

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**Evaluación del Recurso Biomásico en El Salvador para la  
Generación de Energía Eléctrica.**

PRESENTADO POR:

**PEDRO ÁLVARO GONZÁLEZ MERCADO  
MARVIN IVÁN HERNÁNDEZ VÁSQUEZ  
EFRAÍN BOANERGES MENJÍVAR ESTRADA**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2016

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR INTERINO :**

**LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN**

**SECRETARIA GENERAL :**

**DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**SECRETARIO :**

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DIRECTOR :**

**ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título :

**Evaluación del Recurso Biomásico en El Salvador para la  
Generación de Energía Eléctrica.**

Presentado por :

**PEDRO ÁLVARO GONZÁLEZ MERCADO**

**MARVIN IVÁN HERNÁNDEZ VÁSQUEZ**

**EFRAÍN BOANERGES MENJÍVAR ESTRADA**

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docente Asesor :

**ING. JOSÉ MIGUEL HERNÁNDEZ**

San Salvador, Octubre de 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**ING. JOSÉ MIGUEL HERNÁNDEZ**

## PREFACIO

Dentro de las definiciones que se pueden encontrar de lo que es biomasa, en el diccionario de la lengua española de la real academia se encuentran dos definiciones de las cuales la segunda es la que más se aplica a lo que en este documento se desea dar a conocer pues la definición que se encuentra allí dice la siguiente manera: “materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”.

A lo largo de la historia del ser humano se puede encontrar que la vida de este ha venido sufriendo transformaciones no solamente debido a los cambios de su entorno sino que además y primordialmente a sus necesidades, pues han sido estas las que han motivado a que éste en su afán de buscar mejorías encuentre los medios para poder solventarlas, las necesidades en muchas ocasiones han sido cubiertas completa o parcialmente y en otras no, pero pareciera que conforme el ser humano avanza en cubrir sus necesidades de la misma forma o quizás más apresuradamente surgen otras necesidades por cubrir.

La demanda energética durante los últimos 20 años ha crecido anualmente un promedio del 5%, lo que significa que cada año se necesita suplir de alguna forma ese 5% de aumento, la matriz energética de la República de El Salvador está definida de la siguiente forma el 40% proveniente de la quema de combustibles fósiles y el restante 60% proveniente de la generación hidroeléctrica como geotérmica entre otros, esto podría parecer normal a simple vista pero claramente no lo es, pues al entrar en análisis de la forma en la que se obtiene la materia básica para generar toda esta energía eléctrica se podrá observar algunos puntos que resultan importantes poder tomar en cuenta para poder buscar una solución a estos problemas.

En el caso de los recursos fósiles derivados del petróleo como es sabido de todos, este es un recurso limitado en referencia a muchos factores pero quizás el más importante y el que más puede afectar en la generación de energía eléctrica en base a sus derivados, es que éste se terminará en algún momento sin poder generar más, otro punto agregado es que debido a la quema de este tipo de combustible los

efectos climáticos negativos se han acelerado lo que afecta directamente la vida de todos los seres humanos por lo que se necesita buscar la forma de depender en menor cantidad de este tipo de elementos para la generación de energía eléctrica.

En el caso de las centrales hidroeléctricas las precipitaciones en los últimos años han disminuido lo que significa que el caudal de los ríos ha disminuido lo que representa que en muchas ocasiones se tiene que recurrir a otros métodos para poder suplir las necesidades energéticas.

Las centrales de generación geotérmica, aunque limpias, son el producto de cuantiosas inversiones y estudio, lo que lo hace poco rentable pues la mayoría de espacios no ofrecen las características necesarias para su implementación.

Es por esta razón que se ha tomado a bien el poder generar un estudio que da paso a otras formas de generar energía eléctrica de una manera un tanto más económica y accesible como lo es la generación por biomasa. Como ya se decía la biomasa es el producto del desecho de manera natural o provocada en el que se obtiene materia prima para su posterior conversión a energía.

En este estudio no solo se planteará las posibles fuentes de materia prima para esta nueva forma de generación, sino que también se determinara las cantidades que se pueden obtener, como los procesos necesarios para su obtención, determinando los volúmenes necesarios de materia para generar una cantidad en específico de energía, ya que de esta forma se podrá calcular en base a las cantidades como a su forma de obtención y en base a su poder energético, cual resulte ser más apropiado para un caso en especial.

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera muy especial nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro asesor Ing. José Miguel Hernández, quien con mucha voluntad paciencia y dedicación; nos brindó no solo sus conocimientos, sino también su valioso tiempo en las diferentes etapas de nuestra investigación.

Al señor Luis Gutiérrez, por habernos prestados muy amablemente sus instalaciones donde se desarrolló la fase experimental.

Al Ingeniero Carlos Platero y al Ingeniero Miguel Ángel Hernández de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por su colaboración en facilitarnos información y la logística de la investigación.

A nuestros docentes, en especial a los catedráticos de la escuela de ingeniería eléctrica por brindarnos los conocimientos académicos necesarios.

A Reina Isabel Vides, Salvador Posada, Juan Olano a cada uno, su labor es muy importante para el desarrollo de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

A la Universidad de El Salvador por habernos dado la formación profesional.

## DEDICATORIA

Le dedico mi triunfo a DIOS TODOPODEROSO por darme sabiduría, fortaleza, paz, pero sobre todo por estar siempre conmigo, siendo mi guía, por hacer durante todo este proyecto el apoyo desmedido, y por dejarme ser parte de su promesa.

“Bienaventurado el que haya sabiduría, el que adquiere inteligencia, porque ella es de más provecho que la plata y rinde más ganancias que el oro. Es más valiosa que las piedras preciosas: ¡ni lo más deseable se le puede comparar! Con la mano derecha ofrece larga vida; con la izquierda, honor y riquezas. Sus caminos son placenteros y en sus senderos hay paz. Ella es árbol de vida para quienes la abrazan; y Bienaventurados son los que la retienen”.

Proverbios 3:13-18

Dedico este triunfo a mis padres, a mi familia, a las personas e instituciones que han proporcionado información para la realización de este trabajo de graduación.

PEDRO ÁLVARO GONZÁLEZ MERCADO



## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por darme sabiduría, bendecirme y guiarme para lograr mis metas.

A mis padres: Carlos Hernández y Ana Guadalupe de Hernández porque siempre me han brindado su apoyo incondicional con el que he logrado mi formación académica, ética y moral.

A mi esposa Karina de Hernández por el apoyo incondicional que me ha brindado para la culminación de mis estudios.

A mis Maestros por contribuir en mi formación académica.

MARVIN IVÁN HERNÁNDEZ VÁSQUEZ

## **DEDICATORIA.**

Dedico este logro, esta meta cumplido a Nuestro Eterno Dios que ha sido mi guía pese a todos los desaciertos y a las faltas cometidas.

También lo dedico a mi familia que con mucha paciencia y amor han sabidos llevar este proceso junto conmigo, me disculpo así mismo por todo el tiempo que no les dedique, el tiempo que utilice para poder alcanzar esta meta que se ha sido un esfuerzo de todos y que es por esto que se los dedico a cada uno por nombre.

EFRAÍN BOANERGES MENJÍVAR ESTRADA

# ÍNDICE.

CONTENIDO.	Página.
PREFACIO.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
DEDICATORIA PEDRO ÁLVARO GONZALEZ MERCADO.....	viii
DEDICATORIA MARVIN IVÁN HERNÁNDEZ VASQUEZ.....	ix
DEDICATORIA EFRAIN BOANERGES MENJIVAR ESTRADA.....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE CUADROS.....	xviii
INDICE DE FIGURAS.....	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	xxviii
OBJETIVOS.....	xxix
GENERAL.....	xxix
ESPECIFICO.....	xxix
1. BIOMASA.....	1
2. LA FORMACIÓN DE LA BIOMASA.....	2
3. LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGIA.....	2
4. BIOMASA COMO ENERGÍA ALTERNATIVA.....	3
5. TIPOS DE BIOMASA.....	5
5.1 BIOMASA NATURAL.....	5
5.2 BIOMASA RESIDUAL.....	6
5.2.1. BIOMASA RESIDUAL SECA.....	6
5.2.2. BIOMASA RESIDUAL HÚMEDA.....	6
5.3. BIOMASA PRODUCIDA.....	7

6. BENEFICIOS DE LA BIOMASA.....	8
7. IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL DE BIOMASA.....	8
8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE BIOMASA.....	9
8.1. VENTAJAS.....	9
8.2. DESVENTAJAS.....	10
9. EL EFECTO INVERNADERO.....	11
10. PARÁMETROS Y UNIDADES.....	12
11. EL DESARROLLO DE LA BIOMASA EN EL SALVADOR.....	15
12. GENERACION ELECTRICA DE EL SALVADOR.....	20
13. BIOGÁS A PARTIR DE LOS RELLENOS SANITARIOS.....	25
14. EXPANSION DE GENERACION ELECTRICA POR BIOMASA EN EL SALVADOR.....	26
15. CULTIVOS ENERGETICOS.....	27
15.1. PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	27
15.2. PASTO ELEFANTE.....	28
15.3. PASTO MOMBAZA.....	29
15.4. PASTO MARANDÚ.....	31
15.5. PASTO JARAGUA.....	33
16. PROPUESTA DE UTILIZACION DE PASTOS PARA GENERACION ELECTRICA.....	34
17. FERTILIZANTE 20-20-0.....	36
18. BAMBU.....	37
19. PRODUCCION A PARTIR DE PULPA Y CASCARILLA DE CAFÉ EN EL SALVADOR.....	38
19.1 PRODUCCIÓN DE PELLETS A PARTIR DE PULPA Y CASCARILLA DE CAFÉ.....	38
20. CULTIVO DE MAIZ .....	40
21. GENERALIDADES DEL COCO.....	41
21.1 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	41
21.2 REQUERIMIENTOS DE SUELO Y CLIMA.....	43

21.3 USOS DEL COCOTERO.....	45
21.4. TIPOS DE COCOTEROS.....	46
22. CARACTERÍSTICAS DE LOS COCOS.....	48
23. ÁREA CULTIVADA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	50
24. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DEL COCO.....	52
25. LOS DESECHOS DE PODA DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGÍA.....	53
26. SECTOR DOMÉSTICO.....	55
27. SECTOR COMERCIAL.....	56
28. VALOR CALORÍFICO DE LA LEÑA.....	57
29. BASURA ORGÁNICA RECOLECTADA DE LO PARQUES NACIONALES Y COLONIAS.....	59
30. METANO.....	59
31. BIOGÁS.....	61
32. PROCESO DE COMBUSTIÓN.....	62
33. DESPRENDIMIENTO DE ENERGÍA.....	62
34. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS.....	63
35. TIEMPO DE GENERACIÓN.....	63
36. BENEFICIOS.....	63
37. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS.....	65
37.1 BAÑOS PÚBLICOS.....	65
37.2 BAÑOS PORTÁTILES.....	65
37.3 BAÑOS COMUNITARIOS.....	66
38. CLASES DE CAPACIDAD DE USO.....	66
39. DIVISIONES O GRUPOS DE CAPACIDAD.....	68
40. SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO.....	69
41. PRODUCCION DE PASTO ELEFANTE.....	70
41.1 MÉTODOS DE SIEMBRA.....	71

41.2 PRINCIPALES DEFICIENCIAS.....	72
41.3 MATERIA SECA Y MATERIA VERDE RENDIMIENTOS.....	72
41.3.1. MATERIA VERDE.....	72
41.3.2. Materia seca (MS).....	74
42. PRODUCCION DE BAMBÚ.....	75
42.1. REPRODUCCIÓN VEGETATIVA O ASEXUAL.....	77
42.2. REPRODUCCIÓN POR CORTES.....	77
42.2.1. REPRODUCCIÓN POR CORTES DEL RIZOMA:.....	78
42.2.2. PROPAGACIÓN POR SECCIÓN DE TALLOS.....	78
42.2.3. SIEMBRA DEL TALLO.....	79
42.2.4. MÉTODO DE CHUSQUINES.....	79
42.3. FACTORES AMBIENTALES.....	80
42.3.1. LLUVIAS Y HUMEDAD RELATIVA.....	80
42.3.2. TEMPERATURA.....	80
42.4. SUELO Y PENDIENTES.....	81
42.5. PREPARACIÓN DEL SITIO DE PLANTACIÓN.....	81
42.6. CORTE DEL BAMBÚ.....	81
42.6.1. CICLO DE CORTE.....	82
42.6.2. INTENSIDAD DE CORTE.....	83
43. DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA DE COCO.....	83
43.1. CUANTIFICACIÓN DE LA OFERTA.....	83
43.1.1. A NIVEL NACIONAL.....	83
43.1.2. A NIVEL DE USULUTÁN.....	84
43.1.3 A NIVEL DE LA ISLA EL ESPÍRITU SANTO.....	84
44. MECANISMOS DE COMERCIALIZACIÓN.....	85
44.1. CANALES DE DISTRIBUCIÓN.....	85

44.2. MANEJO POS COSECHA.....	85
45. RENDIMIENTO ANUAL DE LAS ESPECIES DE COCOTERO.....	86
46. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE LEÑA EN EL SALVADOR.....	89
46.1. COBERTURA ARBÓREA A NIVEL NACIONAL.....	89
46.2. CONSUMO DE LA LEÑA EN EL SALVADOR.....	93
46.3. SITUACIÓN PARTICULAR DE LA LEÑA EN EL SALVADOR.....	93
46.4. DEMANDA DE LEÑA EN EL SALVADOR.....	94
46.5. POR QUÉ EL CONSUMO DE LA LEÑA.....	96
46.6. DESVENTAJAS DEL USO DE LEÑA COMO ENERGÉTICO.....	97
46.7. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE LA LEÑA.....	97
46.8. CUANTIZACIÓN DE LA LEÑA.....	98
46.9. PRECIOS DE LA LEÑA.....	100
47. DETALLES DEL BIODIGESTOR.....	100
47.1. PARTES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ANAERÓBICA.....	101
47.1.1. TANQUE DE MEZCLA.....	101
47.1.2. BIODIGESTOR, REACTOR O FERMENTADOR.....	102
47.1.3. GASÓMETRO.....	102
47.1.4. TANQUE DE DESCARGA.....	104
47.2. TIPOS DE BIODIGESTOR.....	105
47.2.1. BIODIGESTOR DE CÚPULA FIJA.....	105
47.2.2. BIODIGESTOR DE CÚPULA MÓVIL.....	106
47.2.3. ESTRUCTURA FLEXIBLE.....	107
47.3. DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	108
47.3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ZANJA DE RETENCIÓN DEL BIODIGESTOR.....	109
47.3.2. CONSTRUCCIÓN DE POZO DE TANQUE DE MEZCLA Y DESCARGA.....	112
47.3.3. CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR.....	113

47.3.4. COLOCACIÓN DE TUBERÍAS Y FILTRO.....	121
48. DETALLES DE GENERACIÓN DE BIOGÁS.....	128
48.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y ADECUACIÓN.....	128
48.1.1. PREPARACIÓN DE MEZCLA PARA ALIMENTAR EL BIODIGESTOR.....	128
48.1.2. PRIMERA CARGA DEL BIODIGESTOR.....	129
48.1.3. TIPO DE ALIMENTACIÓN (MEZCLA).....	130
48.1.4. PROTECCIÓN – DURABILIDAD.....	131
48.2. MANTENIMIENTO DIARIO.....	131
48.2.1. ALIMENTACIÓN DIARIA.....	131
48.2.2. CANTIDAD MÁXIMA DE BIOMASA A FERMENTARSE EN BIODIGESTO.....	132
48.3. DIFICULTADES MÁS COMUNES Y COMO RESOLVERLAS.....	133
48.4. SOSTENIBILIDAD.....	134
48.5. BENEFICIOS A LA SALUD, AL AMBIENTE Y LA ECONOMÍA.....	134
49. ANALISIS ECONÓMICO.....	135
49.1 COMPARACION DE PROPIEDADES ENTRE CAÑA Y PASTO.....	135
49.1.1 COSTO DE PRODUCCION ANUAL DE PASTO ELEFANTE.....	137
49.1.2 EJEMPLO DE RENTABILIDAD EN INGENIO CHAPARRASTIQUE 2016.....	139
49.2 LA GASIFICACIÓN DE LA ESTOPA DE COCO Y LA LEÑA.....	140
49.2.1 TIPOS DE GASIFICADORES.....	145
49.2.3 SISTEMAS DE COGENERACIÓN MEDIANTE GASIFICACIÓN.....	147
49.2.4 MOTORES DE COMBUSTIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....	149
49.2.5 TURBINAS DE GAS.....	151
49.2.6 MICROTURBINAS.....	153
49.2.7 TURBINAS DE VAPOR.....	155
49.3 TIPO DE GASIFICADOR SELECCIONADO.....	156
49.4 POTENCIAL DE LA CUANTIFICACIÓN PARA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA.....	164
49.4.1 CUANTIFICACIÓN DE LA ESTOPA DE COCO.....	164
49.4.2 PARA LA LEÑA SE PRESENTA LA SIGUIENTE CUANTIFICACIÓN.....	166
49.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA.....	167



49.6	IMPACTOS AL PROCESAMIENTO DE FIBRA DE ESTOPA DE COCO.....	170
50.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE BIODIGESTOR.....	172
50.1	CANTIDAD DE PERSONAS.....	172
50.2	TIEMPO DE DEGRADACIÓN DE LOS DESECHOS.....	172
50.3	CAPACIDAD DE GENERACIÓN.....	173
50.4	CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA Y DEMANDA INSTALADA.....	173
50.5	LOGÍSTICA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y SUB MATERIAS PRIMAS.....	175
50.6	TIEMPO DE GENERACIÓN.....	176
50.7	ESPACIO A UTILIZAR.....	177
50.8	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	177
50.9	COSTOS DE OPERACIÓN Y DEPRECIACIÓN DE EQUIPO.....	181
51.	CONCLUSIONES.....	184
52.	GLOSARIO.....	186
53.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	189
54.	ANEXOS.....	192

## ÍNDICE DE CUADROS.

CUADRO.	Página.
1. PODER CALORÍFICO DE MATERIAL DE BIOMASA.....	15
2. CALDERAS POR DEPARTAMENTO.....	16
3. CALDERAS POR SECTOR, ACTIVIDAD ECONÓMICA Y TIPO DE COMBUSTIBLE.....	19
4. CAPACIDAD INSTALADA POR CENTRAL GENERADORA MW.....	20
5. INYECCIONES POR TIPO DE RECURSO GWh.....	21
6. CAPACIDAD INSTALADA Y DISPONIBLE DE LAS CENTRALES GENERADORAS .....	22
7. INYECCIONES NETAS POR RECURSO Y PLANTA GENERADORA 2014, (GWh).....	24
8. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PULPA Y CASCARILLAS DE CAFÉ.....	39
9. CARACTERIZACIÓN DEL GRANO DE CAFÉ EN LOS DIFERENTES COMPONENTES.	39
10. PODER CALÓRICO DELA CASCARA DE COCO.....	52
11. PODER CALORÍFICO DE TIPO DE LEÑA.....	54
12. PODER CALÓRICO DE ALGUNAS FORMAS DE BIOMASA.....	58
13. VÍAS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA.....	58
14. PORCENTAJE PROMEDIO DE MATERIA SECA.....	75
15. CLASIFICACIÓN DE LOS BAMBÚES SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS.....	76
16. DESARROLLO SEGÚN ESPECIE.....	77
17. PRODUCCIÓN NACIONAL E IMPORTACIÓN DE COCO.....	83
18. RENDIMIENTO ANUAL DE LAS ESPECIES DE COCOTERO.....	86
19. RENDIMIENTO DE FRUTO POR VARIEDAD DE COCOTERO.....	87

20. DISPONIBILIDAD TEÓRICA DE MATERIA PRIMA POR PLANTA.....	87
21. ESTIMACIONES DE SUPERFICIE FORESTAL POR TIPO.....	90
22. RELACIÓN OFERTA DEMANDA ANUAL DE LEÑA EN EL SALVADOR.....	95
23. VALORES DE LOS REQUERIMIENTO PROMEDIO DE LEÑA.....	95
24. NECESIDADES DE LEÑA EN LAS INDUSTRIAS Y NEGOCIOS.....	96
25. OFERTA DENDROENERGÉTICA GLOBAL POR COBERTURA Y OFERTA.....	98
26. DIMENSIONES DETALLADAS DE LA ZANJA DE RETENCIÓN.....	110
27. DETALLE DE TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE ZANJA DE RETENCIÓN.....	110
28. CANTIDAD DE MATERIALES NECESARIAS PARA REALIZAR LAS ZANJAS.....	111
29. DIMENSIONES DE POLIETILENO Y CANTIDAD TOTAL A NECESITAR.....	114
30. DETALLE DE CONSTRUCCIÓN DE FILTRO DE GAS SULFHÍDRICO.....	125
31. DETALLE DE ESTIÉRCOL CONTRA VOLUMEN DE AGUA PARA MEZCLA.....	129
32. DETALLE DE ESTIÉRCOL Y BIOGÁS GENERADO DIARIAMENTE.....	130
33. CRONOLOGÍA DE ALIMENTACIÓN DE BIODIGESTOR.....	132
34. DIFICULTADES MÁS COMUNES Y COMO RESOLVERLAS.....	134
35. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE CAÑA.....	135
36. CARACTERÍSTICAS DEL PASTO ELEFANTE.....	135
37. DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	137
38. BLOQUE HORARIO DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SALVADOR.....	138
39. CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS DE DIFERENTES GASIFICADORES.....	146

40. VENTAJAS, DESVENTAJAS Y COSTOS DE TECNOLOGÍAS PARA COGENERACIÓN DE ENERGÍA.....	148
41. CONSUMO BIOMÁSICO DE CADA GASIFICADOR.....	161
42. RENDIMIENTO DE FRUTO POR VARIEDAD DE COCOTERO.....	164
43. DISPONIBILIDAD TEÓRICA DE MATERIA PRIMA POR PLANTA. FUENTE MAG.....	164
44. VALORES PROMEDIOS DE LAS PROPIEDADES DE LA BIOMASA.....	165
45. PODER CALORÍFICO Y DENSIDAD ESPECÍFICA DE ESPECIES.....	166
46. LOS VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y PODER CALORÍFICO.....	167
47. COSTO DE LOS GASIFICADORES EXENTOS DE IMPUESTOS.....	169
48. COSTOS DE INFRAESTRUCTURA PARA EL PROYECTO POR GASIFICADOR.....	169
49. COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	169
50. COSTOS ESTIMADOS DEL PROYECTO POR GASIFICADOR.....	170
51. COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO POR GASIFICADOR.....	170
52. DATOS GENERALES DEL ESTUDIO A REALIZAR.....	172
53. DÍAS DE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA.....	172
54. CANTIDADES DE GAS GENERADO POR UNA PERSONA MÍNIMA, PROMEDIO Y MÁXIMA.....	173
55. ENERGÍA LIBERADA POR LA COMBUSTIÓN DEL BIOGÁS POR METRO CUBICO.....	173
56. CANTIDAD DE GAS GENERADO POR LOS PARÁMETROS DESCRITOS ANTERIORMENTE.....	173

57. CANTIDAD DE ENERGÍA MÍNIMA, PROMEDIO Y MÁXIMA GENERADA CON LA CANTIDAD DE GAS PRODUCIDA.....	173
58. EFICIENCIAS DE GENERADOR SOBRE LOS 1000 M DE ALTURA.....	174
59. DEMANDA ENERGÉTICA Y CANTIDAD DE FAMILIAS MÁXIMAS.....	174
60. DEMANDA ENERGÉTICA.....	175
61. CAPACIDAD DE GENERACIÓN SEGÚN DEMANDA.....	175
62. CAPACIDAD DE GENERACIÓN DATOS GENERALES.....	175
63. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA GENERADA POR 80 A 100 PERSONAS.....	176
64. CANTIDAD DE AGUA A UTILIZAR CON LA MEZCLA DE MATERIA PRIMA.....	176
65. TAMAÑO DE BIODIGESTOR SEGÚN POBLACIÓN.....	176
66. CAPACIDAD MÁXIMA DE GENERACIÓN VERSUS MÁXIMO TIEMPO DE USO.....	177
67. DIMENSIONES DETALLADAS DE LA ZANJA DE RETENCIÓN.....	178
68. TAMAÑO DE BIODIGESTOR.....	178
69. PRECIO DE CONSTRUCCIÓN DE ZANJA.....	178
70. DETALLE DE COMPRA E INSTALACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO BIODIGESTOR DE 3m <sup>3</sup> .....	179
71. DETALLE DE COMPRA E INSTALACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO BIODIGESTOR DE 4m <sup>3</sup> .....	179
72. DETALLE DE COMPRA E INSTALACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO BIODIGESTOR DE 5m <sup>3</sup> .....	179
73. DETALLE DE COSTOS DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS BIODIGESTOR.....	180
74. DETALLE DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE FILTRO.....	180

75. DIMENSIONES DE LOZA PARA MONTAR GENERADOR.....	180
76. DETALLE DE MATERIALES CONSTRUCCIÓN DE LOZA.....	181
77. DETALLE DE COSTOS TOTALES DE CONSTRUCCIÓN DE LOZA.....	181
78. DETALLE DE COSTOS POR EQUIPOS INSTALADOS.....	181
79. DETALLE DE COSTOS DE OPERACIÓN.....	182
80. DETALLE DE COSTOS TOTALES DE GENERACIÓN.....	182
81. DETALLE DE ENERGÍA GENERADA POR MES.....	182
82. DETALLE DE ENERGÍA MÁXIMA GENERADA POR MES.....	183
83. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	183
84. VALOR DE PRODUCCIÓN.....	183
85. COSTO DE KWH POR GENERACIÓN CON BIOGÁS.....	183

## ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA.	Página
1. Biomasa natural.....	5
2. Ejemplo de biomasa residual seca.....	6
3. Ejemplo de biomasa húmeda.....	7
4. Ejemplo de cultivo energético.....	7
5. Efecto invernadero.....	12
6. Efecto de la humedad sobre el valor térmico.....	15
7. Mapa de calderas en El Salvador.....	17
8. Calderas por zona geográfica.....	17
9. Calderas por tipo de combustible.....	18
10. Estructura de generación neta por recurso.....	21
11. Capacidad instalada por central al 31 de diciembre 2014 (MW).....	23
12. Ubicación de centrales generadoras.....	23
13. Inyección neta nacional por recurso, 2014.....	25
14. Plan de desarrollo y expansión de rellenos sanitarios.....	26
15. Pasto elefante.....	29
16. Pasto Mombaza.....	30
17. Pasto Marandú.....	32
18. Pasto Jaragua.....	34
19. Zonas de cultivo de coco en el mundo.....	41
20. Partes del fruto. Coco.....	43
21. Cocotero gigante.....	47
22. Cocotero enano.....	47
23. Cocotero híbrido.....	48

24.	Características de coco.....	49
25.	Gráfico de estacionalidad de producción de coco.....	50
26.	Gráfico de área principal de cultivo de cocoteros por departamento.....	51
27.	Ubicación geográfica de El Jobal.....	52
28.	Productos y subproductos elaborados a partir del coco.....	53
29.	Productos y subproductos elaborados a partir del coco.....	56
30.	Horno tradicional de cal.....	57
31.	Elemento alcanos pertenecientes al grupo de los Hidrocarburos.....	60
32.	Pasto en tierra no muy fértil.....	72
33.	Pasto en tierra muy fértil.....	73
34.	Pacas de pasto verde.....	73
35.	Pasto seco.....	74
36.	Chusquin y Caiman.....	80
37.	Canales de distribución.....	85
38.	Mapa de El Salvador: Cobertura del suelo, según LANDSAT TM 2000.....	91
39.	Densidad arbórea, 1992-1993 (AVHRR).....	92
40.	Densidad arbórea, 2000-2001.....	92
41.	Cambios en la densidad arbórea entre 1992 y 2001.....	92
42.	Cadena de causa efecto de la escasez de leña.....	94
43.	Tercio de leña.....	99
44.	Pante de leña.....	99
45.	Tanque de mezcla de planta de tratamiento de aguas residuales.....	101
46.	Tanque de mezcla artesanal.....	101
47.	Biodigestor tipo balón construido en doble bolsa de polietileno de bajo costo.....	102
48.	Gasómetro artesanal utilizando barriles.....	103
49.	Gasómetro tipo balón.....	103



50.	Gasómetro Industrial con filtro.....	103
51.	Construcción de tanque de descarga de materiales.....	104
52.	Tanque de descarga lleno.....	104
53.	Biodigestor de cúpula fija.....	105
54.	Biodigestor de cúpula móvil se pueden observar los agarraderos que facilitan el proceso.	106
55.	Biodigestor de estructura flexible sin protección solar como protección contra impactos...	107
56.	Biodigestor de estructura flexible con protección contra rayos ultravioleta.....	108
57.	Construcción de biodigestor de estructura flexible con techo protector.....	108
58.	Referencia de dimensiones de zanja.....	109
59.	Detalle de montaje de biodigestor en la zanja de retención.....	112
60.	Detalle de la colocación del tubo de abasto proveniente del tanque de mezcla.....	113
61.	Detalle de la altura máxima de instalación de los tubos de entrada salida del Biodigestor..	113
62.	Extendido de plástico primera capa.....	115
63.	Despliegue de segunda capa de plástico.....	115
64.	Introducción de la primera capa en la segunda capa para crear la doble bolsa.....	116
65.	Finalización de la introducción de la bolsa.....	116
66.	Proceso de remoción de pliegues en la bolsa.....	117
67.	Colocación del acople PVC.....	117
68.	Colocación de empaques de seguridad.....	118
69.	Colocación de biodigestor en la zanja de retención.....	118
70.	Introducción de la bolsa en la tubería proveniente del tanque de mezcla.....	119
71.	Salida del plástico en la tubería 01.....	119
72.	Salida del plástico en la tubería 02.....	119
73.	Amarre de la bolsa a la tubería de PVC.....	120
74.	Abrazadera de acero inoxidable para tubería de 4".....	120
75.	Esquema de conexión de tuberías en sistema de generación de biogás.....	121

76.	Válvula de control.....	122
77.	Sello hidráulico implementado.....	122
78.	Explicación del sistema de sello hidráulico.....	123
79.	Válvula liberadora de agua o de humedad.....	123
80.	Esquema de filtro de ácido sulfúrico o gas sulfhídrico.....	124
81.	Esquema detallado del filtro de gas sulfhídrico.....	125
82.	Generador a gas natural de 1.375MVA.....	126
83.	Generador a gas natural de 24KW.....	126
84.	Generador a biogás de 20KW a 700KW trifásico.....	127
85.	Generador a biogás de 20KW a 1.0MW.....	127
86.	Preparación de mezcla de estiércol.....	129
87.	Muestra de la textura que debe tener la primera carga para el biodigestor.....	130
88.	Biodigestor protegidos con techo para aumentar su vida útil.....	131
89.	Porcentaje de agua más excreciones vs espacio libre.....	133
90.	Grafico materia seca en pasto.....	135
91.	Gráfico de distribución de gastos.....	137
92.	Capacidad instalada de generación de biomasa en 2016.....	138
93.	Distribución del dinero.....	139
94.	Proceso de gasificación y generación de la energía eléctrica.....	140
95.	Proceso de gasificación y generación de la energía eléctrica.....	141
96.	Proceso de formación de gas.....	143
97.	Esquema del enfriamiento.....	144
98.	Esquema de purificación del gas.....	144
99.	Tipos de gasificadores.....	146
100.	Gasificación y planta de generación de energía eléctrica.....	147
101.	Gasificador.....	147

102.	Motor de combustión interna con circuito cerrado de recuperación de Calor.....	151
103.	Turbina de gas de ciclo simple.....	152
104.	Turbina de gas de ciclo simple con recuperador de calor (cogeneración).....	153
105.	Turbina de gas de ciclo combinado.....	153
106.	Microturbina – sistema de cogeneración simple.....	154
107.	Turbina de vapor en sistema de cogeneración simple.....	155
108.	Sistema de gasificación BIOMAX 25.....	157
109.	Sistema de gasificación FGB 20 de la finca TOSOLY, Santander Colombia.....	157
110.	Sistema de generación eléctrica “Generac Quiet Source 22 kW.....	159
111.	Máquina quebradora de cáscara.....	160
112.	Máquina quebradora de madera (chipeadoras) y chips de madera.....	160
113.	Máquina corta cilindros de madera y cilindros de madera.....	161

## INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como principal objetivo presentar el recurso biomásicos existente en el país y el uso eficiente de la biomasa para aplicaciones de generadoras eléctricas.

