

PLANTA DE BIOGAS USADA EN INDIA



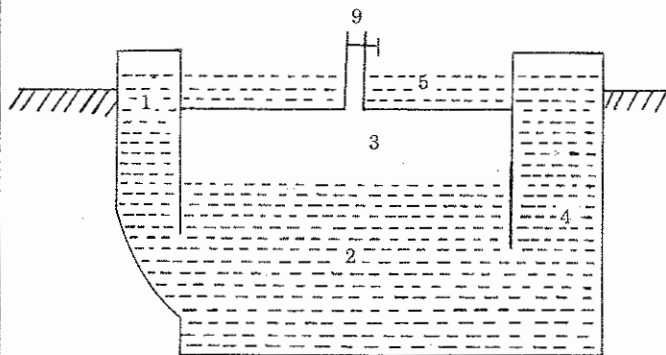
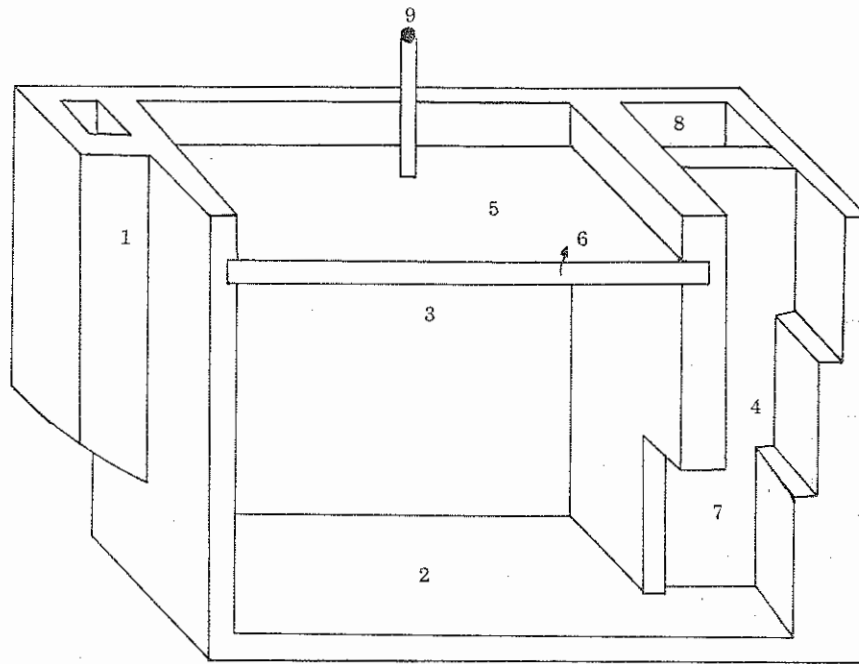
- 1- TANQUE DE MEZCLADO
- 2- CANAL DE ENTRADA
- 3- TANQUE DE FERMENTACION
- 4- SALIDA DE LODOS
- 5- TANQUE DE GAS
- 6- TANQUE DE SECADO
- 7- SALIDA DE GAS
- 8- AISLANTE



PRODUCCION DE ENERGIA A PARTIR DE BIOMASA

| TECNOLOGIA               | BIOMASA   | PRODUCCION                                   | ENERGIA Kcal/Kg. (a)  |
|--------------------------|---|--|-----------------------|
| COMBUSTION DIRECTA       | BASURA<br>BIOMASA FORESTAL<br>DESECHOS AGRICOLAS  | —<br>—<br>EVENTUALMENTE<br>ELECTRICIDAD      | 9.35<br>(CASO OPTIMO) |
| PIROLISIS Y GASIFICACION | BASURA<br>BIOMASA FORESTAL,<br>DESECHOS AGRICOLAS   | CARBON, GAS,<br>ACEITES COMBUSTIBLES<br>ETC. | 1,259                 |
| FERMENTACION ALCOHOLICA  | COSECHAS AZUCARERAS,<br>COSECHAS AMILACEAS  | $C_2H_5 OH$                                  | 1,477                 |
| FERMENTACION ANAEROBICA  | ESTIERCOL DE GANADO,<br>DESAGÜES MUNICIPALES<br>DESECHOS AGRICOLAS,<br>DESECHOS DE IND. DE ALIMENTACION | $CH_4$                                       | 784                   |