La biomasa es un combustible capaz de cubrir, en muchos casos, las mismas necesidades que los combustibles fósiles y con rendimientos elevados, el coste económico de la biomasa generalmente es inferior al de otros combustibles (como son el gas natural y el gasóleo) incluso puede llegar a tener un coste cero dependiendo de los mercados si la biomasa es un residuo del propio proceso industrial de la fábrica.

Por ejemplo, en un aserradero se pueden aprovechar las cortezas, costales y otros residuos como combustibles para ser trasladados a una planta de generación de energía por biomasa. Otra de las ventajas de la biomasa es la diversificación y la posibilidad de hibridación de combustibles biomásicos, incluso de mezclas de éstos con otros de origen fósil.

En este documento se podrá encontrar un trabajo de investigación que tiene por objetivo poder determinar los recursos que pueden ser utilizados, pero también reutilizados para generar los procesos que permitan brindar la oportunidad al ser humano de poder optar por otros medios de generación energética mediante procesos que resulten amigables con el medio ambiente y que puedan formar parte de un proceso cíclico que permita la perdurabilidad de este con el paso del tiempo.

En el documento se muestran las nociones básicas de lo que es la Biomasa, sus características, como los beneficios que esta puede traer para la vida del ser humano, además se desea exponer las `propuestas tomadas en cuenta para su posterior investigación de los materiales como de también las razones por las cuales fueron tomados en cuenta de un universo de opciones y de cómo se obtienen estos y cuánto puede ser la cantidad obtenida para su posterior utilización como materia prima que ayudará a generar.

## OBJETIVOS

### GENERAL:

Evaluar el potencial del recurso de biomasa en El Salvador para la posible generación de energía eléctrica.

### ESPECÍFICOS:

- Describir los antecedentes, la generación eléctrica en El Salvador y la participación de la biomasa.
- Investigar los tipos de biomasa utilizados en El Salvador para generación eléctrica.
- Investigar la disponibilidad de las diferentes materias primas para generación de biomasa en El Salvador.
- Determinar las cantidades de materia prima biomásica para poder generar energía eléctrica.
- Detallar los tipos de preparación o tratamiento de la materia prima para la generación de energía eléctrica.
- Determinar en base a una cantidad en específico de biomasa, cuánta energía eléctrica se podría generar

## 1. BIOMASA

La palabra biomasa describe los materiales provenientes de seres vivos animales o vegetales. Es decir, toda la materia orgánica (materia viva) procedente del reino animal y vegetal obtenida de manera natural o procedente de las transformaciones artificiales. Toda esta materia se convierte en energía si le aplicamos procesamientos químicos.

La energía de la biomasa proviene en última instancia del Sol. Los vegetales absorben y almacenan una parte de la energía solar que llega a la tierra y a los animales en forma de alimento y energía. Cuando la materia orgánica almacena la energía solar, también crea subproductos que no sirven para los animales ni para fabricar alimentos pero sí para hacer energía de ellos.

Un equívoco muy común es confundir “materia orgánica” con “materia viva”, pero basta considerar un árbol, en el que la mayor parte de la masa está muerta, para deshacer el equívoco; de hecho, es precisamente la biomasa “muerta” la que en el árbol resulta más útil en términos energéticos. Se trata de un debate importante en ecología.

Otro equívoco muy común es utilizar “biomasa” como sinónimo de la energía útil que puede extraerse de ella, lo que genera bastante confusión debido a que la relación entre la energía útil y la biomasa son muy variable y depende de innumerables factores. Para empezar, la energía útil puede extraerse por combustión directa de biomasa (madera, excrementos animales, etc.), pero también de la quema de combustibles obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas (gas metano de los residuos orgánicos, por ejemplo), procesos en los que siempre se pierde algo de la energía útil original. Además, la biomasa puede ser útil directamente como materia orgánica en forma de abono y tratamiento de suelos (por ejemplo, el uso de estiércol o de coberturas vegetales). Y por supuesto no puede olvidarse su utilidad más común: servir de alimento a muy diversos organismos, la humanidad incluida

## **2. LA FORMACIÓN DE LA BIOMASA**

Esta forma de captación de energía solar es la única fuente renovable que conlleva asimismo un almacenamiento, lo que la distingue de la energía solar directa. Así pues, la materia orgánica constituye energía solar almacenada y es la denominada energía de la biomasa.

La formación de materia viva o biomasa a partir de la luz solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis, gracias al cual se producen grandes moléculas de alto contenido energético, cuyo coste de almacenamiento es nulo y en principio sin pérdidas.

Mediante la fotosíntesis, los vegetales transforman productos minerales sin valor energético, dióxido de carbono y agua, en materias orgánicas de alta energía, proceso que sólo tiene lugar en las plantas verdes, que contienen clorofila, ya que este compuesto es el que posibilita toda la serie de reacciones químicas que tienen lugar.

Ahora bien, en todo proceso de conversión energética un importante factor a considerar es el rendimiento con que éste tiene lugar, es decir, la fracción del total de energía incidente (energía solar) que queda convertida en la forma de energía de interés (energía de la biomasa).

## **3. LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA.**

Con el nombre de biomasa se designa a un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza y composición, que puede emplearse para obtener energía. Esta fuente energética se basa en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o en los productos derivados de ésta.

La biomasa como materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, tiene carácter de energía renovable porque su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso

fotosintético. Al romper los enlaces de los compuestos orgánicos, por combustión directa de biomasa o por combustión de productos obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas, para dar dióxido de carbono y agua como productos finales, se libera energía.

La biomasa puede proporcionar energía mediante su transformación en materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan, en general, biocombustibles y específicamente, a todos aquellos, generalmente sólidos y gases, que se aplican con fines térmicos y eléctricos.

El nombre de biocarburantes se reserva para los productos, normalmente líquidos, que proceden de la biomasa y se destinan a la automoción. Este tipo de productos tienen una importancia especial debido al gran consumo de carburantes derivados del petróleo para el transporte.

#### **4. BIOMASA COMO ENERGÍA ALTERNATIVA**

En todos estos procesos hay que analizar algunas características a la hora de enjuiciar si el combustible obtenido puede considerarse una fuente renovable de energía:

Emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). En general, el uso de biomasa o de sus derivados puede considerarse neutro en términos de emisiones netas si solo se emplea en cantidades a lo sumo iguales a la producción neta de biomasa del ecosistema que se explota. Tal es el caso de los usos tradicionales (uso de los restos de poda como leña, cocinas de bosta, etc.) si no se supera la capacidad de carga del territorio.

En los procesos industriales, puesto que resulta inevitable el uso de otras fuentes de energía (en la construcción de la maquinaria, en el transporte de materiales y en algunos de los procesos imprescindibles, como el empleo de maquinaria agrícola durante el cultivo de materia prima), las emisiones producidas por esas fuentes se contabilizan como emisiones netas. En procesos poco intensivos en energía pueden



conseguirse combustibles con emisiones netas significativamente menores que las de combustibles fósiles comparables. Sin embargo, el uso de procesos inadecuados (como sería la destilación con alambique tradicional para la fabricación de orujos) puede conducir a combustibles con mayores emisiones.

Hay que analizar también si se producen otras emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, en la producción de biogás, un escape accidental puede arruinar completamente el balance cero de emisiones, puesto que el metano tiene un potencial 21 veces superior al dióxido de carbono, según el panel intergubernamental del cambio climático (IPCC).

Tanto en el balance de emisiones como en el balance de energía útil no debe olvidarse la contabilidad de los ingresos indirectos de energía, tal es el caso de la energía incorporada en el agua dulce empleada. La importancia de estos ingresos depende de cada proceso, en el caso del biodiesel, por ejemplo, se estima un consumo de 20 kilogramos de agua por cada kilogramo de combustible: dependiendo del contexto industrial la energía incorporada en el agua podría ser superior a la del combustible obtenido.

Si la materia prima empleada procede de residuos, estos combustibles ayudan al reciclaje. Pero siempre hay que considerar si la producción de combustibles es el mejor uso posible para un residuo concreto.

Si la materia prima empleada procede de cultivos, hay que considerar si éste es el mejor uso posible del suelo frente a otras alternativas (cultivos alimentarios, reforestación, etc.). Esta consideración depende sobre manera de las circunstancias concretas de cada territorio.

## 5. TIPOS DE BIOMASA

La biomasa se puede clasificar en tres grandes grupos:

### 5.1 BIOMASA NATURAL

Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. Se produce de manera espontánea en bosque, matorrales, herbazales etc. El hombre siempre la ha utilizado para satisfacer su necesidad de leña.

La biomasa natural abarca los bosques, árboles, matorrales, plantas de cultivo, etc. Por ejemplo, en las explotaciones forestales se producen una serie de residuos o subproductos, con un alto poder energético, que no sirven para la fabricación de muebles ni papel, como son las hojas y ramas pequeñas, y que se pueden aprovechar como fuente energética.

Los residuos de la madera se pueden aprovechar para producir energía. De la misma manera, se pueden utilizar como combustible los restos de las industrias de transformación de la madera, como los aserraderos, carpinterías o fábricas de mueble y otros materiales más. Los “cultivos energéticos” son otra forma de biomasa consistente en cultivos o plantaciones que se hacen con fines exclusivamente energéticos, es decir, para aprovechar su contenido e energía.



Figura 1: Biomasa natural

## **5.2 BIOMASA RESIDUAL**

Son los residuos que se generan en las actividades de agricultura y ganadería, en las forestales, en la industria maderera y agroalimentaria.

### **4.2.1 BIOMASA RESIDUAL SECA**

Son los residuos de las actividades de agricultura (leñosa y herbácea), forestal, industria maderera y agroalimentaria, y que aún pueden ser utilizados y considerados como subproductos. Como ejemplo se puede considerar el aserrín, el bagazo de caña, granza de cáscara de café, las podas de frutales, etc.



Figura 2: Ejemplo de biomasa residual seca

### **4.2.2 BIOMASA RESIDUAL HÚMEDA**

Son los vertidos biodegradables provenientes de las aguas residuales urbanas e industriales y los desechos generados en la ganadería (principalmente la mezcla llamada purín que se compone de orín, agua de lluvia y estiércol).



Figura 3: Ejemplo de biomasa húmeda.

### 5.3 BIOMASA PRODUCIDA

Estos cultivos se generan con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Los cultivos energéticos se pueden clasificar de muchas formas, por el tipo de suelo donde crecen, por el tipo de producto que se cosecha, y según su aprovechamiento final.



Figura 4: Ejemplo de cultivo energético

1. Cultivos ya existentes como los cereales, semillas oleaginosas, material sacárido como la caña y la remolacha.
2. Cultivos forestales como el sauce, árboles frutales y maderables como el pino y cedro.
3. Cultivos herbáceos como el café, bambú, zacate junco.
4. Otros cultivos como higuero, tempate.

## **6. BENEFICIOS DE LA BIOMASA**

Entre sus características diferenciales, la biomasa reduce sustancialmente los residuos de origen orgánico, cuyo abandono o combustión incontrolada produce efectos muy nocivos para el medio ambiente y la salud, que es plenamente gestionable ya que puede producir energía tanto eléctrica como térmica las veinticuatro horas del día los 365 días del año, según la disposición de la misma. La cogeneración se refiere a la generación simultánea de calor y electricidad, lo cual resulta considerablemente más eficiente que los dos sistemas separados. Se utiliza actualmente en El Salvador 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. Debe tenerse también en cuenta que la generación de energía a partir de la valorización de la biomasa, gracias a su capacidad de sustituir producción eléctrica y térmica procedente de instalaciones que utilizan combustibles fósiles muy contaminantes, representa un importante ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **7. IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL DE BIOMASA**

La biomasa es la única fuente de energía que aporta un balance de CO<sub>2</sub> favorable, siempre y cuando la obtención de la biomasa se realice de una forma renovable y sostenible, de manera que el consumo del recurso se haga más lentamente que la capacidad de la Tierra para regenerarse. De esta manera, la materia orgánica es capaz de retener durante su crecimiento más CO<sub>2</sub> del que libera en su combustión, sin incrementar la concentración de CO<sub>2</sub>.

Aunque el potencial energético existente en el planeta sería suficiente para cubrir todas las necesidades energéticas, esta no se puede utilizar en su totalidad, ya que exigiría el aprovechamiento a gran escala de los recursos forestales. Esto haría imposible mantener el consumo por debajo de la capacidad de regeneración, lo cual reduciría muy considerablemente la energía neta resultante y conduciría a un agotamiento de dichos recursos a la vez que daría lugar a efectos medioambientales negativos.

Los efectos producidos serían tales como la deforestación y el aumento notable de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que implicaría una contribución al cambio climático.

## **8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE BIOMASA**

### **8.1. VENTAJAS**

La utilización de la biomasa con fines energéticos tiene las siguientes ventajas medioambientales:

- ✚ Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Aunque para el aprovechamiento energético de esta fuente renovable tengamos que proceder a una combustión, y el resultado de la misma sea agua y CO<sub>2</sub>, la cantidad de este gas causante del efecto invernadero, se puede considerar que es la misma cantidad que fue captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, que no supone un incremento de este gas a la atmósfera.

- ✚ No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas.
- ✚ Si se utilizan residuos de otras actividades como biomasa, esto se traduce en un reciclaje y disminución de residuos. Canaliza, por tanto, los excedentes agrícolas alimentarios, permitiendo el aprovechamiento de las tierras de retirada.
- ✚ Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado de alimentos. Eso puede ofrecer una nueva oportunidad al sector agrícola.
- ✚ Permite la introducción de cultivos de gran valor rotacional frente a monocultivos cerealistas.
- ✚ Puede provocar un aumento económico en el medio rural
- ✚ Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

En la actualidad la tecnología aplicada a la biomasa está sufriendo un gran desarrollo. La investigación se está centrando en los siguientes puntos:

- ✚ En el aumento del rendimiento energético de este recurso.
- ✚ En minimizar los efectos negativos ambientales de los residuos aprovechados y de las propias aplicaciones.
- ✚ En aumentar la competitividad en el mercado de los productos.
- ✚ En posibilitar nuevas aplicaciones de gran interés como los biocombustibles

## **8.2. DESVENTAJAS**

- ✚ Tiene un mayor coste de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles.
- ✚ Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
- ✚ Actualmente la producción es estacional.
- ✚ La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- ✚ Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

## 9. EL EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero es un proceso natural dentro de las actividades del planeta y ocurre cuando la luz solar llega a la Tierra. Un poco de esta energía se refleja en las nubes; el resto atraviesa la atmósfera y llega al suelo donde es absorbida por la superficie del planeta. Esta energía, por ejemplo, es utilizada por las plantas para crecer y desarrollarse.

Pero no toda la energía del Sol es aprovechada en la Tierra; una parte es regresada al espacio y otra es devuelta a la superficie del planeta por la atmósfera. Como la Tierra es mucho más fría que el Sol, no puede devolver la energía en forma de luz y calor. Por eso, la envía de una manera diferente, llamada "radiación infrarroja" o de onda larga.

Los gases de efecto invernadero o también llamados termo activos son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el vapor de agua, los clorofluorocarbonos y el ozono ( $\text{O}_3$ ), entre los más importantes, absorben esta energía infrarroja como una esponja, calentando tanto la superficie de la Tierra como el aire que la rodea. Si no existieran los gases de invernadero, el planeta sería, cerca de  $30^\circ\text{C}$  más frío de lo que es ahora. En esas condiciones, probablemente la vida nunca hubiera podido desarrollarse.

El efecto de calentamiento que producen los gases se llama efecto invernadero. La energía del Sol queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero.

Sin embargo, la actividad humana aumenta las concentraciones de gases en la atmósfera, los niveles de gases invernadero han ido aumentando durante décadas y estos crecimientos exageran los niveles naturales de estos gases, causando un aumento de la temperatura global de la Tierra.

Los gases invernadero que son producidos por las actividades humanas son los dióxidos de carbono (emanados principalmente de la quema de combustibles fósiles).



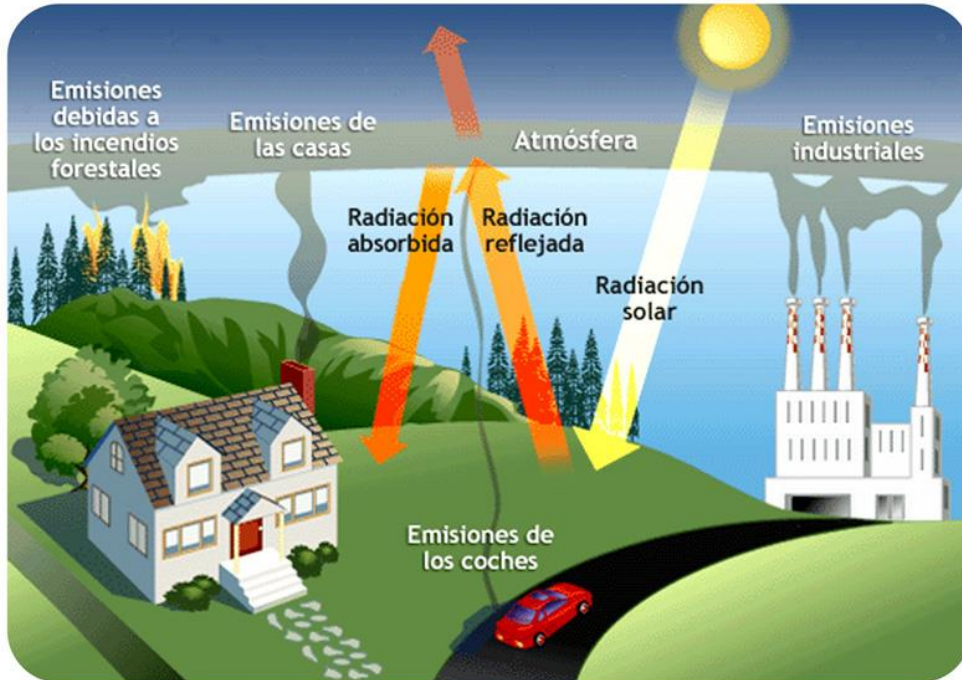


Figura 5: Efecto invernadero.

## 10. PARÁMETROS Y UNIDADES

Las fuentes y productos energéticos se pueden medir por su masa o peso, o incluso su volumen, pero el factor esencial es el contenido de energía de esas fuentes y productos. El valor de la energía debe evaluarse con respecto a parámetros energéticos. Se introducen las dos relaciones básicas siguientes para la evaluación de la bioenergía, teniendo en cuenta que tanto el poder calorífico como la densidad dependen principalmente de la humedad del combustible.

$$\text{Energía} = \text{masa} \times \text{poder calorífico} \quad (1)$$

$$\text{Masa} = \text{volumen} \times \text{densidad} \quad (2)$$

**Masa:** Las unidades principales de masa utilizadas para medir los productos energéticos son el kilogramo y la tonelada métrica. La tonelada métrica (1000 kg) es la unidad utilizada más habitualmente.

**Volumen:** Las unidades SI de volumen básicas son el litro y el kilolitro, que equivale a 1 metro cúbico. En la actualidad se utilizan unidades de volumen sólido, generalmente el metro cúbico m<sup>3</sup>.

**Densidad:** El peso por unidad de volumen, varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de biomasa. Es importante observar la influencia del contenido de humedad en la densidad de la biomasa. Cuanto mayor sea el agua por unidad de peso menor será la cantidad de biomasa. Por ello, es imperativo precisar con exactitud del contenido de humedad al establecer el peso de la biomasa.

**Humedad:** la cantidad de agua existente en el biocombustible afecta de forma decisiva a la energía disponible de cada biocombustible. Habitualmente, se utilizan dos métodos referido al producto en seco (ref.pr.seco) y referido al producto en húmedo (ref.pr.húm.) para establecer el contenido de humedad, según el procedimiento utilizado para contabilizar la masa de agua. Es importante distinguirlos, especialmente cuando el contenido de humedad es elevado.

$$Humedad_{ref.pr.seco} = 100x \left( \frac{Peso\ en\ humedad - Peso\ en\ seco}{Peso\ en\ seco} \right) \quad (3)$$

$$Humedad_{ref.pr.hum} = 100x \left( \frac{Peso\ en\ seco - Peso\ en\ humedo}{Peso\ en\ humedo} \right) \quad (4)$$

En las expresiones anteriores, el peso en húmedo se refiere a la biomasa quemada y el peso en seco a la biomasa después de haber sido sometida a un proceso normalizado de secado. Generalmente, la humedad del biocombustible se mide en seco, aunque a veces también se mide en húmedo.

**Contenido de ceniza:** Se mide siempre con referencia al producto en seco y se refiere al residuo sólido que persiste tras una combustión total. Si bien el contenido de ceniza de la leña es generalmente del 1 por ciento, algunas especies de agro combustibles pueden tener un contenido de ceniza muy elevado. Esto influye en el valor energético de los biocombustibles, dado que las sustancias que forman las cenizas no tienen, por lo general, valor energético. Así, los combustibles de madera con un contenido de ceniza del 4 por ciento tienen un 3 por ciento menos de energía que la biomasa cuyo contenido de ceniza es del 1 por ciento.

**Poder calorífico:** el biocombustible es un material para quemar o para utilizar como fuente térmica de energía. Se puede medir la cantidad de energía térmica almacenada mediante el valor térmico o calorífico. El poder calorífico superior (PCS) o poder calorífico bruto (PCB) mide la cantidad total de calor que se producirá mediante la combustión. Sin embargo, una parte de ese calor permanecerá en el calor latente de la evaporación del agua existente en el combustible durante la combustión. El poder calorífico inferior (PCI), o poder calorífico neto (PCN), excluye el calor latente. Por consiguiente, el valor térmico más bajo es la cantidad de calor disponible realmente en el proceso de combustión para captarlo y utilizarlo. Cuanto mayor sea el contenido de humedad de un combustible mayor será la diferencia entre el PCB y el PCN y menor será la energía total disponible, como se muestra en la siguiente figura. Estos parámetros se expresan generalmente en mega julios (MJ/kg) o kilojulios por kg (kJ/kg).

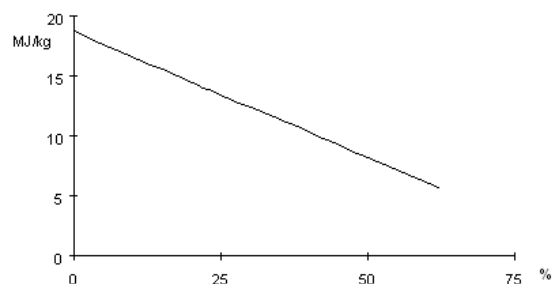


Figura 6: Efecto de la humedad (referida al producto en húmedo) sobre el valor térmico

PRODUCTO	HUMEDAD	CONTENIDO APROXIMADO DE CENIZA	PCI
	(%, EN SECO)	(%)	(MJ/Kg)
<b>BAGAZO DE CAÑA</b>	40-50	10-12	8.4 - 10.5
<b>CASCARAS DE MANI</b>	3-10	4-14	16.7
<b>CASCARAS DE CAFÉ</b>	13	8-10	16.7
<b>CASCARAS DE ALGODON</b>	5-10	3	16.7
<b>CASCARAS DE COCO</b>	5-10	6	16.7
<b>CASCARAS DE ARROZ</b>	9-10	15-20	13.8 - 15.1
<b>OLIVAS (PRENSADAS)</b>	15-18	3	16.7
<b>FIBRAS DE PALAMA DE ACEITE</b>	55	10	7.5 - 8.4
<b>CASCARAS DE PALMA DE ACEITE</b>	55	5	7.5 - 8.4
<b>MAZORCAS DE MAÍZ</b>	15	1-2	19.3
<b>PAJA Y CASCARAS DE ARROZ</b>	15	15-20	13.4
<b>PAJA Y CASCARAS DE TRIGO</b>	15	8-9	19.1

Cuadro1: Poder calorífico de material de biomasa.

## 11. EL DESARROLLO DE LA BIOMASA EN EL SALVADOR

El Salvador necesita que las administraciones públicas o los entes implicados y relacionados impulsen soluciones a sus principales problemas. En el ámbito normativo, lo más importante es que los objetivos de potencia se aumenten. Para la biomasa sólida, debe adecuarse la distribución de grupos de residuos, valorizar los

recursos existentes y estimular los cultivos energéticos. Dentro de los obstáculos que están impidiendo el desarrollo de la biomasa en El Salvador, el principal es que no se consideran los aspectos propios como los rasgos diferenciales de la biomasa respecto al resto de renovables; en las que no hay que trasladar combustible. Sin embargo sí hay que hacerlo con la biomasa; hay que localizarla, mensurarla, analizarla, formalizar el correspondiente contrato de compra o cesión y, sobre todo, trasladarla desde su lugar de origen a la respectiva planta. No sólo, no se han considerado tradicionalmente estas peculiaridades, sino que se han hecho imposible, debido a su costo de transporte y la disponibilidad de la misma biomasa según la cantidad que se requiere para la generación o la Co-generación; cuestionando así los beneficios ambientales que provee la alternativa renovable, ahora el efecto ambiental positivo será revertido por la quema de combustible en el transporte, además el costo de generación ascenderá notoriamente.

Con información de Consejo Nacional de Energía (CNE) la utilización de biomasa en el país es bien mínima tanto para la generación de energía eléctrica como para las demás calderas instaladas en el país.

Departamento	Número de calderas	%
Ahuachapán	11	1.2%
Cabañas	2	0.2%
Chalatenango	4	0.4%
Cuscatlán	2	0.2%
La Libertad	240	25.3%
La Paz	31	3.3%
La Unión	5	0.5%
Morazán	1	0.1%
San Miguel	22	2.3%
San Salvador	455	48.0%
San Vicente	13	1.4%
Santa Ana	82	8.7%
Sonsonate	74	7.8%
Usulután	5	0.5%
<b>Total</b>	<b>947</b>	<b>100.0%</b>

Cuadro 2: Calderas por departamento



Figura 7: Mapa de calderas en El Salvador.

A partir de los registros disponibles se puede resaltar que la mayor parte de las calderas en el país se encuentran ubicadas en la zona central (78.9%), posteriormente, la zona occidental (17.6%) y la zona oriental (3.5%), según se detalla en el cuadro

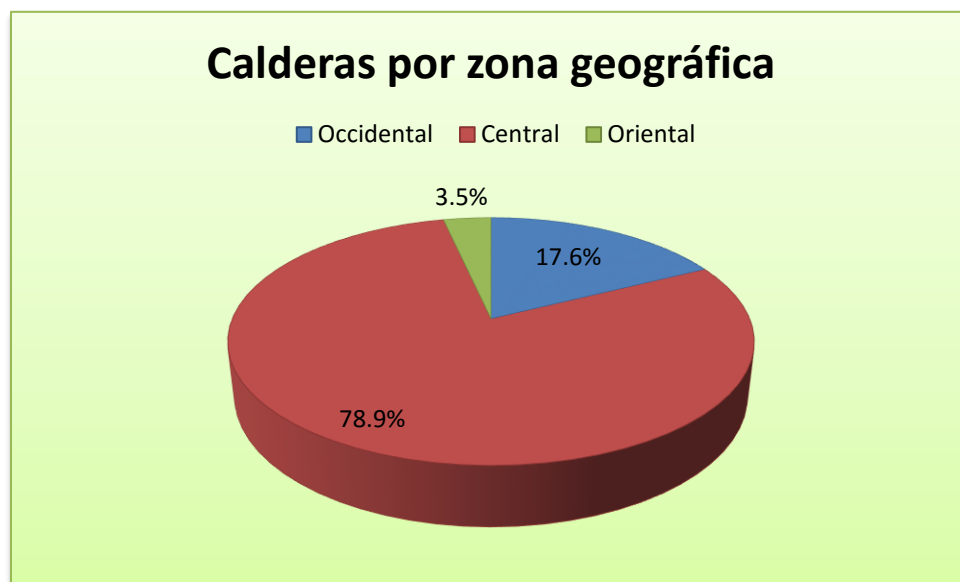


Figura 8: Calderas por zona geográfica

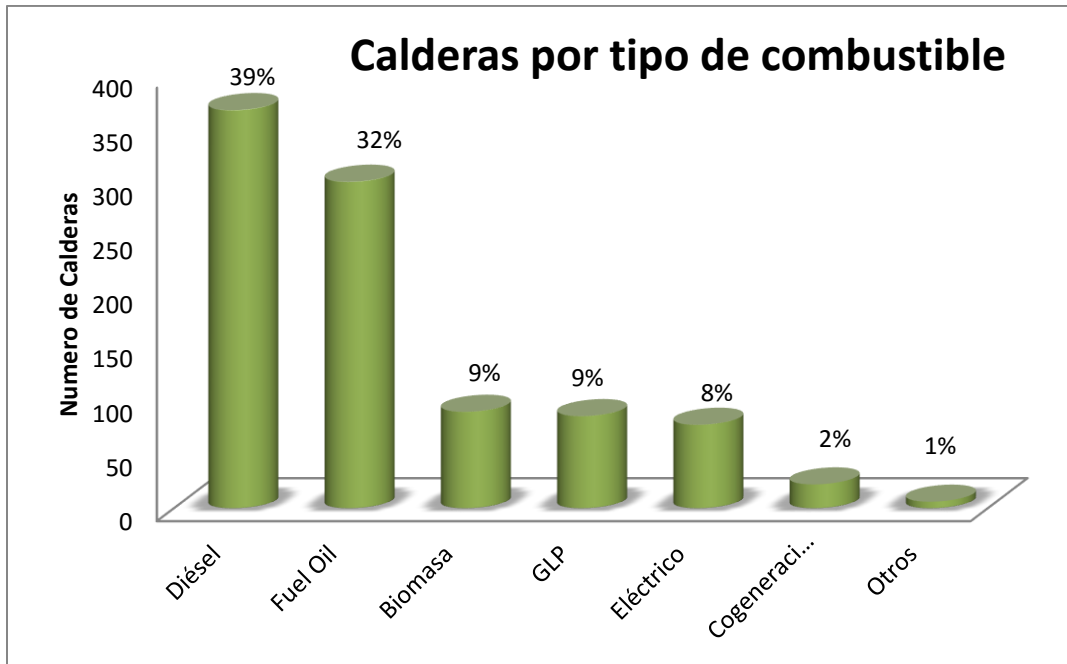


Figura 9: Calderas por tipo de combustible

	Diésel	Fuel Oil	Biomasa	GLP	Eléctric o	Cogeneración	Mixto	Biodiesel	Aceite Usado	Vapor	Total
<b>AGRICULTURA</b>	1	1	43								67
Cultivo de café			1								1
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1	1	42								66
<b>COMERCIO</b>	1	8		7	9	1					42
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	1 7	8		7	9	1					42
<b>INDUSTRIA</b>	220	237	45	5	50	6	3		1	1	619
Fabricación de cerveza			1								1
Fabricación de pan y galletas	1										1
Industrias manufactureras	21	237	44	5	50	6	3		1	1	617
<b>SERVICIOS</b>	12	4	1	2	18	15		1			219
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas					1						1
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	1	7		1							31
Actividades de atención a la salud humana y de asistencia social	53	17		4	3						77
Actividades de servicios administrativos y de apoyo		1									1
Actividades inmobiliarias			1								1
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	16	1			9						26
Construcción	1					1					2
Enseñanza	3				3						6
Otras actividades de servicios	2	2		1	2						32
Suministro de agua, evacuación de aguas residuales (alcantarillado); gestión de desechos y actividades de saneamiento	1	1		1							3
Suministros de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	6	10		4		14		1			35
Transporte y almacenamiento	1	3									4
<b>Total</b>	<b>367</b>	<b>301</b>	<b>89</b>	<b>85</b>	<b>77</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>947</b>

Cuadro 3: Calderas por sector, actividad económica y tipo de combustible



## 12. GENERACIÓN ELÉCTRICA DE EL SALVADOR

La capacidad instalada reportada por los operadores, al 31 de diciembre de 2014, ascendía 1,563.2 MW, manteniendo la potencia reportada en el 2013.

<b>CAPACIDAD INSTALADA (MW)</b>			
	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>Variación %</b>
1 - Guajoyo	19.8	19.8	0.0
2 - Cerrón Grande	172.8	172.8	0.0
3 - 5 de Noviembre	100.0	100.0	0.0
4 - 15 de Septiembre	180.0	180.0	0.0
<b>Total de generación Hidráulica</b>	<b>472.6</b>	<b>472.6</b>	<b>0.0</b>
5 - Ahuachapán	95.0	95.0	0.0
6 - Berlín	109.4	109.4	0.0
<b>Total generación Geotérmica</b>	<b>204.4</b>	<b>204.4</b>	<b>0.0</b>
7 -Duke Energy	<b>338.3</b>	<b>338.3</b>	<b>0.0</b>
Acajutla			
a) Vapor	63.0	63.0	0.0
b) Gas	82.1	82.1	0.0
c) Motores	150.0	150.0	0.0
d) FIAT U-4	27.0	27.0	0.0
Soyapango	16.2	16.2	0.0
8 - Nejapa Power	144.0	144.0	0.0
9- Holcim	25.9	25.9	0.0
10- Inversiones Energéticas	100.2	100.2	0.0
11- Textufile	42.5	42.5	0.0
12- GECSA	11.61	11.60	-0.1
13- Energía Borealis	13.6	13.6	0.0
14- HILCASA Energy	6.8	6.8	0.0
15- Termopuerto Ltda	73.7	73.7	0.0
15- CASSA	<b>61.0</b>	<b>61.0</b>	<b>0.0</b>
Central Izalco	45.0	45.0	0.0
Ingenio Chaparrastique	16.0	16.0	0.0
16- Ingenio El Angel	47.5	47.5	0.0
17- Ingenio La Cabaña	21.0	21.0	0.0
<b>Total generación Térmica</b>	<b>886.1</b>	<b>886.1</b>	<b>0.0</b>
<b>TOTAL :</b>	<b>1,563.2</b>	<b>1,563.1</b>	<b>0.0</b>

Cuadro 4: Capacidad instalada por central generadora MW

.Recurso	2013	2014	Variación
Hidroeléctrico	1,784.9	1,713.0	-4.0%
Geotérmico	1,442.4	1,443.9	0.1%
Térmico	2,355.3	2,404.1	2.1%
Biomasa	229.4	232.0	1.1%
Total Inyecciones nacionales	<b>5,812.0</b>	<b>5,793.0</b>	<b>-0.3%</b>
Importaciones Netas	283.3	380.7	34.4%
<b>Total</b>	<b>6,095.3</b>	<b>6,173.7</b>	<b>1.3%</b>

Cuadro 5: Inyecciones por tipo de recurso GWh

A partir de los datos del cuadro anterior, se elaboró la siguiente gráfica, en la que se presenta la estructura de la matriz eléctrica por tipo de recurso, observando que durante el año 2013 y 2014 la generación eléctrica por biomasa se mantuvo con el mismo porcentaje de participación en la matriz eléctrica.

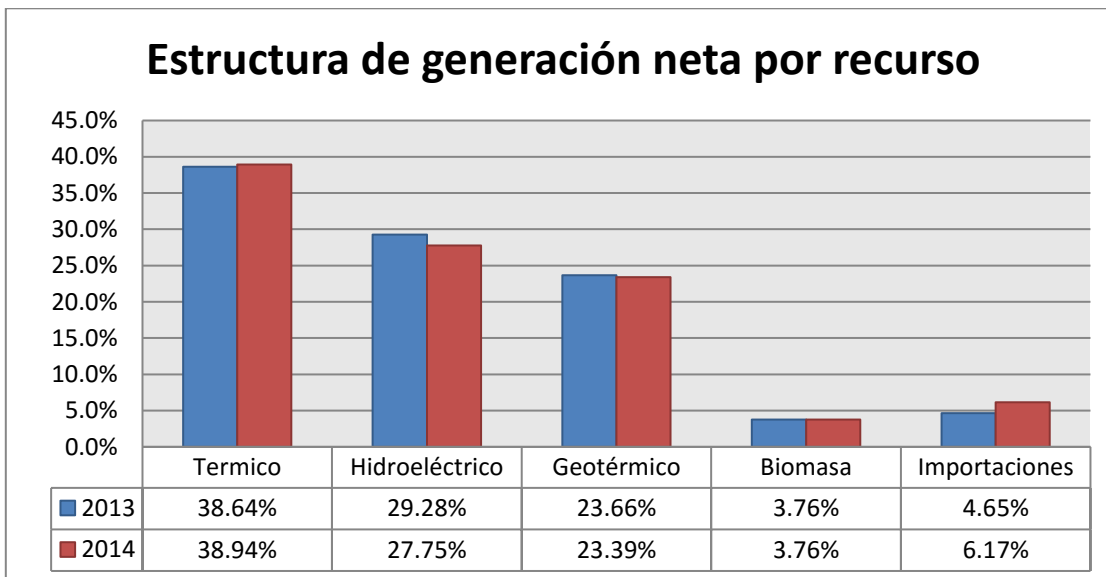


Figura10: Estructura de generación neta por recurso.

NOMBRE	NUMERO DE UNIDADES	CAPACIDAD INSTALADA		capacidad disponible	
		(MW)	(%)	(MW)	(%)
HIDRAULICA		472.6	30.23	472.6	32.58
1 - Guajoyo	(1x19.8)	19.8	1.27	19.8	1.37
2 - Cerrón Grande	(2x86.4)	172.8	11.05	172.8	11.91
3 - 5 de Noviembre	(3x20)+(1x21.40)+(1x0.6)	100	6.39	100	6.89
4 - 15 de Septiembre	(2x90)	180	11.52	180	12.41
GEOTERMICA		204.4	13.08	176.2	12.15
5 - Ahuachapan	(2x30.00)+(1x35.00)	95	6.08	73.1	5.04
6 - Berlin	(2x28.12)+(1x44)+(1x9.2)	109.4	7	103.1	7.11
TERMICA		886.1	56.7	801.8	55.3
7- Duke Energy		338.3	21.64	313	21.58
Acajutla a) Vapor	(1x30.0)+(1x33.0)	63	4.03	59.5	4.1
b) gas	(1x82.1)	82.1	5.25	65.4	4.51
c) motores	(6x16.5)+(3x17)	50	9.6	144	9.93
d) FIAT U-4	(1x27)	27	1.73	28.9	1.99
Soyapango	(3x5.4)	16.2	1.04	15.2	1.05
8 - Nejapa Power	27x5.33)	144	9.21	141	9.72
9 - Holcim	(3x6.40)+(1x6.70)	25.9	1.66	25.9	1.79
10 - Inversiones Energeticas	(3x16.5)+(6x8.45)	100.2	6.41	100.2	6.91
11 - Textufil	(2x3.6)+(2x7.05)+(1x7.38)+(2x7.72)	42.5	2.72	40.5	2.79
12 - GECSA	(3x3.8704)	11.6	0.74	11.2	0.77
13 - Energia Borealis	(8x1.7)	13.6	0.87	13.4	0.92
14 - Hilcasa Energy	(4x1.7)	6.8	0.44	6.5	0.45
15 - CASSA		61	3.9	40.5	2.79
CENTRAL IZALCO	(1x25)+(1x20)	45	2.88	28	1.93
Ingenio Chaparrastique	(1x1.5)+(1x2)+(1x2.5)+(1x10)	16	1.02	12.5	0.86
16- Ingenio el Angel	(1x10)+(1x12.5)+(1x25)	47.5	3.04	38	2.62
17 - Ingenio la Cabaña	(1x1.5)+1x2)+(1x7.5)+(1x10)	21	1.34	18	1.24
18- Termopuerto limitada		73.7	4.71	71.6	4.94
total		1,563.10	100	1,450.50	100

Cuadro 6: Capacidad instalada y disponible de las centrales generadoras de electricidad al 31 de diciembre de 2014.

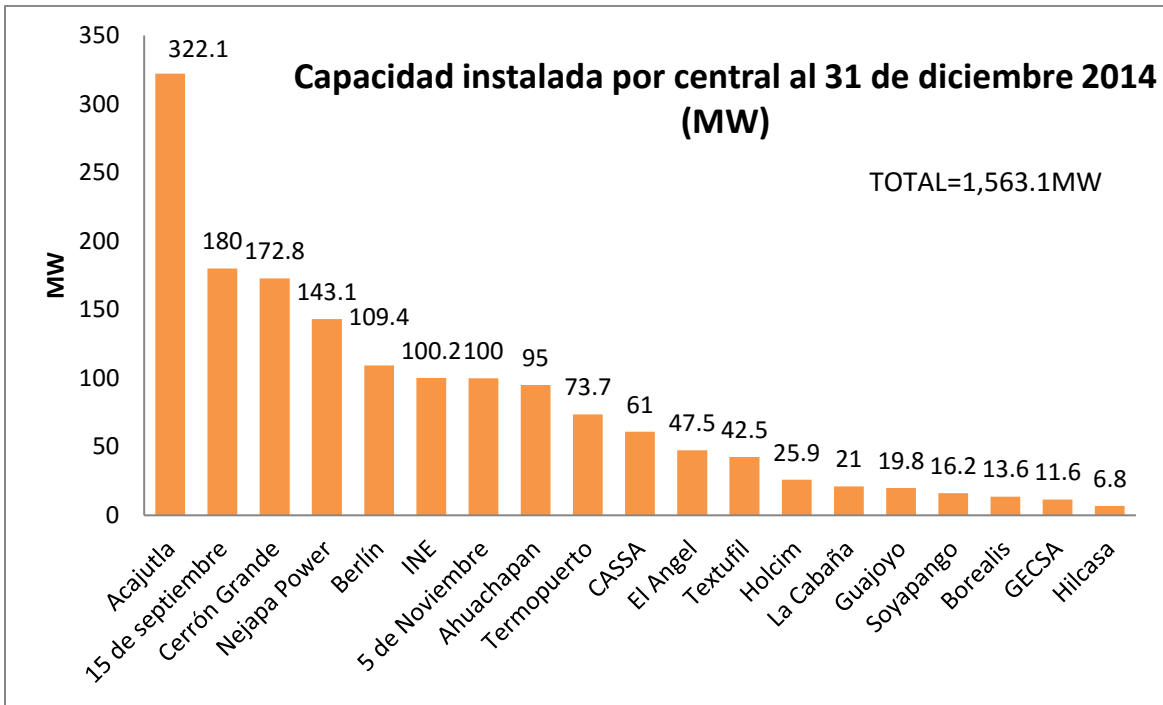


Figura 11: Capacidad instalada por central al 31 de diciembre 2014 (MW)

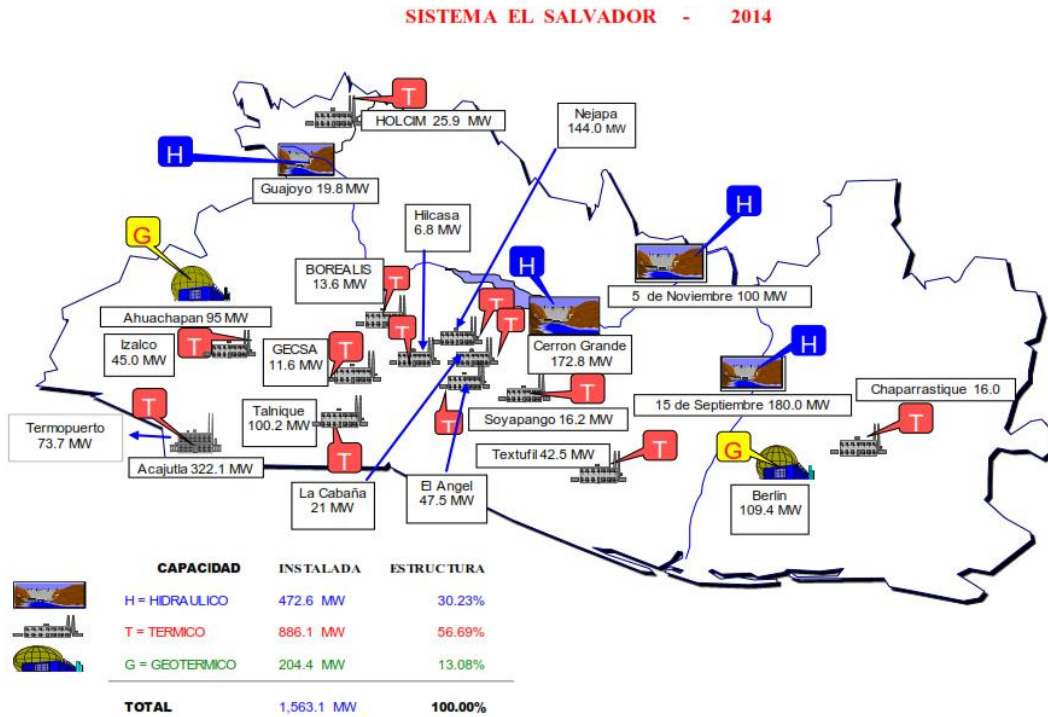


Figura 12: Ubicación de centrales generadoras

INYECCIONES NETAS POR RECURSO Y PLANTA GENERADORA 2014													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>Hidroeléctrica</b>													
Guajoyo	5.65	6.24	7.74	8.08	6.18	4.25	4.69	2.17	0.14	5.82	10.86	8.42	70.2
Cerrón Grande	39.78	39.69	42.00	42.55	35.77	33.52	34.60	16.87	56.51	96.95	51.76	40.27	530.3
5 de noviembre	38.43	38.43	43.16	45.38	46.00	51.96	39.78	29.22	49.92	53.19	50.52	38.85	524.8
15 de septiembre	25.80	23.29	26.50	28.20	43.35	62.40	32.64	38.29	119.42	112.98	45.60	29.21	587.7
<b>Subtotal</b>	<b>109.66</b>	<b>107.65</b>	<b>119.41</b>	<b>124.21</b>	<b>131.30</b>	<b>152.13</b>	<b>111.71</b>	<b>86.55</b>	<b>225.99</b>	<b>268.93</b>	<b>158.74</b>	<b>116.76</b>	<b>1,713.0</b>
<b>Geotérmica</b>													
Ahuachapán	52.57	44.72	54.71	51.87	53.90	50.90	44.76	53.69	52.69	53.88	53.59	55.21	622.5
Berlín	76.12	68.47	72.75	71.02	74.06	72.00	74.82	73.49	46.96	64.32	59.88	67.48	821.4
<b>Subtotal</b>	<b>128.69</b>	<b>113.19</b>	<b>127.46</b>	<b>122.89</b>	<b>127.96</b>	<b>122.90</b>	<b>119.58</b>	<b>127.18</b>	<b>99.65</b>	<b>118.20</b>	<b>113.47</b>	<b>122.69</b>	<b>1,443.9</b>
<b>Térmica</b>													
Acajutla	66.83	76.92	91.19	86.35	91.14	58.69	78.82	76.76	50.74	35.58	33.96	30.89	777.9
Soyapango	0.00	0.47	3.93	5.09	3.81	1.42	3.70	4.48	3.75	0.70	0.48	0.44	28.3
Nejapa Power	4.83	38.43	60.70	51.18	52.09	30.47	54.32	63.14	19.88	0.84	0.47	0.16	376.5
Chaparastique	1.78	1.02	0.78	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.36	5.0
Holcim	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Textufil	8.34	18.10	24.50	21.79	21.35	12.79	21.14	23.55	9.34	2.91	3.82	3.69	171.3
Ine	53.61	55.77	55.88	50.05	58.34	43.12	52.42	57.45	31.72	25.71	36.04	40.31	560.4
Borealis	0.09	0.00	0.15	0.41	0.54	0.26	1.15	1.86	0.05	0.00	0.16	0.19	4.9
Gecsa	0.00	0.06	0.27	1.27	0.71	0.47	1.39	2.24	0.35	0.00	0.02	0.01	6.8
Hilcasa	0.03	0.00	0.18	0.74	0.46	0.30	1.14	1.33	0.20	0.04	0.00	0.00	4.4
Termopuerto	45.86	35.01	41.54	43.29	44.57	31.48	44.13	43.33	39.05	31.83	31.27	42.28	473.6
<b>Subtotal</b>	<b>181.38</b>	<b>225.78</b>	<b>279.12</b>	<b>260.66</b>	<b>273.01</b>	<b>179.00</b>	<b>258.20</b>	<b>274.14</b>	<b>155.07</b>	<b>97.61</b>	<b>106.79</b>	<b>118.33</b>	<b>2,409.1</b>
<b>Biomasa</b>													
CASSA	19.74	17.48	19.84	18.00	16.40	12.17	0.00	0.00	0.00	0.00	8.25	19.15	131.0
Ingenio El Angel	15.83	17.02	19.03	9.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.57	13.36	78.5
Ingenio La Cabaña	2.52	1.87	2.26	2.53	4.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	2.70	17.5
<b>Subtotal</b>	<b>38.09</b>	<b>36.37</b>	<b>41.13</b>	<b>30.23</b>	<b>20.85</b>	<b>12.17</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>12.96</b>	<b>35.22</b>	<b>227.0</b>
<b>Inyección Nacional</b>	<b>457.8</b>	<b>483.0</b>	<b>567.1</b>	<b>538.0</b>	<b>553.1</b>	<b>466.2</b>	<b>489.5</b>	<b>487.9</b>	<b>480.7</b>	<b>484.8</b>	<b>392.0</b>	<b>393.0</b>	<b>5,793.0</b>
Importaciones	79.46	39.32	19.06	12.69	9.75	54.59	65.21	29.65	25.70	45.72	104.49	102.86	588.5
Exportaciones	32.50	40.86	43.82	30.65	27.49	12.88	1.53	1.31	8.88	7.58	0.24	0.00	207.8
<b>Importaciones Netas</b>	<b>46.96</b>	<b>-1.54</b>	<b>-24.76</b>	<b>-17.96</b>	<b>-17.75</b>	<b>41.71</b>	<b>63.68</b>	<b>28.34</b>	<b>16.81</b>	<b>38.14</b>	<b>104.25</b>	<b>102.86</b>	<b>380.7</b>
<b>Inyección Neta Total</b>	<b>504.8</b>	<b>481.5</b>	<b>542.4</b>	<b>520.0</b>	<b>535.4</b>	<b>507.9</b>	<b>553.2</b>	<b>516.2</b>	<b>497.5</b>	<b>522.9</b>	<b>496.2</b>	<b>495.9</b>	<b>6,173.8</b>

Cuadro 7: Inyecciones netas por recurso y planta generadora 2014, (GWh)

En el cuadro anterior se puede apreciar el comportamiento de la generación eléctrica por biomasa en el país, esta energía se produce solamente en tiempo de zafra el resto del año los generadores permanecen apagados ya que no tienen más biomasa que quemar para la producción de energía.

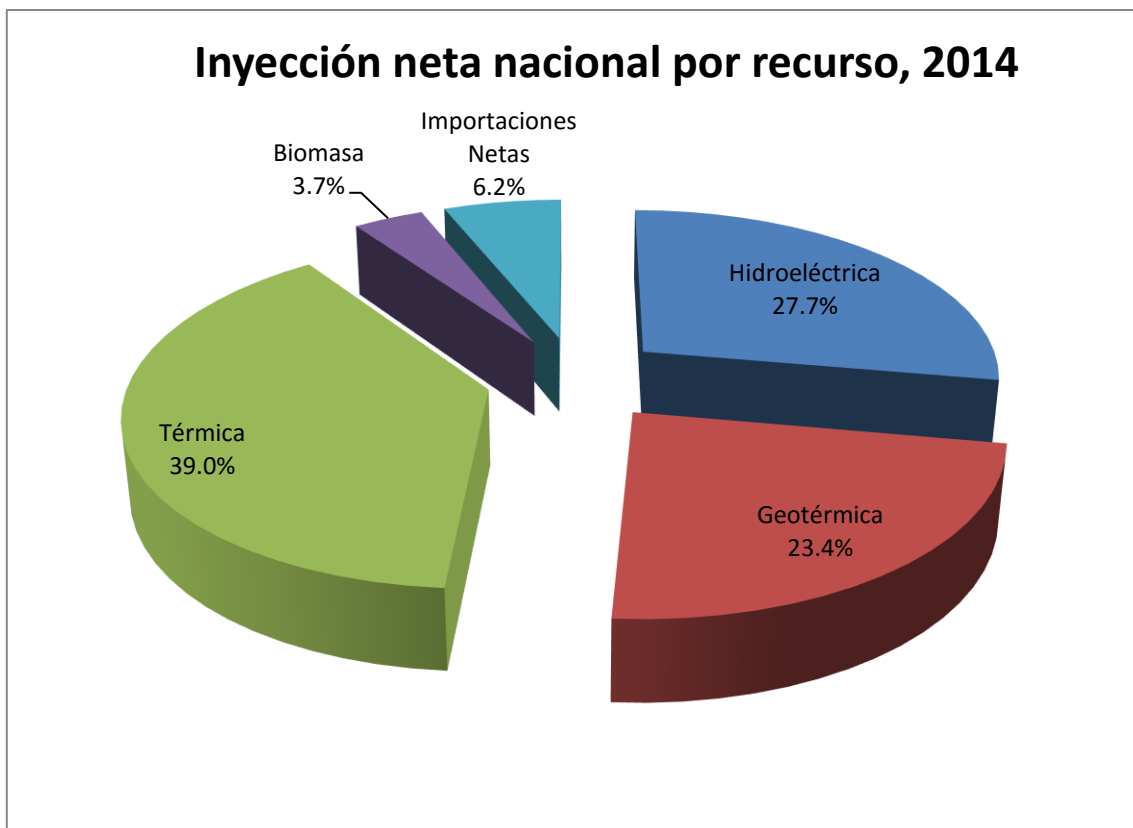


Figura13: Inyección neta nacional por recurso, 2014

### 13. BIOGÁS A PARTIR DE LOS RELLENOS SANITARIOS

En El Salvador se encuentra ubicada una planta generadora de electricidad que aprovecha el biogás proveniente de un relleno sanitario ubicado en Nejapa, el cual recibe el desecho sólido municipal del Área Metropolitana de San Salvador en un área en consignación por 20 años a la empresa MIDES S.E.M. de CV (MIDES). En el año 2006 el proyecto “Gas de relleno sanitario para producir energía del relleno sanitario de Nejapa” fue registrado como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Basados en los resultados del estudio de factibilidad, AES Nejapa instaló un sistema para generación de biogás en el 2008. Actualmente, existe una capacidad total instalada de 6.3 MW, aunque existe potencial para incrementar dicha capacidad hasta 10 MW.

Para desarrollar centrales eléctricas a partir del biogás de los rellenos sanitarios en otros lugares, será necesario un estudio más detallado según los análisis resultados del Plan Maestro para el desarrollo de las energías renovables. La siguiente figura muestra el plan de desarrollo y la expansión de rellenos sanitarios.

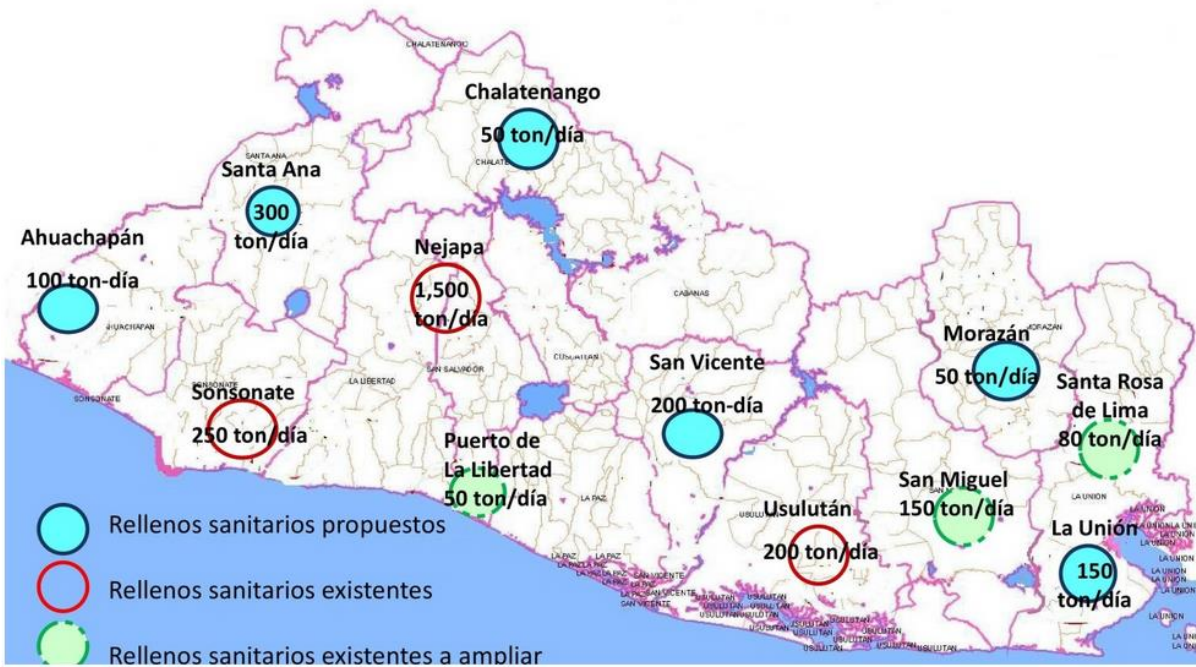


Figura 14: Plan de desarrollo y expansión de rellenos sanitarios

#### 14. EXPANSION DE GENERACIÓN ELÉCTRICA POR BIOMASA EN EL SALVADOR

La energía generada a partir del bagazo de caña de azúcar ocupa cada vez más lugar en el panorama energético del país centroamericano, en especial a partir de los ingenios, que además de utilizarlo para autoconsumo ya inyectan electricidad a la red nacional, que en el primer semestre del año ha alcanzado casi 200 GWh.

Avanza la biomasa Ingenio Chaparrastique.