(a) DE BIOMASA SECA



- 1- ENTRADA
- 2- TANQUE DE FERMENTACION
- 3- GAS
- 4- SALIDA DE LODO
- 5- TANQUE DE PRESION DE AGUA
- 6- CUBIERTA
- 7- PUERTA DE TANQUE
- 8- TANQUE ADAP TADO
- 9- SALIDA DE GAS

PLANTA DE BIOGAS USADA EN LA R.P. CHINA  
10 m<sup>3</sup>

### ENERGIA DE BIOGAS A PARTIR DE DESECHOS ANIMALES DIVERSOS

| ANIMAL<br>(peso prom.)     | ESTIERCOL<br>(Kc/unidad x día) | RENDIMIENTO EN<br>BIOGAS<br>(m <sup>3</sup> /Kg de estiércol fresco) | BIOGAS<br>(m <sup>3</sup> /unidadx día) | EENERGIA *<br>(10 <sup>3</sup> Kcal/<br>unid.xdía) |
|----------------------------|--------------------------------|--|---|--|
| VACUNO<br>(300 Kg)         | 16.50                          | 0.037  | 0.610                                   | 2.90   |
| EQUINO<br>(200 Kg)         | 13.50                          | 0.057  | 0.780                                   | 3.70   |
| PORCINO<br>(100 Kg.)       | 8.20                           | 0.052  | 0.420                                   | 2.00   |
| OVINO<br>(50 Kg.)          | 2.20                           | 0.150  | 0.330                                   | 1.60   |
| CAPRINO<br>(50 Kg.)        | 2.20                           | 0.150  | 0.330                                   | 1.60   |
| AVES DE CORRAL<br>( 2 Kg.) | 0.06                           | 0.091  | 0.006                                   | 0.03   |
| HOMBRE<br>(30 Kg.)         | 0.60                           | 0.042  | 0.038                                   | 0.15   |

(\*) Poder calorífico del Biogás4767 (Kcal/m<sup>3</sup> (OLADE) a 20°C)

### ENERGIA DE BIOGAS A PARTIR DE DESECHOS AGRICOLAS DIVERSOS

| CULTIVO | DESECHOS<br>Kg/Ha x año (a) | BIOGAS (b)<br>m <sup>3</sup> /Ha x año | ENERGIA (c)<br>10 <sup>3</sup> Kcal/Ha x año |
|---------|-----------------------------|--|--|
| MAIZ    | 9.980                       | 1897                                   | 9047   |
| TRIGO   | 3.360                       | 638                                    | 3043   |
| CEBADA  | 3.382                       | 643                                    | 3063   |
| ARROZ   | 3.379                       | 642                                    | 3061   |

(a) UNA COSECHA ANUAL

(b) RENDIMIENTO PROMEDIO DE BIOGAS: 0190 m<sup>3</sup>/Kg DE DESECHOS AGRICOLAS  
(pajas, rastrojos, etc.)

(c) PODER CALORIFICO DEL BIOGAS: 4767 Kcal/m<sup>3</sup> BIOGAS, A 20°C.