Según se cita en el Diario de Hoy de fecha 26 de agosto de 2013 El Salvador, hay por lo menos dos proyectos de aumento de capacidad en ingenios.

Un caso es el de La Cabaña, situado en El Paisnal, a 40 km al norte de San Salvador, la capital del país. Allí se espera invertir en próximos meses 35.5 millones dólares en maquinaria que permita sumar, en la zafra 2014-2015, una capacidad de 20 MW.

De acuerdo a la Unidad de Transacciones, S.A. de C.V. (UT), compañía privada que se encarga de administrar el mercado mayorista de electricidad, de enero a junio de este año, el ingenio La Cabaña inyectó a la red eléctrica un total de 12.8 GWh.

Por su parte, el ingenio Chaparrastique, perteneciente a la Compañía Azucarera Salvadoreña (CASSA), tiene en marcha un proyecto para extender su capacidad a 62 MW e incrementar la capacidad de molienda diaria de la caña a 7,300 toneladas. También según UT, en los cuatro primeros meses del corriente año, inyectó 15.4 GWh.

También pertenece a CASSA el ingenio Central Izalco, que ha inyectado en el primer semestre 101 GWh.

Finalmente, el cuarto ingenio en inyectar energía a la red es El Ángel (existen otros dos que no participan de esta situación), con 61.8 GWh.

## **15. CULTIVOS ENERGÉTICOS**

### **15.1. PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

La labor de molienda inicio el 21 de noviembre de 2013 y finalizó el 30 de abril de 2014, un trabajo arduo que estuvo a cargo de 6 ingenios, que en total molieron 7,043,524.85 toneladas de caña. El total de caña molida fue inferior en 1% a la zafra anterior. La superficie total sembrada de caña de azúcar en el ámbito nacional fue



de 110,813 manzanas, el 98 % fue cosechado para moler y el 2% corresponde a la caña que se destina para semilla, panela y otros usos. La superficie rozada de la zafra 2013/2014 fue de 108,427.13 manzanas, superior en 3.6 % a la zafra 2012-2013.

## **15.2. PASTO ELEFANTE**

*Pennisetum purpureum*, llamada comúnmente hierba de elefante, pasto de Napier o pasto de Uganda, es una especie de la familia Poaceae nativa de las planicies tropicales de África. Es una perenne alta, de 2 a 4.5 m (raramente supera los 7.5 m), con hojas aserradas de 30 a 120 cm de longitud y 1 a 5 cm de ancho. El nombre hierba de elefante deriva del hecho de que es el alimento favorito de estos animales.

### **Descripción**

Es una planta perenne que produce pastizal, de tallos erectos, recubiertos por las vainas de las hojas en forma parcial o total. Pueden alcanzar una longitud de un metro, variando su ancho entre 3 y 5 centímetros. La altura varía según la estación y la fertilidad del suelo.

### **Adaptación:**

Es una especie que se adapta bien a las condiciones tropicales y sub-tropicales, desde el nivel del mar hasta los 2,000 metros, obteniéndose su mejor desarrollo por debajo de los 1,500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre 18 a 30°C, con una humedad relativa entre el 60 y el 80 por ciento.

En el suelo se adapta bien a distintos tipos de suelos, es resistente a la sequía, pero no tolera el exceso de humedad; en cuanto a la acidez y fertilidad, no es muy exigente, sin embargo, los mejores resultados se obtienen en suelos fértiles, arcillo-arenosos, no muy pesados y que conservan cierta humedad. En suelos arenosos sin materia orgánica su desarrollo es deficiente.

## **Uso**

Es un pasto esencialmente para corte y ensilaje. Aunque también se puede utilizar como alimentación del ganado lechero.



Figura 15: Pasto elefante

### **15.3. PASTO MOMBAZA**

El nombre científico es *Panicum Maximum* c.v.Mombaza, conocido comúnmente con pasto Mombaza es una especie perenne y tiene una forma de crecimiento en macolla de una forma erecto con alturas de 1.60 a 1.85 m. Se le da utilización para pastoreo por tener una digestibilidad y palatabilidad excelente. Tiene una tolerancia media a la sequilla y al frio, crece en suelos con una fertilidad media a alta.

#### **Descripción**

Son plantas perennes que forma macollas, pueden alcanzar hasta 3 m de altura y de 1 a 1.5 m de diámetro de la macolla. Los tallos son erectos y ascendentes con una vena central pronunciada. La inflorescencia se presenta en forma de panoja abierta de 12 a 40 cm de longitud. Las raíces son fibrosas, largas y nudosas, esto confiere cierta tolerancia a la sequía.

### **Adaptación**

Es un cultivo altamente exigente en fertilidad de suelo siendo, por lo tanto, recomendado para suelos corregidos o de alta fertilidad natural. También prefiere suelos areno-arcillosos, bien drenados. Se adapta bien a regiones de clima caliente, con precipitación pluvial superior a 1,000 mm y situadas entre 0 y 2,000 m de altitud. Tolera heladas leves y esporádicas. Presenta baja tolerancia a suelos encharcados. Tiene menor tolerancia a la sequía tolera media sombra y crece bien bajo árboles

### **Uso**

Pastoreo directo. Como tal, este cultivo se presta especialmente para sistemas intensivos de explotación ganadera.



Figura 16: Pasto Mombaza

#### **15.4. PASTO MARANDÚ**

Nombre: *Brachiaria brizantha* c.v.Marandú

Fertilidad de suelo: Media Alta

Forma de Crecimiento: Tipo Macolla

Altura: 1.0 m a 1.5 m.

Utilización: Pastoreo directo,

Digestibilidad: Excelente

Palatabilidad: Excelente

Precipitación pluviométrica: Encima de 800 mm.

Tolerancia a la sequía: Media

Tolerancia al frío: Media

Tenor de proteína en la materia seca: 11%

Profundidad de siembra: 2 a 4 cm

Ciclo Vegetativo: Perenne

Resistencia al salivazo: Buena

#### **Descripción**

Se trata de una gramínea tropical, perenne, de origen africano. Presenta un hábito de crecimiento cespitoso. Dependiendo de las condiciones ambientales y el manejo. Bajo condiciones de libre crecimiento, puede alcanzar hasta 1.8 m de altura.

Presenta densa vellosidad en los colmos, lo que probablemente explica su resistencia al ataque de “cigarra de los pastos”. Presenta colmos lisos (sin pelos) y produce rizomas cortos, escamosos y lisos, de coloración ligeramente púrpura y tiene menor resistencia a la “cigarra de los pastos”.

#### **Adaptación**

Es una especie adaptada al suelo de mediana a alta fertilidad. Presenta alguna restricción en el crecimiento en suelos muy arcillosos. Se adapta a regiones calientes, situadas entre 0 a 2,000 m de altitud, donde la precipitación pluvial excede

los 1,000 mm. Tolera fuego y heladas leves. Es poco tolerante a suelos encharcados.

A pesar de su rebrote lento y de ser poco consumida por caballos, has sido utilizada por mucho tiempo en el engorde de bovinos y en la producción de leche, sin embargo los animales presentan un desarrollo mediocre cuando son mantenidos en pastos de esta especie.

### **Uso**

Pasteo directo; silagem.



Figura17: pasto Marandú

## **15.5. PASTO JARAGUÁ**

Nombre común: argentino

Nombre científico: *Hiparrhenia rufa*

Otros nombres Puntero, faraguá, yaraguá, jaraguá, sapé gigante.

Consumo pastoreo

Clima favorable cálido, entre 0 y 1,000 m.s.n.m.

Tipo de suelo de mediana fertilidad, franco a arcillosos

Tipo de siembra: semilla, 10 - 15 kg de semilla por hectárea.

Plagas y enfermedades: atacado por la candelilla de los pastos.

No tolera suelos ácidos.

### **Descripción**

Es una planta perenne a veces anual, macollada, que alcanza los 3 m de altura, resistente a la sequía, con tallos delgados a robustos de 3 a 25 cm de alto, con hojas de 3 a 6 cm de largo y de 2 – 8 mm de ancho. La espata de la panícula es de varios tamaños, con espátulas de 3 – 5 cm de largo, por lo general más cortas que los pedúnculos del racimo doble. Los racimos son color amarillo oscuro o rojizo, miden de 2 – 2.5 cm de largo, con 9 – 14 aristas por cada racimo y las espiguillas tienen de 3 – 5 cm de largo.

### **Adaptación**

Crece desde el nivel del mar hasta los 2,000 m, pero se adapta mejor en climas cálidos. Es resistente a la sequía, la quema y al pisoteo, crece bien en suelos pobres y con pH de ácido a neutro, precipitaciones entre 700 y 3000 mm y en topografía desde plana hasta pendiente fuertes.

### **Uso**

Pastoreo



Figura 18: pasto Jaraguá

## **16. PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DE PASTOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA**

Dentro del análisis realizado a la factibilidad de utilización de pastos para la generación de energía eléctrica como cultivos energéticos pretendemos que no se compita con la alimentación animal actual ya que no se puede disminuir la producción de pasto para la alimentación del ganado si se quiere utilizar para la quema y generar energía eléctrica.

Se propone no utilización de áreas agrícolas existentes para la siembra del pasto ya que el pasto que más se adecúa a la necesidad planteada es el pasto elefante ya que no requiere de suelos fértiles para su crecimiento, por ello se utilizarían

terrenos que no sean altamente fértiles. En estos terrenos que no son fértiles la población no siembra ya que son terrenos no cultivables.

Debido a que el cultivo energético de pasto se utilizaría para la combustión en las calderas, la producción se esperaría que fuese bastante voluminosa y que esté disponible todo el año. Se propone el pasto de corte elefante ya que es el pasto que tiene más altura en un tiempo de 45 a 50 días para realizar cortes de pasto.

En lugares excelentes con suelos fértiles el pasto elefante tendría una producción de 12 toneladas por manzana en un solo corte y los tiempos de corte serían cada 45 días. En lugares no muy fértiles se reduce a 4 o 5 toneladas por manzana y el tiempo de corta se prolonga a unos 90 días. A menos que se fertilice la tierra más frecuente y exista un riego continuo en épocas seca podría producir mucho más

Por lo general las pacas de pasto para el forraje de animales son de 30 libras ya que los pastos que se les da al ganado no crece tanto como el pasto elefante por eso para formar las pacas tienen que ser de 60 libras.

Cada corte de pasto se tiene que regar el pasto o fertilizarlo, ya sea con fertilización química o incorporación de materia orgánica en este último juegan un papel muy importante los estiércoles de todas las especies ganaderas como son los bovinos, los caprinos, los cerdos.

Con la siembra de 5 manzanas de pasto de corte en suelo no muy fértil estaría haciendo el corte de 25 toneladas de pasto en verde en pacas. Cuando se realiza el corte las propiedades del pasto son las siguientes, el 80% es agua y el 20% es de pasto, al secarse el pasto quedaría solo el 20% del peso total del pasto cortado

El pasto que tiene más fibra es el *Pennisetium purpureum* o comúnmente conocido como pasto elefante, este pasto tiene más fibra y la caña más dura. El corte del pasto de elefante se puede realizar cada 45 o 50 días.

El pasto de cualquier tipo o especie con el tiempo se van reduciendo los volúmenes de producción es recomendable que si no se tiene una fertilización del pasto se resiembra cada 2 años ya que la producción se va reduciendo de un 15 a 20% a los 2 años.



Si en una plantación de pasto se está fertilizando cada corte o cada 2 cortes lo recomendable es realizar una resiembra cada 3 años. La frecuencia de fertilización del pasto dependerá de cuanto volumen se quiera producir, si la producción se quiere súper intensiva, intensiva o de forma tradicional dependerá de la frecuencia de fertilización. La producción de forma tradicional es cuando no se aplica fertilizante al pasto y solo se corta cada 45 o 50 días.

En altas densidades de pasto de corte existe humedad en la base de las plantas y eso podría presentar una plaga que se llama anaeolamia postica y en invierno es donde más se presenta porque la humedad se acumula debido a esto se desarrolla la plaga. La plaga no le afecta en el rendimiento del pasto de corte, cuando el pasto es para alimentación de animales la plaga afecta a los animales pero si el pasto de corte se utiliza para quemar en calderas no afecta la plaga.

El rendimiento o producción de pasto depende de la mecanización de la tierra para sembrar el pasto de corte. Es la preparación del suelo para la siembra del pasto luego sería la fertilización de la tierra y el pasto por ser de alta densidad no es afectado por maleza, no deja que la maleza se crie en el terreno.

Al mantener en control correcto del pasto se tiene una producción permanente en la cual podría estarse quemando en caldera para la generación de energía eléctrica, y se puede tener una producción de energía eléctrica controlada ya que durante todo el año estaría teniendo producción de pasto

El fertilizante que se le puede aplicar al pasto es el siguiente.

### **17. Fertilizante 20-20-0**

Los fertilizantes son productos químicos que contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza y por tanto no son obtenidos por el hombre. Estos nutrientes son exactamente los mismos que los incluidos en los abonos

**Aplicación del fertilizante:**

La fertilización consiste en aplicar fertilizantes o elementos nutritivos que necesita la planta, incorporados de forma directa al suelo, o también disueltos en el agua de riego, como por ejemplo las aplicaciones a través de un sistema de riego por goteo. El fertilizante 20-20-0 se aplica en el fondo del surco al momento de la siembra.

**Beneficios:**

Económico: Incremento de los rendimientos en los cultivos que se aplica, ya que se suple de este elemento.

**18. BAMBÚ**

Bambusoideae es el nombre de una subfamilia de plantas que pertenecen a la familia de las gramíneas o poaceae, una de las familias botánicas más extensas e importantes para el hombre. Su nombre común es bambú.

**Descripción**

Los bambúes pueden ser plantas pequeñas de menos de 1 m de largo y con los tallos (culmos) de medio centímetro de diámetro, aunque también los hay gigantes: de unos 25 m de alto y 30 cm de diámetro. Además, aunque los verdaderos bambúes siempre tienen sus tallos leñosos, esto no ocurre en algunas especies. Presentan dos tipos de hojas: a) de las ramas, que son verdes y pseudopetioladas y b) del tallo que son cafés, basales y coriáceas.

Dado que su estructura genética corresponde a la de una hierba o pasto, es que puede crecer hasta 12 metros en 4 años y (según la especie y la etapa) y hasta casi 1 metro al día.

## **Adaptación**

Abarca una variedad de climas, desde zonas frías de montañas y zonas cálidas tropicales. Algunas de sus especies están entre las plantas de más rápido crecimiento en el mundo

## **Uso**

El bambú en áreas tan diversas como la construcción, instrumentos musicales, la confección de tela y papel y biomasa.

## **19. PRODUCCIÓN A PARTIR DE PULPA Y CASCARILLA DE CAFÉ EN EL SALVADOR**

### **19.1 Producción de pellets a partir de pulpa y cascarilla de café en el Salvador**

Los pellets se crean con las dimensiones de 3 y 5 mm de diámetro. La pulpa húmeda se somete a un proceso de secado al sol, durante cinco días, obteniendo resultados de humedad menor del 4%, por ello al momento de realizar las pruebas de patelizado se añade agua a la mezcla hasta alcanzar una humedad la que oscila entre el 12 y 15%. Esta humedad es la mejor en el proceso para fabricar pellets.

El poder calorífico determinado en una bomba colorimétrica adiabática, marca tipo crm. Los resultados son expresados como valores de poder calorífico inferior, para la pulpa de café es de 4,090.91 kcal/kg y para cascarilla 2,328.77 kcal/kg. En promedio el valor de PCI para los pellets fabricados de la mezcla de ambos subproductos fue de 4,367.85 kcal/kg.

Según Giraldo G.A y otros autores de pellets deben presentar valores caloríficos arriba de los 4,000.00 kcal/kg, lo cual se supera con los obtenidos de la mezcla de pulpa y cascarilla de café. Por otro lado también estos valores son comparables con

los de la leña, según lo reportado, entre estas el pepeto con 4,466 kcal/kg y briquetas fabricadas a partir de este material tienen valores de 2,974.42 kcal/kg.

	HUMEDAD (%)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>
<b>PULPA FRESCA</b>	73.93%	
<b>PULPA SECADA AL SOL</b>	27.07%	460.13
<b>PELLETS DE PULPA HUMEDA ENTERA</b>	37.26%	980.82
<b>PELLETS DE PULPA SECA MOLIDA</b>	10.14%	1,267.00
<b>CASCARILLA DE CAFÉ</b>	7.05%	203.1

Cuadro 8: Las características de la pulpa y cascarillas de café

La caracterización de los granos de café variedad bourbon, se realizaron en húmedo y seco obteniendo los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

COMPONENTE DEL GRANO	HUMEDO (%)	% BIOMASA (HUMEDO)	SECO (%)	% BIOMASA (SECO)
<b>PULPA</b>	41.13	41.13	29.5	29.5
<b>GRANO PERGAMINO</b>	58.87			
<b>MUCILAGO MAS AZUCARES</b>	13.17	13.17	3.5	3.5
<b>GRANO MAS CASCARILLA</b>	45.7			
<b>GRANO ORO</b>	36.8		55	
<b>CASCARILLA</b>	8.9	8.9	12	12
<b>RESIDUOS DE BIOMASA</b>	1	63.2		45

Cuadro 9: Caracterización del grano de café en los diferentes componentes, en húmedo y seco.

## **20. CULTIVO DE MAÍZ**

Lo que es del cultivo de maíz la mayoría de la materia sobrante de la cosecha se está utilizando para la alimentación de la ganadería.

Tuza:

La tuza del de la mazorca se la dan al ganado como alimentación aunque la tuza no es considerada un alimento de llenura pero está considerado dentro del 20% de la alimentación para los animales.

Olote:

El olote en muchos lugares donde se cosecha maíz lo desecha y en otros lugares lo queman en sustituto de leña para la cocción de alimentos. Cuando en el lugar de cosecha tienen ganado, el olote se lo dan a los animales como alimentación pero la mayoría de veces los animales consumen poca cantidad de olotes en comparación de la tuza siendo así como el olote es desperdiciado. Los ganaderos le dan tratamiento al olote lo que consiste en triturarlo, le agregan sal y hacerlo concentrado.

Mata de maíz

Luego de la cosecha del maíz se puede aprovechar la mata ya en estado seco ya que no es utilizada como los otros desechos del maíz, utilizando la mata de maíz no se estaría compitiendo con la alimentación de animales

## **21. GENERALIDADES DEL COCO**

El cocotero es originario del Asia, el mercado más interesante tanto en Asia, como en Europa y Norteamérica es el del agua de coco envasada; de gran aceptación y mayor demanda cada año.

El agua de coco no debe ser confundida con la leche de coco, ya que la leche de coco se obtiene exprimiendo la pulpa y el agua de coco se encuentra por naturaleza en su cavidad interior.



Figura 19: Zonas de cultivo de coco en el mundo.

Propio de las islas de clima tropical y subtropical del océano Pacífico, su cultivo se ha extendido por Centroamérica, el Caribe y África Tropical de donde se ha extendido a todo el mundo. La forma de diseminación por el mundo es todavía incierta, sin embargo, las teorías asociadas a su distribución en zonas pobladas por el hombre son las más aceptadas.

## 21.1 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El cocotero (*Cocos nucífera* L.) se clasifica botánicamente como:

- ✓ Clase: Monocotyledoneae.
- ✓ Orden: Palmales.
- ✓ Familia: Palmae
- ✓ Subfamilia: Cocovsideae
- ✓ Género: *Cocos*
- ✓ Especie: *nucífera*.

**Raíz:** El sistema radicular del cocotero es fasciculado. Las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta y de la absorción de agua. Las terciarias (que se derivan de las secundarias) son las verdaderas extractoras de nutrientes. Las raíces activas se localizan en un radio de 2 metros del tronco, a una profundidad entre los 0.2 a 0.8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva del suelo y de la profundidad del nivel freático.

**TALLO:** El tronco del cocotero es un espite no ramificado. En su extremo superior o ápice presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta. La inflorescencia es la única ramificación del tallo.

En ocasiones se presentan anomalías como las ramificaciones múltiples. Debido a que el tronco no posee tejido meristemático no engruesa, sin embargo, las variaciones en la disponibilidad de agua inducen cambios en el diámetro del tronco. El crecimiento en altura, depende de las condiciones ecológicas y de la edad de la planta. También varía entre los diferentes tipos de cocoteros.

**HOJAS:** La hoja del cocotero es de tipo pinnada y está formada por un pecíolo que casi circunda el tronco, continua un ráquis del cual se desprenden de 200 a 300 folíolos. El largo de la hoja puede alcanzar los 6 metros y es menor al aumentar la edad de la planta.

En condiciones ambientales favorables una planta adulta de cocotero gigante emite de 12 a 14 hojas por año, en cambio el enano puede emitir hasta 18 hojas en el mismo período. La copa presenta de 25 a 30 hojas.

**INFLORESCENCIA:** Posee inflorescencias paniculadas, axilares, protegidas por una bráctea llamada espada. La espada se desarrolla en 3 o 4 meses, después se abre y libera las espigas. Cada espiga posee flores masculinas en los dos tercios terminales y femeninas en el tercio basal.

En los cocoteros gigantes las flores masculinas se abren antes que las femeninas estén receptivas, induciendo así la polinización cruzada. En el caso de los enanos la apertura es simultánea, por tanto hay un porcentaje alto de autofecundación.

**FRUTO:** El fruto es una drupa, formado por una epidermis lisa, un mesocarpo espeso (también conocido como estopa) del cual se extrae fibra. Más al interior se

encuentra el endocarpo que es una capa fina y dura de color marrón llamada hueso o concha, envuelto por él se encuentra el albúmen sólido o copra que forma una cavidad grande donde se aloja el albúmen líquido, también conocido como agua de coco. El embrión se encuentra próximo a dos orificios del endocarpo, envuelto por el albúmen sólido.



Figura 20. Partes del fruto. Coco

## 21.2 REQUERIMIENTOS DE SUELO Y CLIMA

**TEMPERATURA:** El cocotero requiere clima cálido, sin grandes variaciones de temperatura. Una temperatura media diaria en torno a los 27 °C con variaciones de 5 a 7 °C.

**HUMEDAD RELATIVA:** Por la distribución geográfica del cocotero, se puede concluir que los climas cálidos y húmedos son los más favorables para su cultivo. Una humedad atmosférica baja o excesiva es perjudicial al cocotero. Se reporta que menos del 60% de humedad relativa es nociva para la planta (Guía técnica del



cultivo de coco. Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA).

Cuando el nivel freático es poco profundo (1 a 3 m) o cuando se garantiza el riego, aumenta la transpiración foliar, provocada por baja humedad atmosférica, induciendo un aumento en la absorción de agua y de nutrientes por las raíces.

**PRECIPITACIÓN:** El régimen de precipitación pluvial ideal se caracteriza por una lluvia anual promedio de 1500 mm, con precipitación mensual mayor a 130 mm. Reportes sobre el déficit hídrico, señalan que períodos de tres meses con menos de 50 mm son perjudiciales al cultivo.

**INTENSIDAD LUMÍNICA:** El cocotero es una planta heliofílica, por tanto no admite sombra miento. Una insolación de 2,000 horas anuales con un mínimo de 120 horas mensuales, es considerada ideal para el cultivo.

**VIENTOS:** Los vientos suaves o moderados favorecen el cultivo, sin embargo, los vientos fuertes en períodos de sequía aumentan las condiciones de sequedad del suelo y la transpiración de la planta, generando un déficit hídrico perjudicial para la planta. Las condiciones de vientos huracanados son limitantes, principalmente para los cocoteros del tipo enano, pues poseen menor resistencia en su tronco y raíces.

**SUELOS:** Los suelos aptos para el cultivo del cocotero son aquellos con texturas livianas (de francos a arenosos), aluviales, profundos (más de 1 metro), con una capa freática superficial de 1 a 2 metros de profundidad. Los suelos de la planicie costera presentan estas características.

Cuando se maneja la humedad del suelo con riego, el cultivo puede realizarse en suelos arcillosos y limosos.

El cocotero se adapta bien a los suelos donde la capa freática es salina. Debido a la gran demanda de cloro de la planta, la existencia de agua salobre es hasta beneficiosa, por ello es uno de los pocos cultivos que puede verse en las playas o en su cercanía.

**ALTITUD:** El rango óptimo de elevación en que se desarrolla el cocotero está entre los 0 a 400 msnm.

### **21.3 USOS DEL COCOTERO.**

Existen aproximadamente 360 usos domésticos. Un dicho de Sri Lanka dice: «el coco puede ser usado de 99 maneras, pero con toda seguridad se encontrará una centena». Algunos usos son:

**Madera de coco:** Se usa para la construcción de casas, puentes y granjas. La corteza exterior es dura y es muy útil para la fabricación de muebles. Para mejorar su calidad se deja un mes en agua salada.

**El palmito:** Es la yema terminal del cocotero y se consume crudo o cocido. Contiene 3% de almidón y 5% de azúcar.

**Las raíces:** Tienen propiedades antidiarreicas.

**Las palmas:** Son usadas para techos, canastas, sombreros, alfombras, etc.

**El agua de coco:** Se consume como bebida rehidratante. Ha sido usado como sustituto de sueros, posee un alto valor nutritivo.

**La nuez:** Es su principal producto. La diversidad de usos es grande dentro de ellos están:

**Aceite:** Usado en alimentos, cosmetología, combustibles y lubricantes.

**Harina de coco:** Es un subproducto de la extracción de aceite y se usa como alimento para ganado.

**Copra:** Es la carne blanca del coco, se usa como materia prima para la extracción de aceite. También tiene otros usos como coco rallado, deshidratado, conservas, y otros.

#### **21.4 TIPOS DE COCOTEROS.**

Los tipos de cocoteros se clasifican en gigantes, enanos e híbridos y, dentro de cada grupo, existe un gran número de variedades que a continuación se detallan:

##### **COCOTEROS GIGANTES**

Se emplean para la producción de aceite y los frutos para consumo. Su contenido de agua es elevado y su sabor poco dulce. Entre sus ventajas destacan el tamaño del fruto y el contenido elevado de copra. Las variedades gigantes más cultivadas son: Gigante de Malasia (GML), Gigante de Renell (GRL) de Tahití, Gigante del Oeste Africano (GOA) de Costa de Marfil, Alto de Jamaica, Alto de Panamá, Indio

de Ceilán, Java Alta, Laguna, Alto de Sudán, etc. La producción de Coco se da entre los 6 a 9 años, con unos 60 a 80 frutos por planta por año.



Figura 21: Cocotero gigante

### **COCOTEROS ENANOS**

Las variedades más cultivadas son Amarillo de Malasia (AAM), Verde de Brasil (AVEB) de Río Grande del Norte, Naranja Enana de la India.

Debido al buen sabor del agua y el pequeño tamaño de estos cocos, se emplean fundamentalmente para la producción de bebidas envasadas.

La copra es de mala calidad. Su producción es a los 3 años, permitiendo una cosecha de 120 a 150 frutos por planta por año.



Figura 22: Cocotero enano

## **COCOTEROS HÍBRIDOS:**

Producto del cruce entre las anteriores variedades. Son frutos de tamaño mediano o grande, buen sabor y buen rendimiento de copra. El híbrido más cultivado es MAPAN VIC 14; un cruce entre Enano de Malasia y Alto de Panamá y Colombia.

Su producción es a los cuatro años, con unos 120 a 140 frutos por planta al año.



Figura 23: Cocotero Híbrido.

## **22. CARACTERÍSTICAS DE LOS COCOS**

Su forma es ligeramente redondeada, presenta una cáscara externa, correosa o fibrosa, de 4 ó 5 centímetros de espesor, algunos con pelos o fibras fuertemente adheridas a la nuez. Le sigue una capa intermedia y fina y otra más dura que dispone de tres orificios próximos entre sí, con una disposición triangular y situados en el ápice.

Uno de dichos orificios es vulnerable a la presión, lugar por donde puede derramarse el agua de coco antes de romper la cáscara y es donde se encuentra la semilla, aunque en realidad la semilla es toda la nuez.



Figura 24: Características de Coco.

**La pulpa:** Contiene en su cavidad central el agua de coco, un líquido azucarado que se encuentra en una cantidad aproximada de 300 mililitros, encerrada en el interior.

**Tamaño y peso:** Es una drupa cubierta de fibras de 20-30 centímetros y puede llegar a pesar hasta 2,5 kilogramos.

**Color:** La cáscara externa es verde, amarilla o anaranjada y la pulpa es la parte comestible y de color blanco.

**Sabor:** Intenso y muy agradable; todo dependiendo de la especie de cocotero.

La cosecha del coco varía según el producto a obtener, sobre todo de enero a julio, ya que la cosecha se ve reducida por ser temporada seca. Si se comercializa como fruta fresca o se destina a la industria con fines de envasar agua, la cosecha se efectúa cuando el coco tiene entre 5 y 7 meses, para cualquiera de los tipos. En esta época el contenido de azúcar y agua es muy elevado y el sabor es más intenso.

De todas formas, es coco seco o coco maduro tiene una capacidad de gran duración mayor sin necesidad de ningún tipo de refrigeración, a diferencia de los cocos frescos, que duran varios días (o un mes), antes de madurarse (o hacerse secos).



Figura 25: Gráfico de Estacionalidad de Producción de Coco.

Fuente: Boletín 2000, MAG – IICA

Si se destina a la producción de coco rallado, deshidratado o copra para la extracción de aceite, la cosecha se realiza cuando los cocos caen al suelo o cuando uno de los cocos de un racimo está seco. El coco rallado es utilizado como cobertor o ingrediente para pasteles o tortas. Estos cocos secos permanecen en la planta durante 12 meses.

### 23. ÁREA CULTIVADA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El Salvador cuenta con 5,616 mz. De tierra cultivada, de cocoteros. El cultivo de cocotero se distribuye en la planicie costera. Las plantaciones de mayor extensión son las del tipo Alto del Pacífico, estas se pueden encontrar principalmente en las islas de la bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután y en la planicie costera de Sonsonate. Extensiones de menor tamaño se reportan en los departamentos de San Vicente, La Paz y La Libertad. La extensión aproximada de coco tipo Alto asciende a los 8000 Mz.

Las plantaciones de cocotero enano Malasino se encuentran principalmente en los departamentos de Usulután y San Vicente. Aunque pueden observarse

plantaciones de poca extensión en los departamentos de La Paz y La Libertad, entre otros.

Las zonas con potencial para la siembra del cocotero en El Salvador se localizan en la planicie costera y valles interiores como el caso del embalse del Cerrón Grande.

En El Salvador la producción de coco es usada en su mayoría para la extracción de aceite. Tradicionalmente el agua de coco es una bebida con mucha aceptación y el mercado consume cantidades mayores cada año, tanto que anualmente se importan más de un millón de cocos.

Siendo Usulután el principal departamento con mayor extensión de tierra cultivada, tal como lo muestra siguiente gráfica.

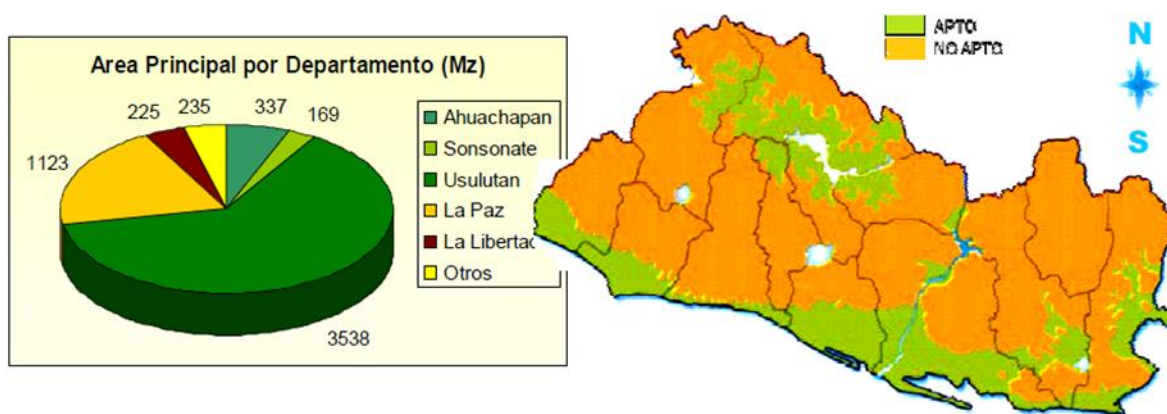


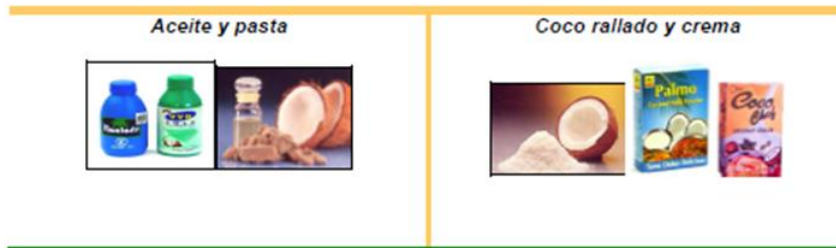
Figura 26: Gráfico de Área principal de cultivo de cocoteros por Departamento.  
Fuente: Boletín de Mercado: Oferta Frutícola de El Salvador, 2004, MAG – IICA

El departamento de Usulután siendo el de mayor extensión de tierra cultivada precisamente por contar con la isla Espíritu Santo, la cual pertenece al municipio El Triunfo, en dicha isla tiene una extensión de 1608.16 manzanas (1124.29 hectáreas) de las cuales 1371.16 manzanas (958.87 hectáreas) son de cocotero, que son cosechados para la producción de aceite y harina, actividad desarrollada por la Asociación Cooperativa de Productores Agropecuarios El Jobal de R.L,





Derivados de la Copra:



Derivados del Agua:



Derivados del Hueso:

Derivados de la Fibra:



Figura 28: Productos y subproductos elaborados a partir del coco

## 25. LOS DESECHOS DE PODA DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En El Salvador las empresas distribuidoras de energía eléctrica realizan la poda forestal en cuanto a la fecha de ejecución de ésta. Se hace por zonas y en base a una programación, La programación depende del desempeño y la importancia de la línea.

El residuo de la poda se entrega en sitios que la procesan o se llevan a un lugar donde se hace compostaje.

Las ramas que se pueden usar como leña para combustión se lo lleva la gente del lugar

En ningún caso las distribuidoras se quedan con las ramas. Éstas se las quedan personas del lugar más que todo lugares rurales la utilizan como leña .La leña es madera en estado bruto como ramas, ramillas, troncos, astillas y serrín que se utilizan en la generación de energía calorífica. Es empleada, por su alto poder calorífico, para hacer fuego en estufas, chimeneas o cocinas y es una de las formas más simple de biomasa usada mayormente para calefacción y cocinar.

En el cuadro siguiente, se presenta el poder calorífico de algunas especies de uso convencional en El Salvador.

<b>Combustible</b>	<b>Calor de Combustión (GJ/TM)</b>
<b>Madera</b>	10.57
<b>Leña de café</b>	17.3
<b>Leña de manzano</b>	16.63
<b>Leña de ciprés</b>	18.17
<b>Leña de pepeto</b>	16.84
<b>Leña de madrecaao</b>	15.96

Cuadro 11: Poder Calorífico de tipo de leña

Hay dos sectores que utilizan leña el sector doméstico y el sector comercial.

## **26. SECTOR DOMÉSTICO.**

En el salvador muchas familias utilizan leña u otras formas de biomasa para cocinar, particularmente en zonas rurales. Sus fuentes son los árboles alrededor de las viviendas, los campos agrícolas, los bosques y podas forestales de empresas distribuidoras de energía. Además, en algunos lugares existe un mercado comercial, aunque informal, de leña, que constituye una fuente importante de ingresos para familias rurales.

Las estufas usadas para la cocción pueden ser fijas o portátiles y, a veces, tienen una chimenea. Algunas familias hacen su propia estufa de materiales locales; otras buscan el servicio de un artesano, o la compran en el mercado. Generalmente, estas son simples y son de baja eficiencia. Además, emiten cantidades considerables de gases tóxicos que tienen un impacto en la salud del núcleo familiar.

Los procesos domésticos han sido muy ineficientes, pues han presentado pérdidas normales de energía entre 30% y 90% de la energía. Aunque los usuarios tratan de mejorar las estufas, por lo general carecen de los recursos financieros y técnicos para hacerlo considerablemente.

La baja calidad de estos aparatos produce emisiones de gases tóxicos como monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>) y otros productos de la combustión incompleta. Estos causan problemas de salud como dolores de cabeza, enfermedades respiratorias, afectan los ojos de las mujeres embarazadas, etc. Las más afectadas son las mujeres y los niños, los cuales están expuestos a los gases durante varias horas al día. Frecuentemente, los usuarios no son conscientes de ello y de la necesidad de buena ventilación; tampoco relacionan el humo como una causa de sus problemas de salud.

## **Estufas mejoradas.**

Estimulado por la preocupación de la deforestación y con el fin de reducir el consumo de la leña, se han desarrollado varios programas de estufas mejoradas. Generalmente, estos programas se enfocaron en la eficiencia de las estufas. Frecuentemente, las estufas mejoradas fueron desarrolladas en laboratorios, sin en tomar en cuenta las costumbres locales y aspectos de género. Consecuentemente, algunos de estos programas no han tenido mayor impacto en el consumo total de la leña, y han disminuido el interés en esta tecnología. Sin embargo, las estufas mejoradas pueden brindar otros beneficios además de la disminución del consumo de leña, como por ejemplo, conveniencia, reducción del humo, ahorro de tiempo, salud y seguridad, beneficiando particularmente a las mujeres.



Figura 29: Fogón mejorado en vivienda rural.

## **27. SECTOR COMERCIAL.**

Muchos restaurantes y pequeños negocios, sobre todo en áreas rurales, utilizan leña para aplicaciones similares a las domésticas, por ejemplo, para preparación de comidas y panaderías. Los equipos, generalmente, son de mayor calidad que las estufas domésticas; sin embargo, aún se pueden mejorar.

Por lo común, no hay información disponible sobre las cantidades de biomasa consumida por el sector comercial, pues muchos negocios operan de manera informal. Se puede decir que, en comparación con el sector doméstico e industrial,

el consumo es mucho menor; sin embargo, la biomasa es una fuente importante para este sector.

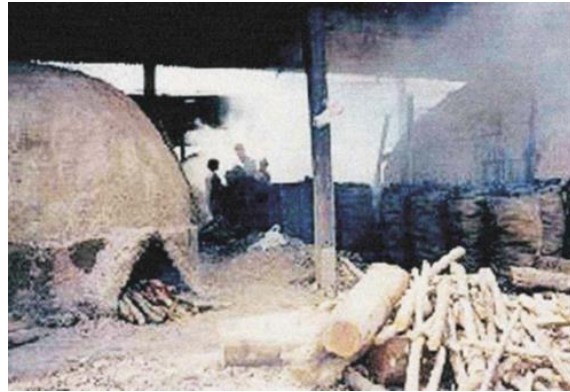


Figura 30 Horno tradicional de cal.

## **28 VALOR CALORÍFICO DE LA LEÑA.**

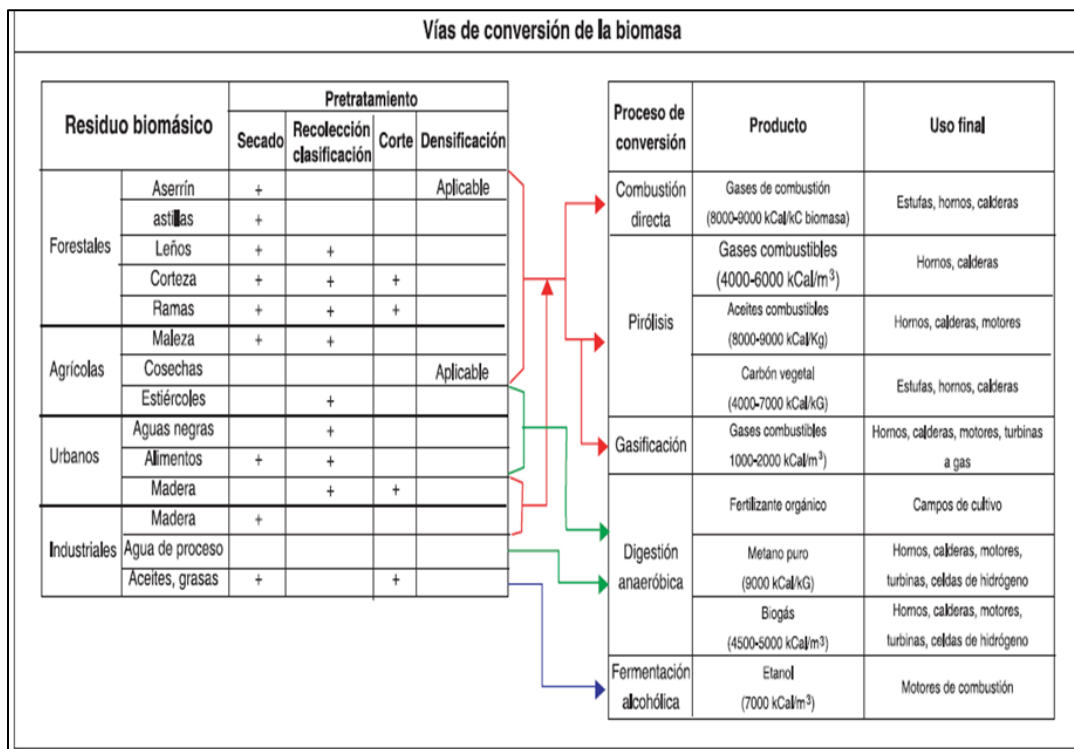
Todas las formas de biomasa tienen un valor calorífico, el cual se expresa como la cantidad de energía por unidad física; por ejemplo, joule por kilogramo. Esta es la energía que se libera en forma de calor cuando la biomasa se quema completamente.

El poder calorífico se puede anotar de dos formas diferentes: poder calorífico bruto y poder calorífico neto. El poder calorífico bruto se define como la cantidad total de energía que se liberaría vía combustión, dividido por el peso. El neto es la cantidad de energía disponible después de la evaporación del agua en la biomasa; es decir, es la cantidad de energía realmente aprovechable, y siempre es menor que el poder calorífico bruto.

Para madera completamente seca, la cantidad de energía por unidad de peso es más o menos igual para todas las especies, con un promedio de poder calorífico bruto de 20 MJ/kg para madera de tronco. Los valores pueden variar ligeramente de este promedio, según el contenido de ceniza: para ramas pequeñas, tienden a ser más bajos y más variables. Sin embargo, en la práctica, la humedad relativa es el factor más importante que determina el valor calorífico.

Tipo de Biomasa	Valor calorífico bruto (MJ/kg)
<b>Madera</b>	
Astilla de madera	20.89
Corteza de pino	20.95
Desechos industriales de madera	19.00
<b>Sub-productos agrícolas</b>	
Paja de trigo	18.94
Caña	18.06
Bagazo	18.09
Cáscara de coco	18.60
Olote de maíz	17.72
Paga de arroz	15.61
Cascarilla de arroz	15.58
Aserrín	19.34

Cuadro 12. Poder calórico de algunas formas de biomasa.



Cuadro 13. Vías de transformación de la biomasa en energía.

## **29. BASURA ORGÁNICA RECOLECTADA DE LOS PARQUES NACIONALES Y COLONIAS.**

El aprovechamiento de los residuos de parques reduce el volumen de los rellenos sanitarios y la generación del gas metano. La mayor parte de los residuos son orgánicos; provenientes de la poda de los jardines o arbustos. Ramas, paja, restos de plantas. Muchos de ellos se quedan en el campo y no se pueden considerar residuos porque contribuyen de forma muy eficaz a mantener los nutrientes del suelo.

Los residuos sólidos son recolectados por la municipalidad correspondiente, siendo ubicados adecuadamente en los recipientes autorizados en esta ordenanza o acomodados de forma tal que puedan ser manipulados fácilmente para su recolección y su transformación en compostaje para abono natural de las plantas del mismo parque

**Compostaje:** proceso de manejo de desechos sólidos por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.

Ecuación General de Compostaje.

Materia biodegradable + O<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O => Compost (Humus) + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + Calor

## **30. METANO.**

El metano es un material compuesto y el más sencillo de los hidrocarburos, pues se encuentra constituido por átomos de hidrogeno como de carbono, que lo constituyen en el más sencillo de las moléculas alcanas es decir solo se componen por dos diferentes tipos de átomos siendo el menos complejo de todos los que conforman este grupo en el que se encuentran los siguientes moléculas:




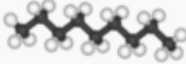
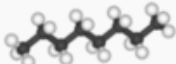
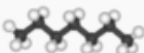
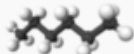




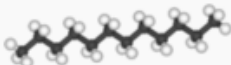
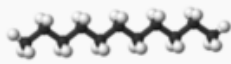
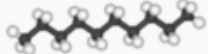
C	Nombre	Fórmula	Modelo
1	Metano	CH <sub>4</sub>	
9	<i>n</i> -Nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	
8	<i>n</i> -Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	
7	<i>n</i> -Heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	
6	<i>n</i> -Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	
5	<i>n</i> -Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
4	<i>n</i> -Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
3	Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
2	Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	
12	<i>n</i> -Dodecano	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	
11	<i>n</i> -Undecano	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	
10	<i>n</i> -Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	

Figura 19: Elemento Alcanos pertenecientes al grupo de los Hidrocarburos.

Al observar el listado de las moléculas Alcanos se puede apreciar que al ser la molécula más sencilla resulta más fácil su obtención pues esta molécula (Metano) es un compuesto inodoro, incoloro e insoluble en agua que se produce como producto de putrefacción anaeróbica de los compuestos orgánicos, este proceso se genera de la aparición de microorganismos que bajo la ausencia de oxígeno utilizan el CO<sub>2</sub> para poder generar los procesos de descomposición, lo que genera como producto final la molécula de CH<sub>4</sub> que es altamente volátil y que puede ser aprovechado para generar explosiones controladas que generen el movimiento

de partes mecánicas, que a su vez generen movimiento, que también puedan ser transformadas en otro tipo de energía, pues la combustión de este elemento genera cantidades considerables de energía que pueden ser transformadas cumpliendo el principio de conservación de la Energía en el que se dice que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

### **31. BIOGÁS.**

La fermentación de material orgánico como lo pueden ser excrementos de animales como de seres humano, como los residuos orgánicos, así también aguas residuales en un ambiente de régimen anaeróbico genera una molécula de Hidrocarburo llamada Metano ( $\text{CH}_4$ ), dentro de esta fermentación se encuentra esta molécula como parte del compuesto final, pero esto no quiere decir que de esta fermentación se produce un 100% Metano sino que este se encuentra presente dentro de este proceso en un volumen que puede variar del 50% al 70% del volumen total esto dependerá de la naturaleza de los materiales utilizados para este proceso, como la temperatura y tiempo de fermentación.

Como se mencionaba anteriormente el gas natural producto de la fermentación de materiales orgánicos puede estar constituido en un 50% a un 70% de su volumen total es decir que el restante 50% o 30% se encuentra constituido por otros compuestos que se mencionaran, pero que no se podrá especificar los porcentajes exactos de estos pues todo dependerá de los aspectos que anteriormente se mencionaban, participan y determinan el volumen de metano presente en el compuesto final, pero que si se pueden mencionar y que resultan básicos para poder comprender el proceso de combustión de este gas y que ayudan a poder dimensionar el poder energético de dicho compuesto.

El gas natural también se compone de  $\text{H}_2$  (Hidrogeno), de  $(\text{N}_2)$  Nitrógeno,  $(\text{O}_2)$  oxígeno, así como también en  $(\text{H}_2\text{S})$  Sulfuro de Hidrógeno.

### **32. PROCESO DE COMBUSTIÓN.**

Dentro de este proceso se cree que al entrar en la fase de combustión el metano presente en el biogás se combina con el oxígeno circundante para poder pasar a la siguiente reacción química  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$  que a su vez genera el formaldehído ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) esto permite que el compuesto se termine transformando en  $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  que genera a su vez la pirolisis oxidada o en otras palabras el proceso irreversible de desprendimiento de energía en forma de calor, este primer proceso dura aproximadamente 1 milisegundo, pero luego de esto las moléculas se siguen transformando hasta que se genera CO (monóxido de carbono) que a su vez se oxida generando  $\text{CO}_2$  (Dióxido de Carbono) que a su vez genera una combustión menos violenta que el primer proceso pero más duradera, que puede llegar a unos cuantos milisegundos es decir todo el proceso de combustión conlleva dos periodos de tiempo distintos de los que se puede decir:

01. Periodo A proceso Violento que dura 1 milisegundo

02. Periodo B proceso menos violento pero más largo (5-12 milisegundos)

Con estos valores se puede determinar en base al volumen específico y a la concentración de Metano ( $\text{CH}_4$ ) en el Biogás el tiempo que la combustión durara, en el caso que el periodo B durara aproximadamente 9 milisegundos, esto significaría que el periodo total de combustión por molécula de  $\text{CH}_4$  duraría 10 milisegundos, lo que también significa que se necesitaría 100 moléculas de  $\text{CH}_4$  para poder generar un proceso de combustión que dure 1 segundo.

### **33. DESPRENDIMIENTO DE ENERGÍA.**

Como ya se mencionaba anteriormente el poder energético del biogás sometido a combustión puede generar una gran cantidad de energía que a su vez puede ser transformada en otro tipo de energía, como lo puede ser la generación de energía eléctrica, según estudios realizados por El Consejo Mundial de Energía la capacidad de desprendimiento de energía del biogás puede variar de  $18.8 \text{ MJ/m}^3$  a  $23.4 \text{ MJ/m}^3$

esto como es de saber dependerá de la composición de metano con el que se encuentre el biogás.

#### **34. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS.**

Los métodos de obtención caseros de biogás se hacen a través utilizar o de combinar los estiércoles de ganados ovinos, porcinos, de caballos o de aves, combinándolos con agua (H<sub>2</sub>O) para generar un líquido que es introducido en un recipiente que se encuentra su parte superior bajo el nivel de la tierra y es aquí donde el proceso micro orgánico producido por la digestión anaeróbica producen este producto final que puede ser liberado por medio de una válvula para evitar su salida del biodigestor

#### **35 TIEMPO DE GENERACIÓN.**

La temperatura ambiente en que va a trabajar el biodigestor indica el tiempo de retención necesario para que las bacterias puedan digerir la materia. En ambientes de 30 °C se requieren unos 10 días, a 20 °C unos 25 °C y en altiplano, con invernadero, la temperatura de trabajo es de unos 10 °C de media, y se requieren 55 días de tiempo de retención. Es por esto que para una misma cantidad de materia prima entrante se requiere un volumen cinco veces mayor para la cámara hermética en el altiplano que en el trópico.

#### **36. BENEFICIOS.**

En regiones donde el acceso a combustibles fósiles para ser utilizados para cocinar o en lugares donde por la naturaleza del terreno se dificulta el acceso a energía eléctrica se puede utilizar este método para poder generar su propia energía eléctrica pues como se mencionaba en este proceso energético la energía generada se puede transformar para ser aprovechada de la manera que más se necesita.

El promedio de excremento solo en el caso del ser humano al día es de 175 gramos al día lo que representa que al mes genera 5.25 kg lo que significa que al año puede generar un total de 63 kg por persona.

Lo que significa que en una comunidad pequeña donde habiten 150 personas entre niños y adultos, se puede llegar a generar hasta 26.25 kg diarios de excremento humano, lo que significa que al mes se puede producir 787.5 kg y al año 9,450 kg o lo que es igual a 9.5 ton de excremento al año esto son involucrar los excrementos de animales y otros compuestos, estos compuestos pueden ser utilizados para poder generar el biogás que puede alimentar una zona rural entera.

Pero como es ya conocido que el biogás puede de 18.8 MJ/m<sup>3</sup> a 23.4MJ/m<sup>3</sup> y si planificamos que de estas 150 personas cada familia cuenta con 5 miembros tenemos un total de 50 familias por comunidad y si aproximamos que en la zona rural el consumo medio de las personas es de 500 W por casa tenemos lo siguiente.

Consumo por familia x número de familias = 200W/familia x 30 familias= 6 kW

1 W= 1 J/s, se tiene que las familias consumen 6 kJ/s lo que significa que con un m<sup>3</sup> de biogás se podría dar hasta 1 hora con 5 minutos de energía ininterrumpida de energía eléctrica con un m<sup>3</sup> de biogás.

Además de generarse el biogás también se genera bio fertilizantes que puede ser utilizado para poder generar un ciclo amigable con el medio ambiente, pues con este se puede fertilizar los cultivos, cultivos que el ser humano puede aprovechar para su consumo y posterior retorno al ciclo de generación.

En este momento no se especificará cuánto volumen de biogás se podría generar con toda esta cantidad de excremento debido a que esto también forma parte del estudio que se está realizando, pero se puede ver que puede resultar viable de tomar los mecanismos adecuados de recolección de desechos, almacenamiento y procesamiento.

## **37. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS.**

### **37.1 Baños públicos:**

Según un estudio realizado en el año 2010 acerca de la afluencia de las personas a los centros comerciales se determinó que el 23.3% de las personas visitan 2 veces a la semana los centros comerciales y que uno de los centros comerciales preferidos es Metrocentro con una afluencia del 16.9%, le sigue plaza mundo con un 14.7% de afluencia, este último reporto que el promedio de visitas de personas al mes fue de 1.2 millones, de lo que se puede deducir que si solo un 33.33333% de estas personas que visitaron realizaron una visita al baño para poder defecar se tiene que por cada persona se ingresó un promedio de 60g de excremento lo que significa que en el mes se tendrá un total de 24,000 kg o lo que es igual a 24 ton al mes o 288 ton al año de excremento que puede ser utilizado para poder ser procesado para generar biogás y también para evitar que estos vayan a parar a los ríos y contaminen de esta forma su caudal, esto solo es en referencia a un centro comercial, sin contar demás baños públicos que también pueden ser utilizados para recoger este desecho.

### **37.2 Baños Portátiles:**

Muchas empresas constructoras como parques nacionales recurren a este tipo de baños para poder solventar las necesidades fisiológicas de sus empleados como de quienes los visitan, este es otro método que puede ser aprovechado para recolectar la materia prima que será utilizada para la generación de biogás.

Además de esto cabe decir que las empresas de alquiler de baño se encargan de limpiar las letrinas cuando estas se encuentran rebalsando, lo que puede ser aprovechado para recolectar de una manera gratuita la materia que a futuro será transformada en bioenergía.

### **37.3 Baños Comunitarios:**

La ventaja que tiene este tipo de baño sobre los públicos y los portátiles es que el mismo agujero que sirve de colector de excrementos puede utilizarse como biodigestor, en una pequeña comunidad rural se pueden colocar estos baños comunitarios para que las personas puedan hacer uso de ellos para poder colectar la mayor cantidad de excremento y cuando este se llene se pueda utilizar como biodigestor en todo lo que se utiliza otro para seguir con el ciclo.

## **38. CLASES DE CAPACIDAD DE USO**

- **Clase I**

Son tierras con pocas limitaciones de cualquier índole que restrinjan su uso, pueden cultivarse en forma continua y sin riesgo, también tienen la facultad de ser laborables con maquinaria agrícola corriente y adecuadas para la mayoría de los cultivos intensivos propios de la zona, como también cultivos permanentes y vegetación natural, con una pendiente de 0% - 2%, esta clase posee riesgo de inundación en muchos casos.

- **Clase II**

Estas tierras tienen de una moderada a buena calidad y son aptas para la labranza intensiva con maquinaria agrícola corriente que, a causa del pobre drenaje poseen peligro de inundación y en algunos casos se puede tener el riesgo moderado de erosión, ya que poseen pendientes muy suaves de 2% - 4%, pueden o no necesitar prácticas de corrección sencillas.

- **Clase III**

Terreno moderadamente bueno con limitantes importantes en suelo, pendiente o drenaje. Suelos con limitaciones moderadas, con mayores restricciones para la elección de cultivos y generalmente con mayores medidas de conservación en

forma combinada, siendo a menudo más difíciles de aplicar las prácticas requeridas y puede ocasionar erosión leve, con pendientes de 4% - 12%.

- **Clase IV**

Son tierras de regular a buena calidad y poco aptas para la labranza intensiva, con pendiente de 12% -25%, que corren riesgo de erosión y poseen características desfavorables, puede o no necesitar de prácticas de conservación y correcciones muy intensivas, son recomendables para agricultura semi intensiva.

- **Clase V**

Suelos sin problemas de erosión, en terrenos planos, pero con otras limitaciones permanentes que limitan su uso para pastos, árboles, vida silvestre o para algunos pocos cultivos con requerimientos muy específicos. Son tierras rocosas, suelos de poca profundidad, que la mayor parte del tiempo permanecen inundados y con pendiente que oscilan entre 0% - 6%, imposibilitando la agricultura.

- **Clase VI**

Son tierras aprovechables, no aptas para cultivos intensivos a causa de la pendiente que tiene un rango de 25% - 45%, siempre y cuando el suelo tenga una profundidad efectiva mayor de 60 cm; por eso, poseen peligro muy grave de erosión, se utilizan para cultivos permanentes con el empleo de adecuadas prácticas de conservación.

- **Clase VII**

Estas son tierras de utilidad restringida, que a causa del peligro de erosión se usan únicamente para vegetación natural y no para el uso agropecuario, esto debido a las pendientes que van desde 45% - 60% y la limitada profundidad efectiva, que va de los 25 cm en adelante.

- **Clase VIII**

Estas son tierras casi sin valor agrícola actual, ni en un futuro cercano, por sus condiciones topográficas no pueden ser incorporadas a la actividad agropecuaria, pero si deben orientarse a su conservación y protección, esto porque poseen pendientes mayores del 60%



### **39. DIVISIONES O GRUPOS DE CAPACIDAD**

Los grupos de capacidad es la integración de las clases y subclases de uso de la tierra y ésta división es elaborada para el mejor entendimiento de las aptitudes agrícolas de cada una de las categorías, las cuales son:

#### **1) Tierras aptas para la agricultura intensiva**

Dentro de esta se encuentran las tierras de las clases I, II y III, estas son suelos con características favorables para mecanización, poseen buenos rendimientos en cultivos, responden muy bien a los fertilizantes y no requieren grandes obras de conservación de suelo, la erosión es mínima, tienen pendientes muy suaves del 6%.

#### **2) Tierras aptas para la agricultura semi intensiva**

Las tierras aptas para este tipo de agricultura es la clase IV y en interrelación con clase II, III y VI, estas son tierras con grandes limitaciones para la agricultura intensiva, solo se pueden cultivar en determinada época del año, pero poseen rendimientos buenos, los cultivos desarrollados en estas corren peligro de erosión ya que poseen pendientes del 15%, requieren de obras de conservación.

#### **3) Tierras aptas para la ganadería**

Dentro de estas se encuentran diferentes clases como la III, IV, V, VI, VIII y diferentes asociaciones entre estas, es necesario realizar obras de conservación ya que poseen pendientes mayores de 25%.

#### **4) Tierras aptas para cultivos permanentes**

Estas son las tierras de clase VI y diferentes interacciones con las clases IV y VII, son tierras pobres no aptas para la agricultura, son suelos pedregosos, altamente erodables debido a que poseen pendientes muy fuertes entre 12% y 60%, requieren obras de conservación de suelo.

#### **5) Tierras de vocación forestal**

Están conformadas por las clases VII y asociaciones con las clases V y VI, son tierras pobres no aptas para la agricultura, son altamente erodables debido a que poseen pendientes muy elevadas del 60 al 70%.

## **6) Tierras de protección**

Están conformadas por la clase VIII e interacciones con la clase VII, estos son suelos muy pobres no aptos para la agricultura ni ningún tipo de cultivo forestal, son altamente erodables ya que poseen pendientes mayores del 70%, se recomienda la vegetación natural.