**ESTIMADO DE POTENCIAL NACIONAL DE BIOGAS EN ZONAS RURALES**

(a)

| MATERIA ORGANICA            | POBLACION<br>(10 <sup>6</sup> unidades ó<br>Ha cultivadas) | DESECHOS<br>10 <sup>6</sup> TH/año (a) | BIOGAS<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año) | ENERGIA<br>10 <sup>12</sup> Kcal/año | o/o        |
|-----------------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------|
| ESTIERCOL DE VACUNOS        | 4.19   | 25.13                                  | 945   | 4.46                                 | 19         |
| ESTIERCOL DE EQUINOS        | 1.33   | 6.63                                   | 380   | 1.81                                 | 8          |
| ESTIERCOL DE PORCINOS       | 2.14   | 6.43                                   | 334   | 1.60                                 | 7          |
| ESTIERCOL DE OVINOS         | 15.30  | 12.23                                  | 1.860   | 8.86                                 | 38         |
| ESTIERCOL DE CAPRINOS       | 2.02   | 1.62                                   | 246   | 1.17                                 | 5          |
| ESTIERCOL DE AVES           | 37.70  | 0.92                                   | 84  | 0.40                                 | 2          |
| DESECHOS AGRICOLAS(b)       | 0.81   | 5.30                                   | 1.007   | 4.80                                 | 1          |
| EXCRETA HUMANA              | 5.48   | 1.37                                   | 57  | 0.27                                 | 20         |
| <b>TOTAL NACIONAL RURAL</b> |  | <b>59.63</b>                           | <b>4.913</b>                                    | <b>23.37</b>                         | <b>100</b> |

a) EN 1976

b) DE CULTIVOS DE MAIZ, TRIGO, CEBADA Y MAIZ

c) CONSIDERANDO UNA COSECHA POR AÑO

**ESTIMADO DE POTENCIAL NACIONAL DE BIOGAS EN 1976**

| MATERIA ORGANICA            | ENERGIA EN BIOGAS<br>(10 <sup>12</sup> Kcal/año) | EQUIVALENTE EN<br>KEROSENE<br>10 <sup>6</sup> lt (a) (b) | VALOR ECONOMICO<br>EN MILLONES<br>DE SOLES (c) | o/o        |
|-----------------------------|--|--|--|------------|
| ESTIERCOL DE VACUNO         | 4.46   | 526  | 4.974  | 19         |
| ESTIERCOL DE EQUINO         | 1.81   | 214  | 1.819  | 8          |
| ESTIERCOL DE PORCINO        | 1.60   | 188  | 1.599  | 7          |
| ESTIERCOL DE OVINOS         | 8.86   | 1.048  | 8.900  | 38         |
| ESTIERCOL DE CAPRINOS       | 1.17   | 138  | 1.176  | 5          |
| ESTIERCOL DE AVES           | 0.40   | 47   | 403  | 2          |
| DESECHOS AGRICOLAS          | 4.80   | 588  | 4.819  | 2          |
| EXCRETA HUMANA              | 0.27   | 32   | 274  | 1          |
| <b>TOTAL NACIONAL RURAL</b> | <b>23.37</b>                                     | <b>2.760</b>   | <b>23.464</b>                                  | <b>100</b> |

(a) PODER CALORIFICO DE KEROSENE: 8.476Kcal/lt.

(b) EQUIVALENTE EN KEROSENE ENERGIA EN BIOGAS (Kcal) x  $\frac{1}{8.467}$

(c) PRECIO DE UN LITRO DE KEROSENE: S/. 8.50 (en Lima)  $\frac{1}{8.467}$ (Kcal. lt.)