## **7) Tierras de usos no agropecuarios ni forestales**

Estas son áreas urbanas, industriales, de infraestructuras, fuentes de agua y lavas

## **40. SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO**

Las clases de capacidad de uso están determinadas por las limitaciones del uso del suelo y están en función de los siguientes factores: clima, topografía, erosión, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, drenaje:

- a) Clima:** El clima puede presentar limitaciones principalmente de temperatura y precipitación, sin embargo, por su importancia para recomendaciones de uso más específico, se toman en cuenta las siguientes zonas altitudinales: bajas, medias y altas.
- b) Topografía:** Dentro de la topografía se toma como parámetro más determinante la pendiente: plana a casi plana, suavemente inclinada, moderadamente escarpada, muy escarpada y accidentada.
- c) Erosión:** Es el proceso de sustracción o desgaste del relieve del suelo intacto (roca madre), por acción de procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales o hielo glaciario, el viento o la acción de los seres vivos.
- d) Profundidad efectiva:** Es la profundidad a la cual pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos físicos.
- e) Textura:** Proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. Las texturas que se separan son las siguientes: Arenosa, arenosa franca, franco arenosa, franca, franco limoso, franco arcilloso, arcilloso.

**f) Pedregosidad:** Se refiere a la presencia en la superficie de piedras o afloramientos rocosos, que además de tener influencia significativa en la infiltración y crecimiento de raíces, pueden interferir las labores de labranza y limitar el uso de maquinaria agrícola.

**g) Drenaje natural:** Es una característica que depende de las condiciones del clima, posición, drenaje externo, drenaje interno y permeabilidad. El drenaje puede ser: bueno, moderadamente bueno, algo pobre, pobre, muy pobre, algo rápido, rápido y nulo.

#### **41. PRODUCCION DE PASTO ELEFANTE**

Atura del pasto: 2 a 4.5 m

Longitud máxima de hoja: 1 m

Ancho de hoja 3-5 cm

Adaptación:

Condiciones: tropicales y sub-tropicales,

Altitud: 0-2,000 msnm

Rango de altitud de buena producción: 0-1,500msnm

Temperatura: 18 a 30 °C.

Humedad relativa: 60-80 %

Resistente a sequía: Sí

Resistente a exceso de humedad: No

Uso: Es un pasto esencialmente para corte y ensilaje. Aunque también se puede utilizar como alimentación del ganado lechero.

Para la producción de pasto de corte se tiene que evaluar uno de alto rendimiento, que crezca rápido y que florezca temprano

Son 3 grupos de este tipo de pasto elefante:

- Variedad de floración temprano.
- Variedad de floración media.
- Variedad de floración tardía.

La planta cuando florece ya creció todo lo que pudo en ese periodo vegetativo de crecimiento, ya cuando florece está en el periodo reproductivo, la planta se va volviendo dura y menos digestible para los animales, ya que en nuestro caso es para uso de materia prima para la generación de energía eléctrica por biomasa se tiene que evaluar los pastos que tienen una floración tardía para una mayor producción en volumen.

#### **41.1 MÉTODOS DE SIEMBRA**

##### **I. Siembra Inclínada**

Una vez preparado el terreno y cortada la semilla en trozos que tengan por lo menos tres yemas, se entierran las estacas o trozos en forma inclinada, dejando una yema afuera y separadas 50 cm x 50 cm.

##### **2. Siembra en surcos**

Después de rastreado el terreno, es recomendable darle un pase con un rastrillon, no muy profundo (15 a 25 cm), y con una separación de 80 a 100 cm entre sí.

Luego se procede a extender los tallos en forma continua en el fondo del surco, procurando que se crucen el ápice de uno con la base del siguiente, posteriormente con un machete se cortan los tallos en trozos que contengan de 3 a 4 yemas, por último se tapa la semilla con una capa de tierra no mayor de 4 a 5 cm.

De estos dos métodos, el segundo es el más utilizado y el que da mejores resultados, el primero se recomienda en terrenos no mecanizables. Para la siembra de una hectárea de Elefante se necesitan de 2,000 a 2,500 kg/ha. Y ésta a su vez produce material de propagación para 20 a 30 hectáreas, dependiendo de la fertilidad del suelo y la edad del pasto.

Cuando la tierra no es muy fértil la hoja del pasto se comienza a secar y la caña del pasto solo se comienza a endurar y ya no crece más.



Figura 32: Pasto en tierra no muy fértil.

## **41.2 PRINCIPALES DEFICIENCIAS**

Su alto contenido de fibra en la madurez, la falta de producción de semillas, y la susceptibilidad a las heladas.

## **41.3 MATERIA SECA Y MATERIA VERDE RENDIMIENTOS**

### **41.3.1. MATERIA VERDE.**

Pasto elefante da gran rendimiento cuando se fertiliza y se le da suficiente agua en riego, haciendo cortes del pasto cada 45 a 50 días.

En lugares excelentes con suelos fértiles el pasto elefante tendría una producción de 12 toneladas de pasto verde por hectárea en un solo corte y los tiempos de corte serían cada 45 días.



Figura 33: Pasto en tierra muy fértil.

En lugares no muy fértiles se reduce a 4 o 5 toneladas de pasto verde por hectárea y el tiempo de corta se prolonga a unos 90 días. Al menos que se fertilice la tierra más frecuente y exista un riego continuo en épocas seca podría producir mucho más

Por lo general las pacas de pasto para el forraje de animales son de 30 libras ya que los pastos que se les da al ganado no crece tanto como el pasto elefante por eso para formar las pacas tienen que ser de 60 libras.



Figura 34: Pacas de pasto verde

Cada corte de pasto se tiene que regar el pasto o fertilizarlo, ya sea con fertilización química o incorporación de materia orgánica en este último juegan un papel muy importante los estiércoles de todas las especies ganaderas como son los bovinos, los caprinos, los cerdos.

Con la siembra de 5 hectáreas de pasto de corte en suelo no muy fértil estaría haciendo el corte de 25 toneladas de pasto en verde en pacas. Cuando se realiza el corte las propiedades del pasto son las siguientes, el 80% es agua y el 20% es de pasto, al secarse el pasto quedaría solo el 20% del peso total del pasto cortado.



Figura 35: Pasto seco.

El pasto de cualquier tipo o especie con el tiempo se van reduciendo los volúmenes de producción es recomendable que si no se tiene una fertilización del pasto se resiembra cada 2 años ya que la producción se va reduciendo de un 15 a 20% a los 2 años.

#### **41.3.2. Materia seca**

- La materia seca es la muestra que se le extrae el agua por acción del calor, la cual está compuesta a su vez de una porción susceptible de quemarse porque está constituida por sustancias que contienen carbón, o sea sustancias orgánicas, y por sustancias que no se pueden quemar y que quedan como un residuo en forma de ceniza cuando se quema hasta la calcinación una muestra de materia seca.

- Las cenizas están formadas por diversas especies de sustancias minerales que en la muestra original están bajo la forma de sales.
- La porción incombustible (cenizas) se determina quemando la porción combustible mediante una temperatura elevada (calcinación).
- La porción combustible de la materia seca está constituida por compuestos orgánicos nitrogenados y los no nitrogenados.

<b>Porcentaje promedio de materia seca en tres etapas de crecimiento.</b>			
<b>Parte Morfológica</b>		<b>Edad (días)</b>	<b>Mat.S. %</b>
Hojas		30	16.52
		60	21.44
		90	<u>31.69</u>
	Promedio		23.21
Tallos		30	8.94
		60	13.33
		90	<u>22.31</u>
	Promedio		14.86

Cuadro 14: Porcentaje promedio de materia seca

## 42. PRODUCCION DE BAMBÚ

El bambú tiene la ventaja de ayudar a mitigar al cambio climático con el efecto invernadero, se han hecho estudio que el bambú puede absorber CO<sub>2</sub>, captura 60 ton/ha, también tiene la ventaja que almacena gran cantidad de agua, captura 30,000 litros de agua por hectárea de bambú, esto permite una ayuda al medio ambiente. Con la utilización del bambú también tiene la ventaja que ayuda al control de la erosión ya que tiene una gran cantidad de raíces las cuales ayudan amarrar los suelos, también permite la infiltración de las lluvias.

Tiene ventajas con las fuentes de aguas para recargarlas ya que cuando las fuentes de agua como riachuelos se van secando debido a la temporada seca, la raíz de



bambú va recargándole agua al riachuelo, las raíces se comportan como una esponja.

Por la estructura que tiene el bambú mejora mucho la humedad de los suelos, la deposición que él tiene de materia hace que los suelos se vayan mejorando.

El bambú se adapta desde los 0 hasta los 1,800 metros sobre el nivel del mar y a todo tipo de suelos pero a los mejores suelos se desarrollara mejor pero con los suelos que no se estén aprovechando con agricultura se puede sembrar bambú ya que se puede cultivar el todo nuestro país

El bambú, a diferencia de otras plantas, no tiene crecimiento diametral, disminuyendo proporcionalmente con la altura. En los primeros 4 a 12 meses son muy blandos y flexibles, por lo que se puede emplear en la fabricación de objetos artesanales tejidos. Las cañas alcanzan su máxima resistencia entre los 3 y los 6 años, edad apropiada para su empleo en construcción. Luego de los 6 años, empieza a perder vitalidad y a dañarse. Una vez que el bambú brota del suelo, lo hace con el diámetro máximo que tendrá de por vida, que no aumenta de grosor sino que disminuye con la altura. Para la utilización del bambú como materia prima para generación de energía se tiene que hacer el corte entre 3 a 6 años.

<b>Nombre genérico del rizoma. (Extensible al bambú)</b>	<b>Tipo de rizoma</b>	<b>Origen del brote tallo o caña</b>	<b>Desarrollo de los brotes</b>
<b>Paquimorfo (simpodial)</b>	Corto, grueso y aglutinado	En la yema del ápice del rizoma	En forma aglutinada formando mandras, matorrales o macollas. En el campo se ven las plantas en densos grupos.
<b>Metamórficas (Antipodial) (Grupo intermedio, poco frecuente)</b>	Combina los dos grupos.	Indistintamente en una yema del ápice o lateral del rizoma.	Ramificación combinada de los grupos.
<b>Leptomorfo (monopodial)</b>	Forma cilíndrica alargados y separados	Es una de las yemas laterales del rizoma, eel brote sale invadiendo el terreno	En forma aislada o independiente. En el campo se ven los tallos distanciados invasores por esta forma de crecimiento

Cuadro 15: Clasificación de los bambúes según las características de los rizomas

Algunas especies de Bambú se caracterizan por su rápido crecimiento, alcanzado entre 8 y 120 cm por día, hasta alcanzar 30 metros luego de entre 30 y 180 días. El crecimiento de los tallos del bambú es superior al de todas las plantas existentes conocidas. Por lo general, el crecimiento es continuo por 30 días aproximadamente habiéndose observado el crecimiento de 119 cm en un día. El crecimiento diario está relacionado positivamente con la temperatura y negativamente con la humedad.

ESPECIE	CRECIMIENTO DIARIO (cm)	NUMERO DE BROTES	SUPERVIVENCIA (%)	PROFUNDIDAD DE RAICES (cm)
<b>BAMBUSA DOLYCHOCLADA</b>	6.5	123	100	52
<b>B. STENOSTACHYA</b>	6.4	90	100	56
<b>B. VULGARUM</b>	6.2	75	98	51
<b>PHYLLOSTACHY MAKINOI</b>	4.4	29	77	47

Cuadro 16: Desarrollo según especie.

#### 42.1. REPRODUCCIÓN VEGETATIVA O ASEXUAL.

Debido a la dificultad de reproducción sexual existen diversos métodos de reproducción asexual, los principales y más comunes, se describen a continuación.

#### 42.2. REPRODUCCIÓN POR CORTES

Este sistema de reproducción tiene tres variantes: Cortes del rizoma; corte y trasplante de plantitas y finalmente la de corte de tallos.

#### **42.2.1. REPRODUCCIÓN POR CORTES DEL RIZOMA**

Es la forma más segura y efectiva; su eficiencia en términos de supervivencia casi siempre es del 100%. Los rizomas se obtienen de 1 a 2 años de edad luego de la siembra. Los brotes a partir de cortes de rizomas aparecen a los 30 y 35 días de haberlos sembrado. Existen dos variantes:

a) Siembra del rizoma. Que consiste en sacar los rizomas de 2-4 años de edad. Se cortan en secciones de 30 cm, excavar los hoyos de 1 m de ancho, 0.6 m de profundidad. Colocar los rizomas acostados con las yemas en ambos lados y tapar con unos 5-10 cm de tierra.

b) Trasplante de rizomas con matitas de 1-2 años de edad, con rizoma, se cortan los tallos a 2 m de altura y se excava la raíz con el rizoma, para ser trasplantada.

#### **42.2.2. PROPAGACIÓN POR SECCIÓN DE TALLOS**

Esta modalidad requiere del aprovechamiento de tallos jóvenes de 2 a 3 años de edad. El procedimiento es:

1. Se parte, divide o secciona el tallo en unidades de dos o tres entrenudos que contengan 3 a 4 nudos con buenas yemas.
2. Entre cada dos nudos se hace un hueco y se llena de agua; posteriormente se tapa y se cubre con tierra,
3. Se plantan de manera vertical, inclinada u horizontal. La forma más conveniente ha sido plantar la sección de forma inclinada.

En cualquier caso, debe cuidarse que las yemas laterales no se dañen y dejar una porción de 10 cm de ramas. Los segmentos del tallo deben ser perforados en los entrenudos y echarle agua dentro del cilindro. Al plantar estos segmentos se puede agregar arena dentro del hoyo para facilitar el enraizamiento.

### **42.2.3. SIEMBRA DEL TALLO.**

A diferencia del método anterior, se entierra el tallo entero sin dividirlo.

Los pasos son:

1. Se escoge un tallo o brote con edad de 1 o 2 años
2. Se excava una zanja con suficiente profundidad como para acostar el tallo entero.
3. Se coloca el tallo con las yemas de los nudos a los lados.
4. Se le realiza un hueco en cada entrenudo y se llena con agua
5. Luego se tapan con una piedra pequeña o la sección del tallo que fue cortada. Y se cubre todo el tallo con unos 5-8 cm. de tierra.
6. Se moja bien el área donde fue colocado el tallo. Dentro de 2-4 semanas comienza a repollar. Especies muy aptas para este método son: *Bambusa stenostachya*, Hack, *Bambusa dolichoclada*, Hay y *B. vulgarum* (criolla)

### **42.2.4. MÉTODO DE CHUSQUINES.**

Se denomina chusquín a plantas delgadas y pequeñas que generan los rizomas en manchas, este método consiste en buscar las plántulas recién inician su desarrollo. Su nombre proviene del género *Chusquea* en el que es altamente exitoso.

1. Se repican en los canteros las plántulas de 1 a 3 años (de regeneración natural en el campo). Las secciones a trasplantar deben tener buenas cañas o tallos, altura y diámetro.
2. Al estimularse el desarrollo de nuevos y abundantes tallos pequeños, se extraen las plantas trasplantadas para desprenderles los pequeños tallos exteriores (con sus raíces y rizomas) en desarrollo. A estos pequeños tallos se les llama chusquines. La planta madre se vuelve a colocar en el cantero.

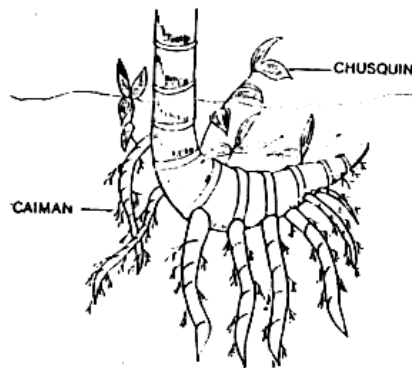


Figura 36: Chusquin y Caiman

### **42.3. FACTORES AMBIENTALES**

#### **42.3.1. LLUVIAS Y HUMEDAD RELATIVA**

El rango de requerimientos pluviométricos promedios del bambú va desde un mínimo de 1,000 mm. Hasta más de 4,050 mm. Se requiere que lluevan al menos 100 mm/mes durante 6 meses para garantizar el desarrollo del bambú. El desarrollo y emergencia de los brotes requiere de al menos 100 mm y los rizomas crecen con 200 mm o más al final del verano. Los bambúes gustan de la humedad relativa alta preferiblemente cercana al 80%.

#### **42.3.2. TEMPERATURA**

La mayoría de los bambúes se desarrollan en temperaturas que varían entre los 9 °C y los 36 °C. Sin embargo, algunas especies se desarrollan a temperaturas menores.

#### **42.4. SUELO Y PENDIENTES**

El bambú prefiere los suelos aluvionales y bien drenados. No resiste suelos salinos. Algunas especies de bambú pueden crecer en suelos con pH de hasta 3.5, pero en general el pH óptimo se encuentra entre 5.0 y 6.5.

Los bambúes crecen bien en pendientes empinadas, pero no resisten los fuertes rayos solares. El bambú es una especie de hábito forestal, por lo que responderá muy bien si encuentra o se le dispone un mulch (cubierta vegetal) abundante, por otro lado, le gusta tener un suelo aireado razón por la cual es bueno incorporar lombrices para que efectúen esta labor.

#### **42.5. PREPARACIÓN DEL SITIO DE PLANTACIÓN**

Las plantas de bambú exigen abundante luz al inicio de su desarrollo; por lo que el terreno debe estar libre de sombra. En terrenos inclinados o susceptibles a la erosión, la sombra se elimina mediante podas y chapeos, usando el método de anillamiento o corona, que consiste en eliminar totalmente las malezas del suelo alrededor de las plantas en un diámetro de 1.5 m.

#### **Hoyado y marco de plantación**

El hoyo recomendado para la siembra debe medir 70 cm de largo, por 50 cm de ancho y 30 cm de profundidad.

#### **42.6. CORTE DEL BAMBÚ**

Las varas de bambú deben cortarse por encima del primer nudo del tallo, a nivel del suelo; se recomienda hacerlo anualmente después de los tres a cinco años de plantados (según la especie) con el fin de mantener la actividad de la planta. Se conoce cuando el bambú empieza a madurar porque tiende a perder brillo y su coloración normal. Al momento de cortarse éste no debe tener rizomas nuevos ni

tallos en crecimiento. En los tallos que no se cortan periódicamente los rizomas se vuelven improductivos, pero también los bambúes que se cortan periódica y totalmente pierden su vigor. Para evitar esta situación, las plantas deben quedar por lo menos con un 25% de sus varas en pie.

El cultivador de bambú tiene que determinar la edad del corte teniendo en cuenta el uso y la producción de la especie. Si se cortan tallos demasiado jóvenes, los nuevos brotes serán mayores, pero los tallos serán pequeños; por otro lado, si se cortan tallos demasiado viejos, los nuevos tallos serán largos pero en reducido número. Esto puede variar de acuerdo con el manejo de la plantación en cuanto al uso de fertilizantes y control de malezas, reduciéndose la cosecha hasta en un año.

Por esa razón, y con el fin de obtener el máximo rendimiento posible, en cantidad y en calidad de los tallos, en un cultivo o bosque de bambú. Se sugiere tomar en cuenta los siguientes factores:

- Ciclo de corte
- Intensidad de corte, y
- Método para hacer el corte.

#### **42.6.1. CICLO DE CORTE**

Este es el tiempo que transcurre entre un aprovechamiento o corte y otro. Está determinado por varios factores siendo los más importantes:

1. La madurez del tallo, o sea, cuando está listo para ser cortado.
2. La máxima madurez, o sea, el período después del cual el tallo comienza a deteriorarse hasta morir.
3. La extensión del área que se va a explotar, la demanda del material y la disponibilidad de trabajadores y supervisores. Si la plantación es pequeña, el ciclo puede ser no mayor de un año; si es grande, el ciclo podría ser mayor de 4 años.

## 42.6.2. INTENSIDAD DE CORTE

Esto se refiere a la regulación del número de tallos que deben ser cortados en cada intervención o aprovechamiento. La intensidad de corte está determinada por la densidad de la plantación y el grado de madurez de la plantación de bambú. En condiciones apropiadas, el corte será de tallos maduros y juveniles. No es recomendable cortar tallos secos con fines de venta. Se deben cortar los tallos de la fase madura, los débiles y los enfermos; de esta forma, se logra un mejor desarrollo de los tallos jóvenes (que no se deben cortar). Se cortan sólo tallos que estén próximos a alcanzar su completa madurez, cuyos rizomas hayan llegado a la edad en que no producen más tallos.

## 43. DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA DE COCO

### CUANTIFICACIÓN DE LA OFERTA DE COCO EN EL SALVADOR

Producción Nacional			Importación	
fruta	Valor total (\$)	Cantidad Total	Valor de las Importaciones (\$)	Cantidad Importada (ton)
coco	2,742,418.94	48,409.87	111,000	6,765

Cuadro 17: Producción Nacional e Importación de coco. Fuente MAG

### 43.1. CUANTIFICACIÓN DE LA OFERTA

#### 43.1.1. A NIVEL NACIONAL

Área cultivada: 5,615.7 manzanas

Área Secundaria: 70 manzanas

Total de Productores: 253



Época de establecimiento:

Plantaciones datan desde 1933 (70 años) a 2002 (1 año)

La edad promedio de las plantaciones es de 30 años

Volumen de producción actual:

26, 026,810 unidades anuales

Promedio de producción por manzana: 4,634 unidades.

Volumen de producción esperado:

26, 340,005 unidades anuales

Producción por manzana: 4,690 unidades

#### **43.1.2. A NIVEL DE USULUTÁN**

Área cultivada: 3,538 manzanas

Volumen de producción actual: 16, 395,092 unidades anuales

Volumen de producción esperado: 16, 593,220 unidades anuales

#### **43.1.3 A NIVEL DE LA ISLA EL ESPÍRITU SANTO**

Área cultivada: 1,200 manzanas

Área secundaria: 355 manzanas

Total de Productores: 2

Volumen de producción actual: 7, 205,870 unidades anuales

Volumen de producción esperado: 7, 292,950 unidades anuales

#### 44. MECANISMOS DE COMERCIALIZACIÓN

- El 51% de los compradores son locales y 30% son mayoristas de poblaciones diferentes a los lugares de producción.
- Un 4 % de las plantaciones no está aún en producción y un 5% de los productores lo utilizan para consumo propio.

##### 44.1. CANALES DE DISTRIBUCIÓN

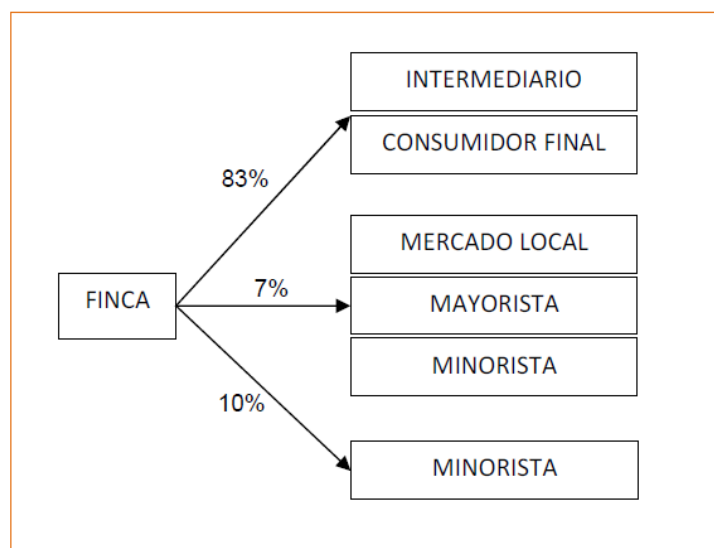


Figura 37. Canales de distribución.

##### 44.2. MANEJO POS COSECHA

- 73% de los productores clasifican su producto y el criterio principal es el tamaño.
- Un 83% de los productores recibe rechazos del comprador, lo que puede ocasionar pérdidas entre el 1% y 10%.
- La principal causa de rechazos es el tamaño pequeño y los daños (58%).

- Los compradores transportan el producto a granel (98%) y ellos proveen los cortadores.

- El producto se vende de contado y se negocian las cosechas completas por adelantado. Generalmente el productor le vende a un solo comprador.

#### 45. RENDIMIENTO ANUAL DE LAS ESPECIES DE COCOTERO

El rendimiento anual de las especies de cocotero que existen en el país se presenta en la siguiente tabla:

Año	Enano Malasino	Hibrido	Alto
3	20		
4	60	20	
5	80	40	5
6	100	80	10
7	120-150	100	20
8	120-150	120-140	40
9	120-150	120-140	50
>10	120-150	120-150	60-80

Cuadro 18: Rendimiento anual de las especies de cocotero

De acuerdo al manejo moderno del cocotero, no existe diferencia apreciable en rendimientos de fibra entre frutos de 10 a 12 meses de edad, pero las fibras de los frutos jóvenes son más flexibles y de colores más ligeros. En relación a la composición del fruto de tres variedades y dos híbridos del cocotero, los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Variedad	Fruto Kg	Nuez kg	Cáscara kg	Nuez por fruto (%)	Cáscara por fruto (%)
<b>Enano (ED)</b>	0.998	0.645	0.355	64.56	35.4
<b>Pacífico (AP)</b>	2.014	1.285	0.729	64.01	35.99
<b>Atlántico(AA)</b>	2.0680	0.894	1.173	43.56	56.45
<b>ED x AP</b>	1.512	1.008	0.504	66.62	33.38
<b>ED x AA</b>	1.656	0.778	0.878	47.33	52.67

Cuadro 19: Rendimiento de fruto por variedad de cocotero

Según datos de MAG se puede calcular la disponibilidad teórica de materia prima como se muestra en el cuadro 20.

Rendimiento por manzana			
Híbridos	127	Plantas/Mz	1.60 kg
Enanos	167	Plantas/Mz	1.00 kg
Promedio	147	Plantas/Mz	1.30 kg
Rendimiento por planta			
Híbridos	120	Plantas/Mz	192.00 kg/Planta
Enanos	150	Plantas/Mz	150.00 kg/Planta
Promedio	135	Plantas/Mz	175.50 kg/Planta
Rendimiento de frutos por manzana			
Híbridos	15,240.00	Plantas/Mz	24,384.00 kg/Mz
Enanos	25,050.00	Plantas/Mz	25,050.00 kg/Mz
Promedio	20,145.00	Plantas/Mz	26,188.50 kg/Mz

Cuadro 20: Disponibilidad teórica de materia prima por planta. Fuente MAG

Según datos del ministerio de agricultura y ganadería, Se tienen cultivadas 5616 manzanas de cocotales.

Entonces:

- Cálculos para disponibilidad en todo el país<sup>1</sup>
- Superficie sembrada: 5616 Mz
- Promedio de fruto/Mz 26, 188.50 kg/Mz
- Total fruto producido: 147, 074,616 kg
- Porcentaje de fibra disponible en un coco: 10%
- Total de fibra disponible anual: 14, 707,461.6 kg
- Total de fibra disponible anual: 14,707.46 ton

Cálculos para disponibilidad en el departamento de Usulután:

- Superficie sembrada: 3,538 Mz
- Promedio de fruto/Mz 26, 188.50 kg/Mz
- Total fruto producido: 92, 654,913 kg

Cálculos para disponibilidad en la isla El Espíritu Santo:

- Superficie sembrada: 1,555 Mz
- Promedio de fruto/Mz 26, 188.50 kg/Mz
- Total fruto producido: 40,723, 117.5 kg
- Porcentaje de fibra disponible en un coco: 10%
- Total de fibra disponible anual: 4, 072,311.75 kg
- Total de fibra disponible anual: 4,072.31 ton

1 Ver anexo: Productores de coco en El Salvador

## **46. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE LEÑA EN EL SALVADOR.**

### **46.1. COBERTURA ARBÓREA A NIVEL NACIONAL.**

El Salvador posee una cubierta forestal reducida, a pesar que en el pasado fue un país densamente boscoso, donde ocurrieron procesos de tala masiva para la producción de añil, café y algodón. En el presente, el país sólo posee pequeñas superficies residuales de bosques tropicales latifoliados; reducidas áreas de manglares (principalmente *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*); zonas dispersas de bosques de coníferas (sobre todo *Pinus oocarpa* y *Pinus caribea*) y bosques mixtos (coníferas y robles del género *Quercus* spp.).

En 1978, la Dirección General de Recursos Naturales Renovables estimó la superficie con cobertura boscosa (excluyendo vegetación arbustiva y cafetales), encontrando que los bosques apenas sumaban unas 190,300 hectáreas (9% del territorio nacional). Estimaciones posteriores basadas en proyecciones (Núñez y otros, 1990) señalaban que la superficie de coníferas y latifoliadas se había reducido para 1990, a diferencia de las plantaciones que habían aumentado levemente. Las estimaciones de Cruz y Gómez (1996) citados en EPYPSA-IBERINSA (2003) también reflejaban una disminución en la cobertura de manglares y de plantaciones forestales (Ver Cuadro 21). La información del MARN para el año 2000 mostraba información de 1978, reflejando solamente una reducción en la superficie de manglares. Información más reciente sobre uso del suelo (2002) derivada de la interpretación de imágenes de satélite, refleja superficies mayores de cobertura boscosa que la existente en 1978. La falta de información sistemática relativa a la evolución de la cobertura forestal, limita el entendimiento de la complejidad de factores que están incidiendo en la dinámica de la cobertura arbórea.

Tipo de bosque	1978 (DGRNR)	1990 (Núñez y otros)	1996 (Cruz y Gomes)	2000 (MARN)	2002 (Uso de Suelo)
<b>Coníferas</b>	48,500	25,000	25,000	48,500	76,400
<b>Latifoliadas</b>	90,700	52,000	52,000	90,800	77,400
<b>Manglares</b>	45,300	45,000	39,200	35,800	41,500
<b>Plantaciones</b>	5,800	7,000	4,800	5,800	6,500
<b>Sub-total</b>	190,300	129,000	121,000	180,900	202,000
<b>Café bajo sombra</b>	187,200	164,900	164,900	195,000	160,900
<b>Total</b>	<b>377,500</b>	<b>293,900</b>	<b>285,900</b>	<b>375,900</b>	<b>362,900</b>

Cuadro 21: Estimaciones de superficie forestal por tipo, 1978-2002 (Hectáreas)

Fuente: Elaborado en base a DGRNR (1979), Núñez y otros (1990), MARN (2000), EPYPSA-IBERINSA (2003) y Banco Central de Reserva.