### VALOR ECONOMICO DEL BIOGAS PRODUCIDO POR ANIMALES

| ESTIERCOL<br>PRODUCIDO POR<br>UNIDAD<br>ANIMAL: | ENERGIA EN BIOGAS<br>10 <sup>3</sup> Kcal /unid. |       | EQUIVALENTE EN<br>KEROSENE<br>litros / unidad |      | VALOR ECONOMICO<br>SOLES /UNID.<br>(S/.8.50 /litro Keros). |       |
|---|--|-------|---|------|--|-------|
|   | DIA  | AÑO   | DIA   | AÑO  | DIA  | AÑO   |
| VACUNO  | 2.91   | 1.064 | 0.35  | 126  | 3  | 1.068 |
| EQUINO  | 3.74   | 1.366 | 0.45  | 161  | 4  | 1.371 |
| PORCINO   | 2.04   | 744   | 0.24  | 88   | 2  | 747   |
| OVINO   | 1.58   | 580   | 0.20  | 68.5 | 1.6  | 582   |
| CAPRINO   | 1.58   | 580   | 0.20  | 68.5 | 1.6  | 582   |
| AVES  | 0.03   | 11    | 0.01  | 1.3  | 0.1  | 11    |
| HOMBRE  | 0.15   | 57    | 0.02  | 6.8  | 0.2  | 57    |

### CONSUMO ENERGETICO DOMESTICO EN 1976 (EN 10<sup>12</sup> Kcal)

| TIPO DE ENERGIA   | COCINA<br>URBANO | COCINA<br>RURAL | LUZ   | OTRAS<br>APLICACIONES | TOTAL  | o/o  |
|-------------------|------------------|-----------------|-------|-----------------------|--------|------|
| ELECTRICIDAD      | 0.167            | ---             | 1.027 | 0.430                 | 1.625  | 3.2  |
| KEROSENE          | 3.919            | 1.506           | 1.338 | ---                   | 6.764  | 13.5 |
| PROPANO           | 0.129            | ---             | ---   | ---                   | 1.290  | 2.6  |
| LEÑA              | ---              | 34.656          | ---   | ---                   | 34.656 | 69   |
| ESTIERCOL Y OTROS | ---              | 5.977           | ---   | ---                   | 5.977  | 11.9 |
| TOTAL             | 5.354            | 42.063          | 2.366 | 0.430                 | 50.191 | 100  |
| o/o               | 10.6             | 83.8            | 4.7   | 0.8                   | 100    | *    |

FUENTE: MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO "BALANCE NACIONAL DE ENERGIA"  
Diciembre 1978.

(\*) EL POTENCIAL NACIONAL DE BIOGAS REPRESENTA EL 47 o/o DEL CONSUMO ENERGETICO DOMESTICO EN 1976.

### ESTIMADO DEL POTENCIAL DE BIOGAS EN PUNO

| TIPO DE DESECHO       | POBLACION O HA. CULTIVADA | DESECHOS TM/AÑO (a) | BIOGAS 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año | ENERGIA 10 <sup>6</sup> Kcal/año | o/o    |
|-----------------------|---------------------------|---------------------|--|----------------------------------|--------|
| Estiercol de Vacunos  | 425,000                   | 2'255.000           | 83.886                                     | 399.884                          | 11.0   |
| Estiercol de Equinos  | 79.800                    | 390.000             | 22.347                                     | 106.528                          | 3.0    |
| Estiercol de Porcinos | 104.200                   | 312,600             | 16.255                                     | 77.488                           | 2.0    |
| Estiercol de Ovinos   | 4'970.000                 | 3'976.000           | 604.352                                    | 2'880.945                        | 80.0   |
| Estiercol Caprinos    | 1,200                     | 960                 | 146  | 695                              | 0.01   |
| Estiercol de Aves     | 558.000                   | 13.960              | 1.273                                      | 6.069                            | 0.2    |
| Desechos de Maiz      | 2.900                     | 28.965              | 5.503                                      | 26.234                           | 0.7    |
| Desechos de Arroz     | 145                       | 490                 | 93   | 443                              | 0.01   |
| Desechos de Trigo     | 250                       | 840                 | 160  | 761                              | 0.02   |
| Desechos de Cebada    | 17.440                    | 58.982              | 11.206                                     | 53.421                           | 1.5    |
| Excreta Humana        | 590.013                   | 147.502             | 6.145                                      | 29.294                           | 0.8    |
| <b>TOTAL</b>          | ---                       | 7'185.300           | 751.366                                    | 3'581.762(b)                     | 100.00 |