Un análisis reciente basado en la interpretación de imágenes de satélite [Landsat TM 2000] con una resolución de 30 metros, permite un acercamiento a los cambios en la cobertura y uso de la tierra entre 1990 y 2000. El Mapa de la figura 38 muestra la cobertura para el año 2000 y el cambio en los distintos usos de la tierra. Según las estimaciones, la superficie bajo pastos y cultivos agrícolas se redujo de un 63.5% del territorio a un 51.7% o el equivalente o más de 200,000 ha. Además, se redujo la superficie que se pudo discriminar estrictamente como café (de 3.6% del territorio a 3.0%) y ligeramente la superficie dedicada a los cultivos forestales y de frutales (de 1.2% a 1.0%), así como la superficie bajo bosque salado o manglar. Todas las otras categorías muestran incrementos. En conjunto, la superficie bajo bosque denso, bosque tropical seco y la mezcla de café y bosque, se incrementó en 4.1% o alrededor de unas 80,000 ha. La superficie bajo “Chaparral” que posiblemente

incluye también zonas cultivadas con caña de azúcar se incrementa de un 2.7% al 5.0% y obviamente la superficie bajo uso urbano.

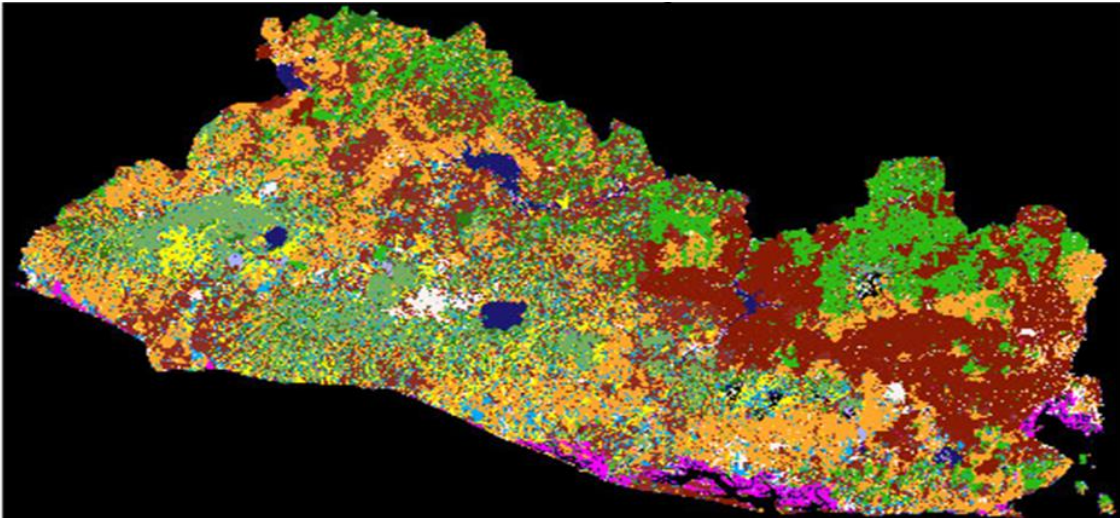


Figura 38: Mapa de El Salvador: Cobertura del Suelo, según LANDSAT TM 2000  
FUENTE: Sassan Saatchi (NASA/Jet Propulsion Laboratory)

Usando otro tipo de imágenes, Saatchi también estimó los cambios en la densidad arbórea entre 1992-93 y 2000-01. Para este análisis se utilizaron imágenes derivadas de sensores satelitales AVHRR para los años 1992-93, e imágenes derivadas de sensores satelitales MODIS para los años 2000-01. Los Mapas de la figura 39 y 40 muestran las densidades arbóreas por estratos. Las áreas marrones tienen las menores densidades de árboles, mientras que las áreas verde oscuro corresponden a cobertura arbórea relativamente densa. La figura 41 muestra el cambio en la densidad arbórea entre los dos periodos las áreas en negro son los cuerpos de agua y zonas sin cambio perceptible. Las áreas rojizas indican que se han reducido la densidad arbóreas; es decir, ha ocurrido deforestación, mientras que los otros colores indican las zonas donde ahora existe una cobertura arbórea más densa.



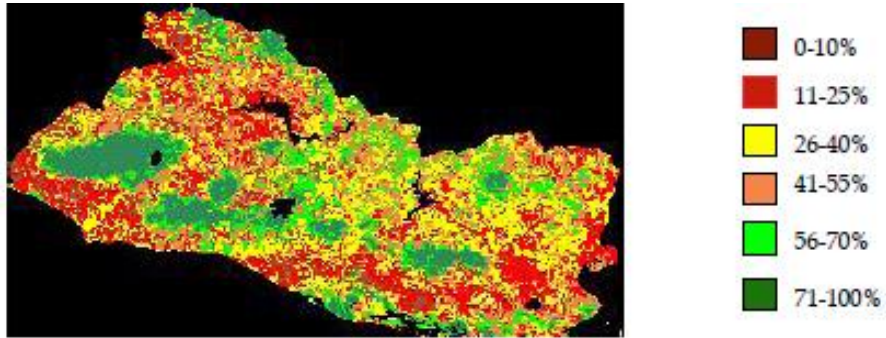


Figura 39: Densidad arbórea, 1992-1993 (AVHRR)

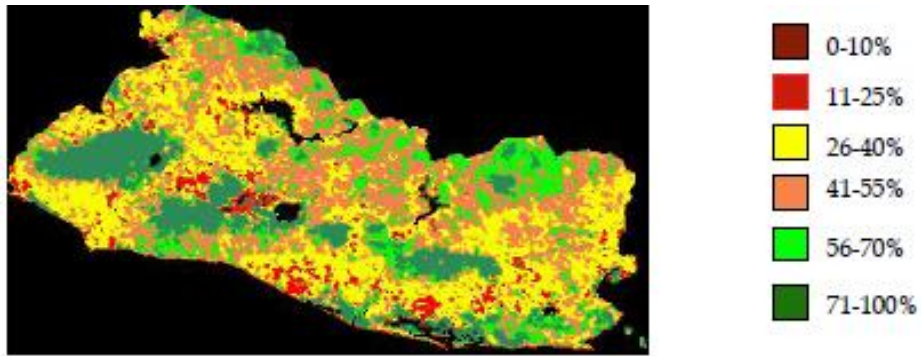


Figura 40. Densidad arbórea, 2000-2001 (MODIS)

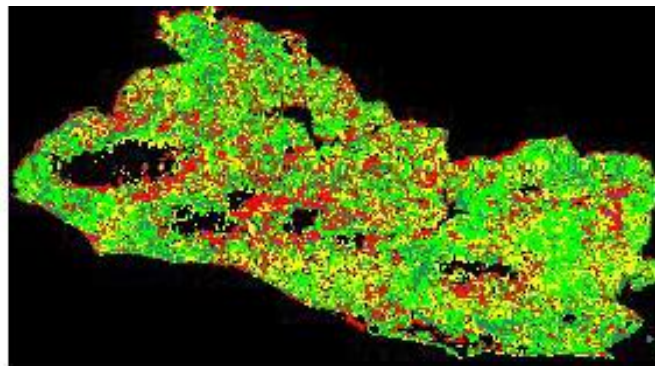


Figura 41: Cambios en la densidad arbórea entre 1992 y 2001 (MODIS)

FUENTE: Sassan Saatchi, NASA/Jet Propulsion Laboratory

Las estimaciones gruesas que permite el análisis basado en las imágenes, sin verificación de campo, estarían indicando que unas 670,000 hectáreas han experimentado deforestación, mientras que en 1,100,000 hectáreas han ocurrido algún tipo de reforestación.

#### **46.2. CONSUMO DE LA LEÑA EN EL SALVADOR.**

Como hasta el momento existe poca información actualizada de la producción y consumo de la leña en el país. Asimismo, no se cuenta con un inventario forestal actualizado que permita conocer la capacidad de producción sostenible de los ecosistemas y recursos forestales presentes.

De los datos existentes, uno de los más recientes, expone que la oferta sostenible de la producción de leña para 1999, era de 3,884,298 toneladas (MARN, 2000; PRISMA, 1996; Current y Juárez, 1992).

#### **46.3. SITUACIÓN PARTICULAR DE LA LEÑA EN EL SALVADOR.**

El Salvador está sometido a una intensa y extensa deforestación; las causas son muy diversas, entre ellas se encuentran: sustitución de áreas forestales por áreas de cultivo y áreas de construcción de viviendas, el consumo de la leña como combustible, los incendios forestales, el bajo porcentaje de electrificación rural, y las condiciones socio económicas de las familias rurales del país, lo que ha contribuido a que no exista una conservación ni aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables.

La leña como principal recurso energético en el país, se escasea más y más, debido al uso no racional de la misma.

A continuación se muestra la cadena de causas y efectos que nos demuestra que es posible que la escasez de la leña se torne más aguda.

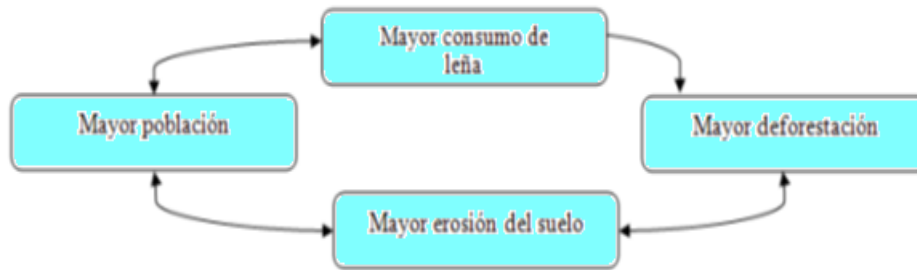


Figura 42: Cadena de causa efecto de la escases de leña.

La cadena de secuencia evidencia sus negativas consecuencias asociadas al asolvamiento de los reservorios de las Centrales Hidroeléctricas, pérdidas de caudal de agua, baja producción de alimento, disminución de la flora y fauna, y finalmente desertificación.

#### 46.4. DEMANDA DE LEÑA EN EL SALVADOR

En nuestro país la demanda para leña proviene de tres sectores:

1. La demanda a nivel residencial.
2. La demanda a nivel industrial (beneficios, ingenios, caleras, salineras y ladrilleras).
3. La demanda comercial (panaderías, tortillerías, comedores y pupuserías).

Dentro del área metropolitana de San Salvador, en las zonas marginales, el 49.3 % de la población utiliza la leña para cocinar y 39.3% utiliza el gas propano.

En el sector urbano departamental, el 47.9% de la población cocina con leña, mientras el 49.2% utiliza el gas propano.

Oferta sostenible de leña	3 ,884,298 toneladas
Demanda de leña por sector residencial	4,184,266 toneladas
Demanda de leña por sector industrial	275,000 toneladas
Déficit de leña	574,968 toneladas Equivalentes a 766,624 m3
Plantaciones para satisfacer déficit de leña	51,108 hectáreas

Cuadro 22. Relación oferta demanda anual de leña en El Salvador para 1992.

Fuente: CURRENT, D. & JUÁREZ, M. 1992.

Industria	Consumo (Tm)
<b>Beneficios de café</b>	35,465
<b>Ingenios de azúcar</b>	908
<b>Caleras</b>	25,281
<b>Salineras</b>	3,300
<b>Moliendas</b>	7,706
<b>Panaderías</b>	80,994
<b>Ladrilleras</b>	72,522
<b>Tejeras</b>	4,429
<b>Total</b>	230,605

Cuadro 23: valores de los requerimiento promedio de leña por unidades de producción industrial y artesanal.

Fuente: CURRENT, D. & JUÁREZ, M. 1992.

Tipo de industria/negocio	Rendimiento de producción/m3 de leña
<b>Beneficio de café</b>	24.4 quintales de café oro.
<b>Ingenio de azúcar</b>	2672 quintales de azúcar.
<b>Calera</b>	13.81 quintales de cal.
<b>Salinera</b>	3.37 quintales de sal.
<b>Ladrillera</b>	429 - 884 ladrillos
<b>Tortillería</b>	3571 tortillas

Cuadro 24: Necesidades de leña en las industrias y negocios artesanales por unidad de producción.

Un estudio sobre la situación leñera en Centroamérica realizado por Dulin (1984), califica a El Salvador como un país que se encuentra en la situación más grave de la región, en cuanto al abastecimiento de leña. Un 87% del territorio nacional es considerado en situación muy crítica, es decir donde las necesidades de leña superan la disponibilidad, y consecuentemente, provocan escasez y deforestación.

#### **46.5. POR QUÉ EL CONSUMO DE LA LEÑA.**

1. Es el combustible más barato.
2. Es accesible.
3. No se necesitan bodegas porque se puede almacenar al aire libre.
4. Puede permanecer almacenada largo tiempo sin perjuicio.

#### **46.6. DESVENTAJAS DEL USO DE LEÑA COMO ENERGÉTICO**

1. El uso de la leña como combustible tiene efectos ambientales negativos, entre los cuales tenemos: la contaminación atmosférica producida por las emisiones generadas durante el proceso de combustión.
2. Otros efectos negativos son el deterioro de los suelos, la erosión, o la pérdida de patrimonio forestal.
3. En las personas: afectaciones a los ojos por el humo caliente que se genera al quemarse.
4. La mayor parte de leña se obtiene de áreas que presentan difícil accesibilidad.
5. En la totalidad de las aplicaciones la alimentación de la leña es manual, lo que obliga a destinar mano de obra, e implica mayor costo por este concepto.

#### **46.7. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE LA LEÑA.**

En nuestro país, en lo referente a la generación de electricidad a partir de biomasa, actualmente se ha avanzado en la evaluación de la disponibilidad de los recursos dendroenergéticos (energía generada a partir de la biomasa de los bosques), determinando preliminarmente la magnitud de la oferta y demanda de leña, dado que el 47% de la energía primaria consumida en el país proviene de este recurso.

En el cuadro 25, se muestra algunos valores que expresan varios niveles conceptuales de oferta bioenergética que permiten conocer el estado de la vegetación productora y sus volúmenes biomásicos.

Cobertura	Superficie (ha)	Producción por hectárea (m <sup>3</sup> )	Volumen Potencial (m <sup>3</sup> )	Extracción Potencial (m <sup>3</sup> /ha·año)	Oferta Aparente (m <sup>3</sup> )
Plantaciones de Café	184,951	38,13	7,052,181	9.53	1,762,583.03
Bosque Salado	45,008	126,47	5,692,162	12.62	568,901.12
Vegetación de Coníferas	28,334	371	10,511,914	5.63	151,870.24
Vegetación Latifoliada	251,790	490	123,377,100	26.8	2,747,972.00
Vegetación Arbustiva	180,302	22,6	4,074,825	22.6	4,074,825.20
Matorral	451,776	7,8	3,535,852	7.8	3,523,852.80
<b>Total</b>			154,232,034		16,830,004.39

Cuadro 25: Oferta dendroenergética global por cobertura y oferta aparente.

[CATIE [2002], “Resultado de 10 Años de Investigación Silvicultural del Proyecto Madeleña en El Salvador”, Publicaciones CATIE]

NOTA: Los datos de superficie y volumen potencial de extracción son el resultado de la evaluación de coberturas dendroenergéticas por análisis de imágenes de satélite y empleo del método dasométrico de etapas múltiples.

#### 46.8. CUANTIZACIÓN DE LA LEÑA

Las unidades en que se adquiere la leña son el “manejo”, la “raja”, el “pante” y el “tercio”. El tercio es la cantidad de leña que se usa para la recolección de leña y representa la cantidad de leña que una persona puede cargar. Tiene un peso promedio de 22.8 kilogramos con un volumen promedio de 0.11 metros estéreos. Un metro estéreo es el volumen de leña apilada que ocupa un espacio de un metro cúbico.

A continuación un resumen de las unidades de presentación de la leña, que son de uso común en la comercialización de esta:

1. Raja: Un pedazo de leña rajada que a menudo contiene el mismo volumen de un manojo.
2. Manojo: Un grupo de leños individuales.
3. Tercio: La cantidad de leña que una persona puede cargar (Unidad más usada en la recolección).
4. Carga: La cantidad de leña que es posible cargar en una bestia.
5. Carretada: La cantidad de leña que puede ser llevada en una carreta.
6. Pante: Una cantidad de leña apilada, medida en cuartas. Una cuarta es igual a 23-25 cm. El pante mide de 8x8x3 a 8x10x4 cuartas.



Figura 43: Tercio de leña



Figura 44. Pante de leña



#### **46.9. PRECIOS DE LA LEÑA**

Vale la pena mencionar que los precios de la leña fluctúan de acuerdo con el período, el calendario agrícola y de un año a otro. Las variaciones a lo largo del año se debe a una escasez temporal o periódica, relacionada ya sea con la poda de los cafetales y los períodos de alta ocupación de la mano de obra en actividades agrícolas.

Los incrementos en el precio de la leña, en los últimos años, muestran una tendencia a subir, a un ritmo mayor que el ritmo general de la inflación.

#### **47. DETALLES DEL BIODIGESTOR.**

Debido a que todo va a cambiando y los recursos que normalmente se utilizaban están disminuyendo, el ser humano debe de buscar aquellos recursos que le permitan el poder tener de una manera más fácil y de una más segura estos.

El esquema de integración hacia adelante como hacia atrás le brindan al ser humano la capacidad de poder obtener los recursos de una manera más permanente pues estos se encuentran generándose de manera cíclica o dentro de un proceso renovador.

Además de esto se piensan en estos procesos como un medio para poder disminuir el impacto ambiental que las actividades humanas tienen sobre el medio donde se desarrolla.

La búsqueda de estos medios de generación de energía en base a materia orgánica, no deben verse como un gasto sino como una inversión que disminuirá costos y brindara beneficios a corto, mediano y largo plazo.

Para la generación de biogás se puede utilizar los excrementos de cerdos, ovejas, vacas, caballos, aves de corral y excrementos humanos, además de desechos de origen animal se puede utilizar desechos de origen vegetal como lo es la pulpa de café, hoja de papa, desechos de banano, remolachas y otro, a su vez se pueden utilizar las aguas residuales que no contengan jabones ni desinfectantes para este propósito.

## 47.1. PARTES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ANAERÓBICA

### 47.1.1. TANQUE DE MEZCLA

Es aquí donde se realiza el proceso de combinar los desechos con la cantidad adecuada de agua la cantidad de agua dependerá del producto que se utilice como materia prima para poder realizar el proceso de digestión anaeróbica, este puede estar fabricada de Cemento, ladrillo o plástico rígido.



Figura 45: Tanque de mezcla de planta de tratamiento de aguas residuales.



Figura46: Tanque de mezcla artesanal.

### **47.1.2. BIODIGESTOR, REACTOR O FERMENTADOR.**

Es el tanque donde se produce el proceso de digestión anaeróbica usualmente se construye en concreto, ladrillo, fibra de vidrio, acero inoxidable, y las plantas tipo balón que se construyen con material plástico.



Figura 47: Biodigestor tipo balón construido en doble bolsa de polietileno de bajo costo.

### **47.1.3. GASÓMETRO**

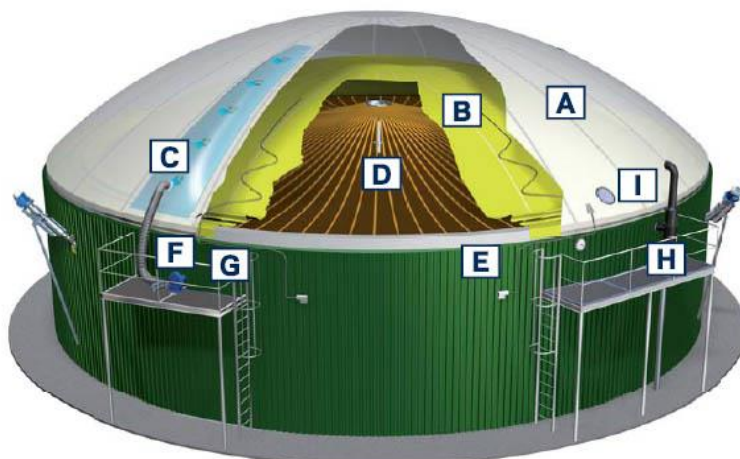
Es el lugar donde se almacena el gas y puede estar unido al Biodigestor o estar aparte de este, si el biodigestor no cuenta con filtro ya sea físico o químico de ácido sulfhídrico el gasómetro deberá estar formado de materiales que no reaccionen químicamente con el ácido sulfúrico, pues al condensarse el ácido sulfhídrico y mezclarse con agua produce el este el ácido sulfúrico, estos materiales podrían ser poliuretano, polietileno, plásticos, etc.



Figura 48: Gasómetro artesanal utilizando barriles.



Figura 49: Gasómetro tipo balón.



A membrana exterior B membrana interior C sistema de flujo de aire D sistema de reborde  
E anillo de anclaje F válvula para la conservación del aire G soplantes H válvula de seguridad  
I mirilla

Figura 50: Gasómetro industrial con filtro.

#### 47.1.4. TANQUE DE DESCARGA

Es donde se puede realizar el proceso de extracción del material residuo producto de la digestión anaeróbica y que servirá como fertilizante, este residuo no tiene ningún mal olor.



Figura 51: Construcción de tanque de descarga de materiales.



Figura 52: Tanque de descarga lleno.

## 47.2. TIPOS DE BIODIGESTOR.

Los mejores biodigestor son aquellos llamados de Flujo continuo, pues son estos los que permiten de manera inmediata la entrada y salida de los desechos favoreciendo el proceso cíclico que todo biodigestor debe tener que es el ciclo de carga y descarga.

Dentro de este hay diferentes tipos y diseños pero entre estos destacan los siguientes:

### 47.2.1. BIODIGESTOR DE CÚPULA FIJA

Este se encuentra hecho en una sola estructura que por regla general se deben construir de materiales rígidos como concretos, bloques o ladrillos construidos bajo el nivel del suelo en terrenos estables y fijos.

El tiempo de vida de estos puede variar dependiendo la humedad del terreno las características de construcción del mismo de 15 a 20 años.

La mayor desventaja de este tipo de biodigestor es que no se pueden retirar del fondo los materiales sedimentados y que con el paso del tiempo crean una dura y gruesa capa de material residuo, su precio de construcción es alto por el número de horas hombre que requiere para su construcción y la cantidad de materiales que se utilizan.



Figura 53: Biodigestor de cúpula fija

### 47.2.2. BIODIGESTOR DE CÚPULA MÓVIL

Este tipo de biodigestor se encuentra al igual que el de cúpula fija enterado y fabricado de materiales rígidos, con la única diferencia y a la vez ventaja de que su cúpula es móvil, o lo que es lo mismo que su cúpula es removible esto se hace de esta manera para poder alargar la vida útil de este, porque al tener su cúpula móvil se puede remover los materiales sedimentados que generan los procesos de degradación más agresivos para el biodigestor, la campana puede estar constituido de metal o de fibra de vidrio para ambos casos la construcción de esta requiere tiempo y recursos.

La desventaja al igual que el de cúpula fija es su alto precio de construcción pues requiere muchas horas hombre para su construcción al igual que los costos de los materiales se suman a este.



Figura 54: Biodigestor de cúpula móvil se pueden observar los agarraderos que facilitan el proceso.

### 47.2.3. ESTRUCTURA FLEXIBLE

Su vida útil es relativamente corta de aproximadamente 5 años, para poder construir este tipo de biodigestor se necesitan polietileno calibre número ocho como mínimo y una base receptora hecha de materiales rígidos como concreto y ladrillo para poder contener los materiales sin que esta sufra deformaciones.

Se escoge el polietileno debido a que tiene una alta resistencia a las condiciones de intemperie como resistencia a los rayo ultravioleta, debido a esto último y como una manera de asegurarse el evitar fugas de material el biodigestor utiliza una doble capa de polietileno.

Las ventajas de este biodigestor son su bajo costo de construcción, su fácil manejo como instalación de los diferentes accesorios que se necesitan para poder canalizar la generación de biogás.

Debido a esta facilidad de construcción como al enfoque o al grupo al que se desea orientar esta idea se ha decidió el desarrollar el estudio de la creación de este tipo de biodigestor pues la implementación de este lleva implícito los conocimientos necesarios para poder desarrollar los otros tipos de biodigestor, con la única diferencia que cambiarían los materiales como la construcción de este.



Figura 55: Biodigestor de estructura flexible sin protección solar como protección contra impactos.





Figura 56: Biodigestor de estructura flexible con protección contra rayos UV.



Figura 57: Construcción de biodigestor de estructura flexible con techo protector.

### 47.3. DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN.

Para poder iniciar con la construcción se debe tener en cuenta que este es un proceso y como en todo proceso se debe de llevar un orden que permita que ninguna actividad a realizar interfiera o limite el trabajo a efectuar para poder desarrollar la construcción del biodigestor, antes bien ayude a mejorar el proceso como agilizar su construcción y es por esta razón que se mostrara una serie de pasos a seguir que según este estudio favorecen para poder realizar esta actividad satisfactoriamente.

### 47.3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ZANJA DE RETENCIÓN DEL BIODIGESTOR

Debido a que como su nombre lo dice el biodigestor de estructura flexible no tiene las características físicas como mecánicas para poder mantenerse más o menos rígido, es necesario el poder construir una zanja que pueda contener el biodigestor como la masa orgánica que se encontrara durante unos días almacenada en él.

El tamaño de la zanja dependerá del volumen de la materia a procesar y que a su vez dependerá de la tasa de producción de materia orgánica generada para ser colocada en el biodigestor, es decir a mayor cantidad de materia prima producida por día tanto más grande debería ser el biodigestor, pero para este caso se ha podido determinar cuáles serían los tamaños estándar de esta zanja y cuanto sería el tiempo de construcción de los mismos.

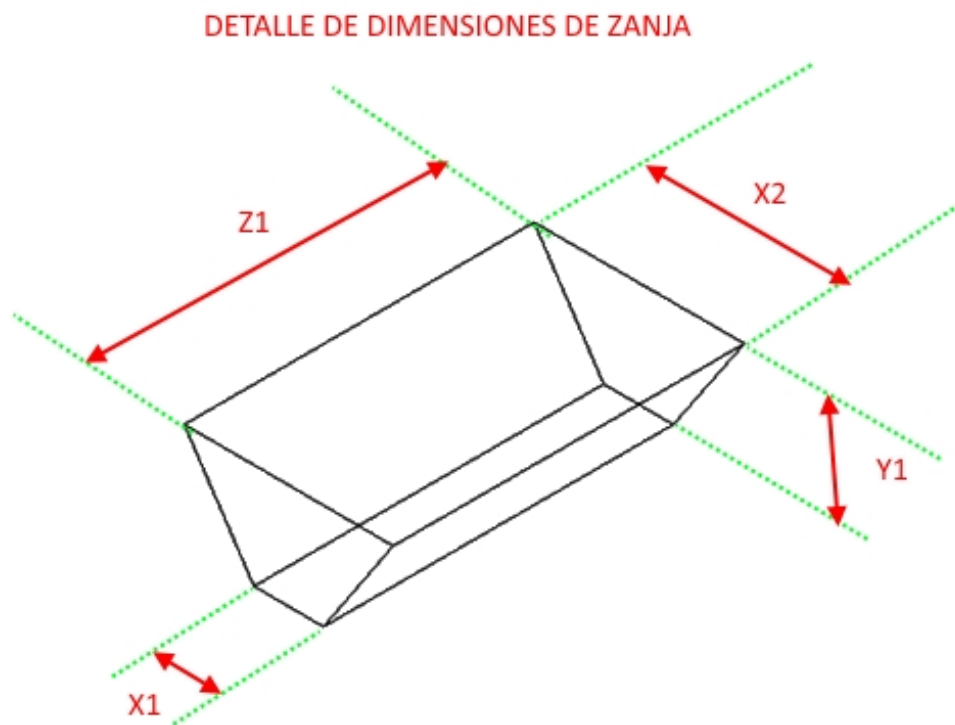


Figura 58: Referencia de dimensiones de zanja.

Nº Zanja	X1 (m)	X2 (m)	Y1 (m)	Z1 (m)	Capacidad máxima biodigestor (m <sup>3</sup> )
<b>01.</b>	1.0	1.2	1.0	3.0	<b>3.0</b>
<b>02.</b>	1.0	1.2	1.0	10.0	<b>11.0</b>
<b>03.</b>	1.0	1.2	1.0	14.0	<b>15.0</b>
<b>04.</b>	2.0	2.5	1.5	12.0	<b>40.0</b>
<b>05.</b>	2.0	2.5	1.5	15.0	<b>50.0</b>
<b>06.</b>	2.0	2.5	1.5	20.0	<b>67.0</b>

Cuadro 26: Dimensiones detalladas de la zanja de retención.

Además de mostrar los tamaños estándar de la zanja se determina el tiempo estimado de construcción dentro de este estimado de tiempo se considera que no todos los terrenos son iguales y que existen algunos más difíciles pues están constituidos por talpetate, barro, pedregales, o lugares inestables que requieren compactación de terreno.

Esta tabla se ha realizado considerando que el tiempo máximo de trabajo de horas al día para un hombre es de 8 horas y también se ha tomado en consideración a dos personas trabajando.

Nº Zanja	X1 (m)	X2 (m)	Y1 (m)	Z1 (m)	Horas Hombre	Días Hombre	Horas Máquina
<b>01.</b>	1.0	1.2	1.0	3.0	12	1.5	1.5
<b>02.</b>	1.0	1.2	1.0	10.0	44	5.5	5.5
<b>03.</b>	1.0	1.2	1.0	14.0	60	7.5	7.5
<b>04.</b>	2.0	2.5	1.5	12.0	160	20	20
<b>05.</b>	2.0	2.5	1.5	15.0	200	25	25
<b>06.</b>	2.0	2.5	1.5	20.0	268	33.5	33.5

Cuadro 27: Detalle de tiempo de construcción de zanja de retención.

Habr  casos en la que la zanja será lo único que se podrá construir y luego se montara el Biodigestor sobre él, pero lo recomendable es colocarle ladrillo y cemento para darle mayor estabilidad mecánica a la zanja de retención.

Es por esta razón que se coloca una tabla con el detalle de los materiales a utilizar para la construcción de la zanja utilizando ladrillo.