(a) ESTADO FRESCO

(b) CORRESPONDE AL 15 % DEL POTENCIAL DE BIOGAS

### ESTIMADO DE POTENCIAL DE BIOGAS TOTAL EN CAJAMARCA

| TIPO DE DESECHO    | POBLACION O HA. CULTIVADA | DESECHOS T.M. (a) | BIOGAS 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año | ENERGIA 10 <sup>6</sup> Kcal /año | o/o |
|--------------------|---------------------------|-------------------|--|-----------------------------------|-----|
| Estiercol Vacunos  | 500,000                   | 3'000.000         | 111.600                                    | 531.997                           | 28  |
| Estiercol Equinos  | 114,600                   | 573.000           | 32.833                                     | 156.514                           | 8   |
| Estiercol Porcinos | 195.100                   | 585.300           | 30.435                                     | 145.086                           | 7.5 |
| Estiercol Caprinos | 501.600                   | 401.280           | 60.994                                     | 290.761                           | 15  |
| Estiercol Ovinos   | 112.100                   | 89.680            | 13.631                                     | 64.980                            | 3   |
| Estiercol Aves     | 1'365.000                 | 33.870            | 3.089                                      | 14.725                            | 0.7 |
| Desecho Maíz       | 61.300                    | 612.264           | 116.330                                    | 554.545                           | 20  |
| Desecho Arroz      | 11.700                    | 39.534            | 7.511                                      | 35.087                            | 2   |
| Desecho Trigo      | 17,425                    | 58.548            | 11.124                                     | 53.028                            | 3   |
| Desecho Cebada     | 12,900                    | 43.627            | 8.289                                      | 39.514                            | 2   |
| Excreta Humana     | 759,095                   | 189.770           | 7.932                                      | 37.813                            | 2   |
| <b>TOTAL</b>       | ---                       | ---               | 403.768                                    | 1'924.050                         | 100 |

(a) Estado Fresco

### ESTIMADO DEL POTENCIAL DE BIOGAS EN JUNIN

| TIPO DE DESECHO       | POBLACION O HA.<br>CULTIVADA | DESECHOS (a)<br>TM/AÑO | BIOGAS<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año | ENERGIA<br>10 <sup>6</sup> Kcal / Año | o/o           |
|-----------------------|------------------------------|------------------------|---|---------------------------------------|---------------|
| Estiercol de Vacunos  | 216.000                      | 1'296.000              | 48.212  | 230.000                               | 14            |
| Estiercol de Equinos  | 74.000                       | 370.000                | 21.200  | 101.600                               | 6             |
| Estiercol de Porcos   | 93.900                       | 281.700                | 14.650  | 70.000                                | 4             |
| Estiercol de Ovinos   | 1'756.000                    | 1'404.800              | 213.530                                       | 1'017.900                             | 62            |
| Estiercol de Caprinos | 20.000                       | 16.000                 | 2.430   | 11.600                                | 0.7           |
| Estiercol de Aves     | 1'051.000                    | 26.270                 | 2.400   | 11.420                                | 0.7           |
| Desecho de Maíz       | 14.450                       | 144.326                | 27.420  | 130.720                               | 8             |
| Desecho de Trigo      | 9.110                        | 30.609                 | 5.810   | 27.720                                | 2             |
| Desecho de Cebada     | 20.700                       | 60.800                 | 13.260  | 63.220                                | 4             |
| Desecho de Arroz      | 1.220                        | 4.122                  | 780   | 3.730                                 | 0.2           |
| Excreta Humana        | 101.963                      | 25.490                 | 1.065   | 5.080                                 | 0.3           |
| <b>TOTAL</b>          | ---                          | <b>3'670.000</b>       | <b>3 50.770</b>                               | <b>1'610.000(b)</b>                   | <b>100.00</b> |

(a) Estado Seco

(b) Corresponde al 7 o/o del potencial