<b>N� de zanja</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>
<b>01.</b>	352	3.91	0.58	2.34	0.352	7	1
<b>02.</b>	1000	11.11	1.66	6.66	1	18	3
<b>03.</b>	1371	15.23	2.28	9.14	1.371	25	4
<b>04.</b>	2084	23.15	3.47	13.89	2.084	38	6
<b>05.</b>	2547	28.30	4.24	16.98	2.547	46	7
<b>06.</b>	3318	36.86	5.53	22.12	3.318	59	9
<b>(1)</b>	Ladrillos						
<b>(2)</b>	Bolsas de cemento necesarias para pegar los ladrillos						
<b>(3)</b>	Cantidad de arena en metros cúbicos para pegar los ladrillos						
<b>(4)</b>	Bolsas de cemento necesarias para repellar las paredes						
<b>(5)</b>	Cantidad de arena en metros cúbicos para repellar las paredes						
<b>(6)</b>	Total bolsas de cemento						
<b>(7)</b>	Total m <sup>3</sup> de arena						

Cuadro 28: Cantidad de materiales necesarias para realizar las zanjas.



Figura 59: Detalle de montaje de biodigestor en la zanja de retención.

#### 47.3.2. CONSTRUCCIÓN DE POZO DE TANQUE DE MEZCLA Y DE DESCARGA

El tamaño de este dependerá del tamaño del biodigestor y del caudal de entrada que llegara a éste.

Éste se puede construir con materiales rígidos como lo son ladrillo y cemento, aunque se pueden utilizar recipientes plásticos que se conectaran a través de tubería al biodigestor.

En el caso del pozo de mezcla deberá estar conectado al biodigestor a través de una tubería con un diámetro no menor a 4" de PVC y en la entrada de la tubería deberá contar con un filtro metálico o plástico que tenga agujeros que no excedan de más de 2 cm de diámetro. Ésto para evitar la entrada al biodigestor de materiales demasiado grandes este, ya que ésto dificulta la digestión anaeróbica, además de eso, después del filtro se colocará una válvula de paso que permita la entrada de material hacia el biodigestor esto con el propósito que el tanque de mezcla pueda ser llenado con el excremento para luego proceder a su mezcla con agua para poderlo ingresar. El tubo estará colocado respecto a la horizontal a no menos de 45° desde el pozo de mezcla hasta llegar al biodigestor, y en el biodigestor deberá estar la entrada a no más de la mitad de la altura total de éste.



Figura 60: Detalle de la colocación del tubo de abasto proveniente del tanque de mezcla.



Figura 61: Detalle de la altura máxima de instalación de los tubos de entrada y salida del biodigestor.

### 47.3.3. CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR

Para poder realizar este proceso se necesita adquirir bolsa de polietileno calibre número ocho como mínimo con protección contra rayos ultravioleta.

01. En una superficie plana y desprovista de cualquier objeto que pueda dañar el Polietileno se debe extender este, se debe saber con anticipación el largo total de la zanja de retención pues será esta la que determine el tamaño total del polietileno a utilizar para poder hacer el Biodigestor, el tamaño del plástico estará determinado por la siguiente formula.

$$L_{polietileno} = L_{zanja\ de\ retención} + 5\ m$$

Esos 5 m servirán para realizar los amarres en las tuberías de entrada como de salida del biodigestor.

Se procede a cortar los dos trozos de polietileno.

Nº Zanja	X1 (m)	X2 (m)	Y1 (m)	Z1 (m)	Tamaño de trozos de polietileno (m)	Cantidad total a necesitar (m)
01.	1.0	1.2	1.0	3.0	8	16
02.	1.0	1.2	1.0	10.0	15	30
03.	1.0	1.2	1.0	14.0	19	38
04.	2.0	2.5	1.5	12.0	17	34
05.	2.0	2.5	1.5	15.0	20	40
06.	2.0	2.5	1.5	20.0	25	50

Cuadro 29: Dimensiones de polietileno y cantidad total a necesitar.

La franja en amarillo determina el diámetro que debe tener la bolsa de polietileno ya inflada y que será el punto de partida para poder encargar el polietileno.

02. Después de tener las dos partes cortadas se procede a marcar ambos extremos donde se realiza los dobleces de este, esto con el fin de tener una referencia para poder amarrar el polietileno a los tubos y poder centrar el agujero de salida del gas.



Figura 62: Extendido de plástico primera capa.

03. Al haber marcado se coloca una bolsa de polietileno dentro de la otra para que quede de doble espesor, quienes realicen este proceso deberán introducirse a la bolsa sin zapatos, relojes y otros objetos que puedan generar daños en el plástico.



Figura 63: Despliegue de segunda capa de plástico.





Figura 64: Introducción de la primera capa en la segunda capa para crear la doble bolsa.



Figura 65: Finalización de la introducción de la bolsa.

Ambas bolsas deben quedar bien extendidas la una con la otra de manera que no queden pliegues que pueden resultar en un peligro para el buen desempeño del biodigestor.



Figura 66: Proceso de remoción de pliegues en la bolsa.

04. Colocación de la tubería de extracción del biogás, en este punto es necesario marcar primero el punto donde se realizara el agujero para colocar la unión este agujero según se ha podido determinar queda mejor en el centro superior del Biodigestor, el agujero debe efectuarse por la parte de dentro de la bolsa por lo que se deberá colocar a alguien en la parte interna de la bolsa.



Figura 67: Colocación del acople PVC.

Para poder sellar el interior como el exterior se recomienda no colocar pegamentos para PVC, solamente se recomienda colocar un empaque de seguridad por el lado de dentro de la bolsa como por fuera de la bolsa, esto con el propósito de evitar fugas de gas.



Figura 68: Colocación de empaques de seguridad.

Los empaques se pueden fabricar de neumáticos viejos de autos que sirven como un buen sello a las fugas de gas.

El acople necesario que se debe colocar a este debe de ser de 1 ½" con tubería de 1 ½" esto con el propósito de permitirle al gas circular al gas hacia afuera con libertad sin necesidad de realizar una gran perforación en la bolsa.

#### 05. Colocación del biodigestor en la zanja de retención.



Figura 69: Colocación de biodigestor en la zanja de retención

06. Amarre de la bolsa del biodigestor en las tuberías de entrada y salida.



Figura 70: Introducción de la bolsa en la tubería proveniente del tanque de mezcla.

Este proceso se aplicará también en el lado del tanque de descarga.



Figura 71: Salida del plástico en la tubería 01.



Figura 72: Salida del plástico en la tubería 02.



Figura 73: Amarre de la bolsa a la tubería de PVC.

El amarre se puede hacer utilizando hules de neumáticos viejos que permiten que el medio quede sellado de manera eficaz. Estos trozos se deben adecuar para que no queden muy anchos pero si lo suficientemente largo para poder sujetarlo bien a la tubería, como medio opcional se pueden utilizar abrazaderas de acero inoxidable que se pueden utilizar para sujetar de una manera estética y segura la tubería.



Figura 74: Abrazadera de acero inoxidable para tubería de 4”.

#### 47.3.4. COLOCACIÓN DE TUBERÍAS Y FILTRO

Después de haber montado el biodigestor con su tubería de salida se procederá a colocar la tubería que conectara con los diferentes dispositivos que permitirán la extracción del biogás, esto debe realizarse con mucho cuidado ya que cualquier fuga significaría una grave pérdida para el sistema pues se trata de generar la mayor cantidad de biogás con lo mínimo de pérdida.

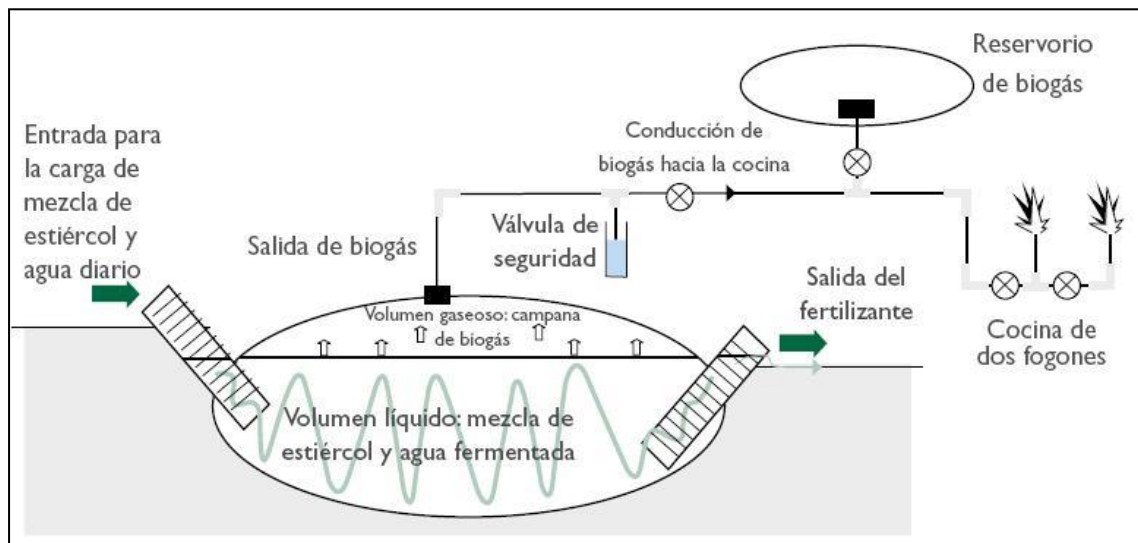


Figura 75: Esquema de conexión de tuberías en sistema de generación de biogás.

Dentro de las partes de este sistema se encuentran varios puntos importantes de los cuales se destaca:

##### 1) Primera Válvula de Control

Esta válvula es colocada a pocas pulgadas del primer codo colocado en el tubo de salida, su función es controlar el flujo de gas muy cerca de la bolsa, además se usa en caso de que haya necesidad de cambiar el agua del bote que sirve como válvula de alivio o control de presión

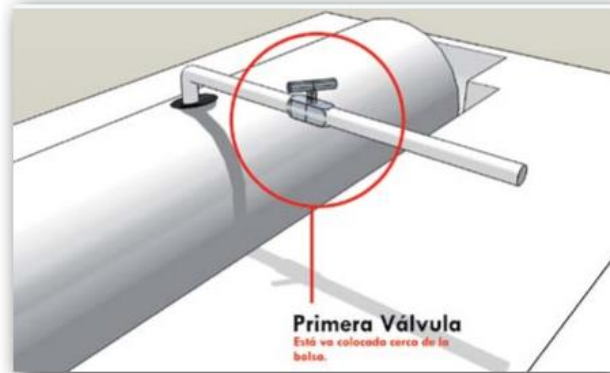


Figura 76: Válvula de control

## 2) Sello Hidráulico

Después de la primer válvula de control se coloca una T con una salida apuntando hacia el suelo, en la salida que esta hacia abajo se coloca un pedazo de tubo de unas 6 o 7 pulgadas de largo que ira sumergido en un envase plástico de 2 o 3 litros, este envase irá lleno de agua hasta la mitad o más arriba de manera que cubra la boca del tubo para evitar que se escape el gas por el mismo. Este mecanismo actúa como un liberador de presión del biodigestor, ya que si la tubería se obstruye o aumenta la presión súbitamente será a través de este dispositivo que el sistema liberara la presión de gas excesiva sin afectar la productividad, la profundidad que estará sumergida la tubería dependerá de la presión a la que se desee configurar el sistema.

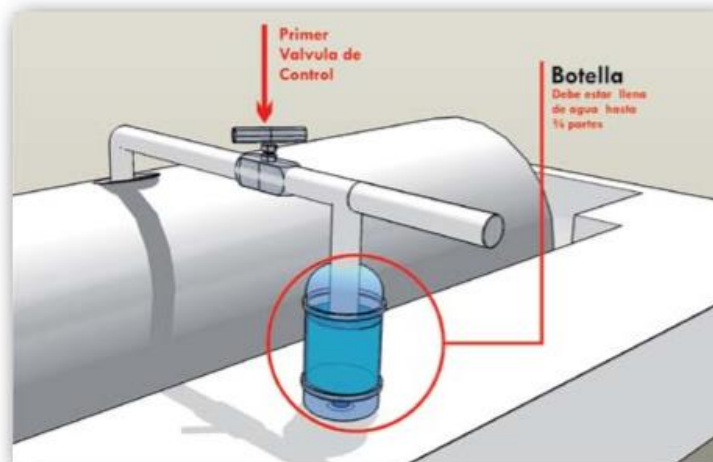


Figura 77: Sello hidráulico implementado

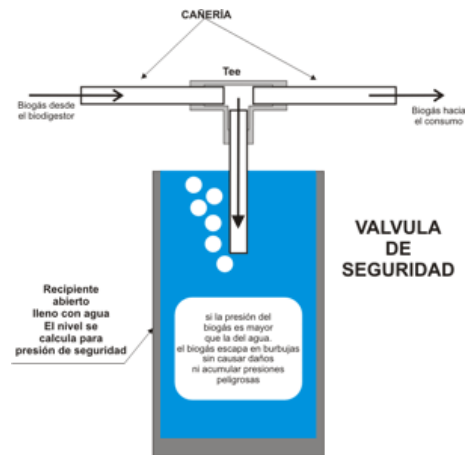


Figura 78: Explicación del sistema de sello hidráulico.

### 3) Válvula para liberación de agua

Esta válvula es colocada en la parte más baja de la línea de conducción. Se coloca en un extremo de una T para que al momento de acumularse agua en la línea de conducción se pueda votar por esa válvula. La más mínima cantidad de agua acumulada en la tubería de conducción si logra cubrir el diámetro de la tubería es suficiente para estropear el paso del gas y de esa manera aunque haya presión en la bolsa el gas no llega hasta la estufa en la cocina. (Todos los accesorios utilizados hasta este punto deben de ser de PVC), esto por una razón que más adelante se explicará.

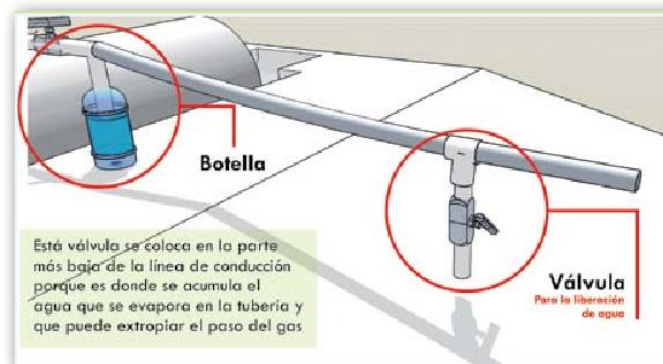


Figura79: Válvula liberadora de agua o de humedad.

Uno de los cuidados que se debe tener antes de apertura esta llave es que se debe deshabilitar la válvula de control principal para evitar el escape de gas.



#### 4) Filtro de gas sulfhídrico

Dentro del proceso de digestión anaeróbica se producen una serie de gases junto con el metano que es la base del biogás, dentro de estos gases se produce el gas sulfhídrico que al combinarse con agua produce el ácido sulfúrico, este se acido se muestra altamente corrosivo con piezas de metal, lo que se traduce en una desventaja pues este biogás se necesita para alimentar unos generadores que trabajan con gas natural y estos contienen piezas de metal que se verán gravemente deterioradas en un periodo corto debido a la exposición a este compuesto que se genera de manera natural en la fermentación anaeróbica, debido a esto se ha determinado el crear un filtro físico que no permita el paso de este gas hacia el generador evitando el deterioro de piezas de este.

Para este caso el filtro de acero es el método más utilizado para poder eliminar la presencia de ácido sulfhídrico.

La construcción de este se realizará con accesorios de PVC que no reaccionan químicamente con el ácido sulfhídrico. Se utilizará un tubo de 1 metro de largo con un diámetro de 4" se utilizaran dos reductores que pasen tubería de 4" a tubería de 1 ½", viruta de hierro que será el agente físico-químico que efectuará el proceso de filtrado.

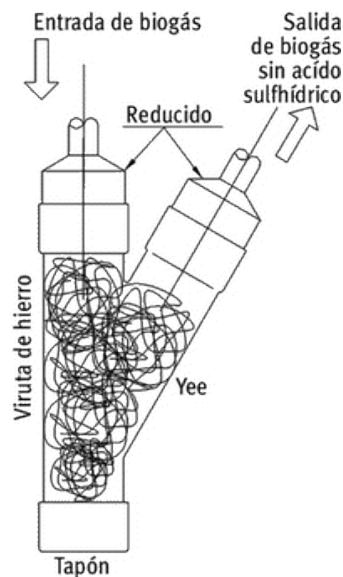


Figura 80: Esquema de filtro de ácido sulfúrico o gas sulfhídrico.

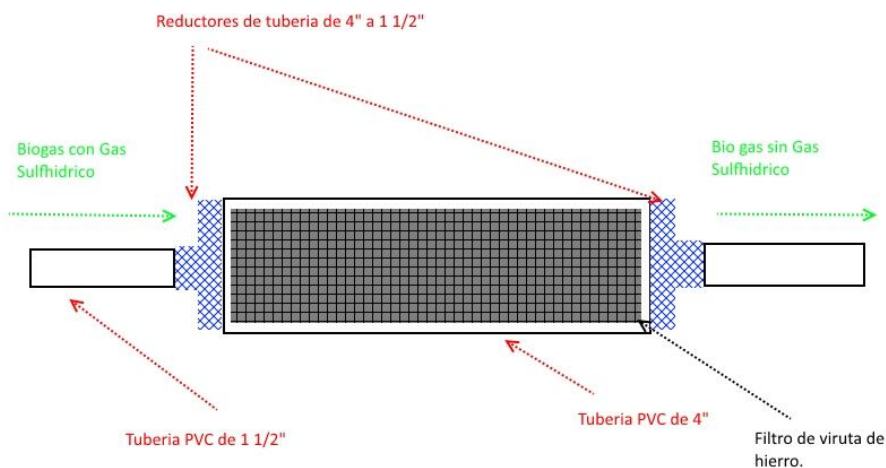


Figura 81: Esquema detallado del filtro de gas sulfhídrico.

El resultado del filtro es la eliminación del sulfuro de hidrógeno y la obtención de sulfuro de hierro.

Como siguiente paso se presentará una tabla de construcción de filtros de gas Sulfhídrico que se adecuan a las necesidades que se pueden presentar.

DIMENSIONES	CARGA LANA DE ACERO	CAUDAL MÁXIMO	RETENCIÓN
Ø x L en cm	kg	m <sup>3</sup> /h	kg de H <sub>2</sub> S
75 x 100	220	450	130
75 x 150	330	650	200
75 x 200	440	900	270
100 x 150	590	1200	360
100 x 200	785	1900	475
100 x 250	980	2000	600
100 x 300	1180	2400	700
150 x 200	1770	3500	1000
150 x 300	2350	4700	1600
150 x 400	3500	7000	2100
200 x 300	4700	9500	2900
200 x 400	6200	12400	3800

Cuadro 30: Detalle de construcción de filtro de gas sulfhídrico

Después de colocar el filtro de gas se debe conectar la salida de este a la entrada del generador para poder iniciar el proceso de generación de energía eléctrica en base a biogás.

Los generadores de este tipo se pueden encontrar desde los 2.5 kW hasta los 1.1 MW que es lo que hasta el momento se ha podido observar.

En algunos casos donde no se ha podido encontrar generadores a biogás se han utilizado generadores a gas natural, que según estudios realizados tiene composición química similar como comportamiento similar al Biogás, es por esta razón que se puede utilizar ambos generadores para un solo propósito.



Figura 82: Generador a gas natural de 1.375 MVA



Figura 83: Generador a gas natural de 24 kW



Figura 84: Generador a biogás de 20 kW a 700 kW trifásico



Figura 85: Generador a bBiogás de 20 kW a 1.0 MW

## **48. DETALLES DE GENERACIÓN DE BIOGÁS.**

La generación de biogás por medio de excremento humano durante su periodo de fermentación o estabilización que dependerá como ya se ha mencionado anteriormente de la acidez de éste como la temperatura a la cual se realice el proceso, siendo para el caso de la zona centroamericana por tener una temperatura que está por encima de los 24°C de 10 a 15 días de gestación durante este periodo el excremento de una tan sola persona puede producir en promedió de 0.28 a 0.34 metros cúbicos de biogás, este dato es de gran importancia pues es con este dato que se puede pronosticar bajo condiciones normales la cantidad de biogás que puede generarse con un grupo de personas.

### **48.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y ADECUACIÓN.**

#### **48.1.1. PREPARACIÓN DE MEZCLA PARA ALIMENTAR EL BIODIGESTOR**

La mezcla está hecha de estiércol y agua, dentro de este proceso se puede incluir el estiércol de vaca, de cerdo de caballo, desechos biodegradables de cocina, pulpa y aguas mieles de café.

La mezcla se hace con una porción del 25% de estiércol y 75% de agua seguidamente se agita hasta que esté bien mezclada el agua con el estiércol y posteriormente es vaciada a la bolsa. Este método se aplica volumen vs volumen, es decir volumen de excremento vs volumen de agua. Al principio este proceso puede hacerse más de una vez por día para acelerar la descomposición de materia y producción de gas, cuando ya hay gas dependiendo del uso se puede llegar a espaciar hasta 3 veces por semana.



Figura 86: Preparación de mezcla de estiércol.

Para el caso de que la mezcla se haga por cantidad de masa se detalla el volumen de agua a Ingresar para poder tener una mezcla que resulte óptima para el proceso de descomposición anaeróbica.

Ítem	Material	% De sólidos Totales	Agua (litro/kg)
01.	Excremento Humano	17	1.1
02.	Estiércol de Cerdo	18	1.3
03.	Estiércol de Vaca	20	1.5
04.	Estiércol de Bueyes y caballos	25	2.1
05.	Estiércol de Ovejas	32	3.0
06.	Estiércol de Gallinas	44	4.5

Cuadro 31: Detalle de estiércol contra volumen de agua para mezcla.

#### 48.1.2. PRIMERA CARGA DEL BIODIGESTOR

Ya colocada la bolsa dentro de fosa se procede a llenar con agua hasta la mitad tratando que el agua cubra la boca de los tubos de carga y descarga, esto hace lo que se llama EL SELLO DE AGUA que en adelante se encargará de no permitir la salida de gas por estos orificios ni la entrada de oxígeno que resulta ser negativo para el proceso anaeróbico (sin oxígeno) que se desarrolla dentro de la bolsa.



Figura 87: Muestra de la textura que debe tener la primera carga para el biodigestor.

#### 48.1.3. TIPO DE ALIMENTACIÓN (MEZCLA).

En punto anterior se dijo que se puede alimentar con diferentes tipos de estiércoles y materia biodegradable, según algunas versiones, el estiércol de animales que más gas produce es el de cerdo, otros dicen que la combinación de diferentes estiércoles produce buena cantidad de gas por la variedad en la composición de la mezcla. Es necesario tener sumo cuidado en que la mezcla no contenga materiales cortantes o no degradables como lata, cartón, vidrio, cualquier tipo de metal, piedras o sustancias químicas (son dañinas y no producen gas) alguna personas recomiendan colar la mezcla antes de ingresarla en el biodigestor.

Tipo de Animal	Estiércol producido	Biogás	Biogás Producido en 10 días (m <sup>3</sup> )
<b>Vacas</b>	6 a 10 kg/día	60 lt/kg	3.6
<b>Cerdos</b>	2.25 kg/día	78 lt/kg	1.755
<b>Gallina</b>	0.18 kg/día	62 lt/kg	0.1116
<b>Humano</b>	0.4 kg/día	70 lt/kg	0.28

Cuadro 32: Detalle de estiércol y biogás generado diariamente por diferentes especies.

#### **48.1.4. PROTECCIÓN – DURABILIDAD.**

Como la bolsa es plástica aunque está hecha para resistir algunas condiciones climáticas no está hecha para resistir maltratos, por lo que hay que cuidarla muy bien, recordemos que un pequeño agujero es suficiente para perder el gas y arruinar el biodigestor por completo.



Figura 88: Biodigestor protegidos con techo para aumentar su vida útil.

A esta estructura no deben acercarse personas, animales o permitir que esté debajo de un árbol donde pueden caer ramas y perforarlo, entonces lo mejor para la protección es cercarlo y ponerle techo sin eliminar por completo la entrada de sol para que se mantenga una temperatura arriba de 30 °C para ayudar al proceso de descomposición de la materia, pues por la naturaleza del proceso a mayor temperatura mejor producción de gas.

## **48.2. MANTENIMIENTO DIARIO.**

### **48.2.1. ALIMENTACIÓN DIARIA.**

Cuando nos referimos a alimentación estamos hablando de la carga con la mezcla de estiércol y agua que se echa al Biodigestor. Este proceso se debe hacer diario a la misma hora y con las mismas cantidades para evitar trastornos en el funcionamiento del biodigestor. En algunos casos se duplica o triplica la cantidad



de alimentación y se efectúan cargas en tres o cuatro días pero igual debe hacerse de manera periódica o tomar en cuenta la cantidad de gas existente en la bolsa.

	Día	Observaciones
01.	Día 1	Se llena la bolsa con agua hasta cubrir la boca de los tubos de entrada y salida se puede iniciar a echar mezcla Equivalente a una 7.5% del volumen total del Biodigestor.
02.	Día 2	Se puede alimentar por la mañana con otros 7.5% del volumen total del Biodigestor.
03.	Día 3 al día 11	Se continua alimentando con la misma cantidad es decir al cabo de 10 días se deberá haber llegado al 75% de volumen total del Biodigestor.
04.	Día 12	Ya tiene que haber gas dentro de la bolsa y el nivel de la mezcla debe estar llegando a la altura de la salida del tubo de descarga (empieza a salir el Desecho o Bio abono por la pileta de descarga).
05.	Día 13	Si se están dando las características anteriores de aquí en adelante se puede continuar con una carga diaria del 3.75% de volumen total del Biodigestor.
06.	Día 14	Ya se pueden hacer pruebas de la producción del gas abriendo la válvula de salida colocando una pequeña flama de fósforos o papel, si se agita y el fuego se queda en la boca del tubo.
07.	Día 15	En caso de no generar gas se continúan haciendo las pruebas hasta conseguir una flama permanente.

Cuadro 33: Cronología de alimentación de biodigestor.

#### **48.2.2. CANTIDAD MÁXIMA DE BIOMASA A FERMENTARSE EN EL BIODIGESTOR.**

Dentro de este estudio se pudo encontrar que las cantidades de materia a fermentarse pueden variar del 60% al 95% del volumen total del biodigestor lo que significa que solo quedara un 40% a un 5% de espacio libre para que se produzca el gas, como lo muestra la siguiente imagen.



Figura 89: Porcentaje de agua más excreciones vs espacio libre.

El estudio arrojó que la manera más adecuada para colocar la mezcla es de un máximo del 75% del volumen total del biodigestor lo que a su vez significa que queda un 25% de volumen total que queda libre para la generación de biogás.

### 48.3. DIFICULTADES MÁS COMUNES Y COMO RESOLVERLAS.

NO	DIFICULTAD	SOLUCIÓN
01.	Descontrol en la alimentación	Cargar todos los días a la misma hora y la misma cantidad
02.	No produce gas	Puede ser que hay escapes y habrá que buscar la forma de sellarlos. Esta mal alimentado y hay que vaciarlo y volverlo a llenar con más cuidado para no trastornar el proceso o de ser posible hay que echarle suero o jugo de toronjas para activar la bacteria que trabaja con ácidos como esos.
03.	El gas no pasa del biodigestor al generador	Puede ser que hay agua en la tubería y es necesario revisar la válvula de liberación de agua o alguna válvula puede estar cerrada.
04.	Se llena toda la bolsa de agua	Tiene fugas de agua o gas o los sellos de agua no están funcionando, los tubos de carga y descarga no están bien colocados dentro de la

		bolsa (revisar la inclinación principalmente del tubo de descarga)
05.	Se rompió la bolsa	Hay que remendarla o cambiarla depende la severidad del daño
06.	Se derrumbó la bolsa	Tome en cuenta la estabilidad del terreno antes de hacer la fosa. En terrenos muy frágiles es mejor reforzar con bloque las paredes o puede colocar a la orilla de la fosa plantas rastreras que amarren el suelo como el maní forrajero ( <i>Arachis pintoi</i> ) o la grama.

Cuadro 34: Dificultades más comunes y como resolverlas.

#### 48.4. SOSTENIBILIDAD

Al iniciar operaciones en una planta generadora quizás se podrá ver un gasto alto para poder generar la energía eléctrica en base al Biogás.

#### 48.5. BENEFICIOS A LA SALUD, AL AMBIENTE Y LA ECONOMÍA

- ❖ Es la mejor forma de reducir o eliminar la exposición de estiércoles a los mantos acuíferos así como ríos.
- ❖ Todo el gas emanado por estos residuos es capturado y ocupado para actividades domésticas.
- ❖ La inversión que los hogares hacen en gas, leña o energía eléctrica es drásticamente reducida al hacer uso del biogás como combustible doméstico.
- ❖ El biogás se puede utilizar para poder generar energía eléctrica como sistema de cocción y calefacción.
- ❖ Dependiendo de la producción de biogás que se tenga se puede generar para poder distribuir.

## 49. ANALISIS ECONÓMICO

### 49.1 COMPARACION DE PROPIEDADES ENTRE CAÑA Y PASTO

Caña de azúcar	
Parámetros	Valor
PCI (MJ/kg)	7.64
Contenido de humedad (%)	50
Productividad (ton)	13.5
Densidad de siembra (Plantas/ha)	90,000
Contenido de ceniza (%)	12

Cuadro 35: características de la planta de caña

Pasto Elefante	
Parámetros	Valor
PCI (MJ/kg)	15.15
Contenido de humedad (%)	10
Productividad anual (ton/ha)	45
Densidad de siembra (plantas/ha)	170,000

Cuadro 36: Características del pasto elefante

El contenido de ceniza del pasto de elefante se muestra en el gráfico de la figura 90, en donde se presenta la ecuación  $y=14.72-0.009x$ . El eje “y” representa el porcentaje de ceniza y el eje “x” representa los días de secado del pasto.

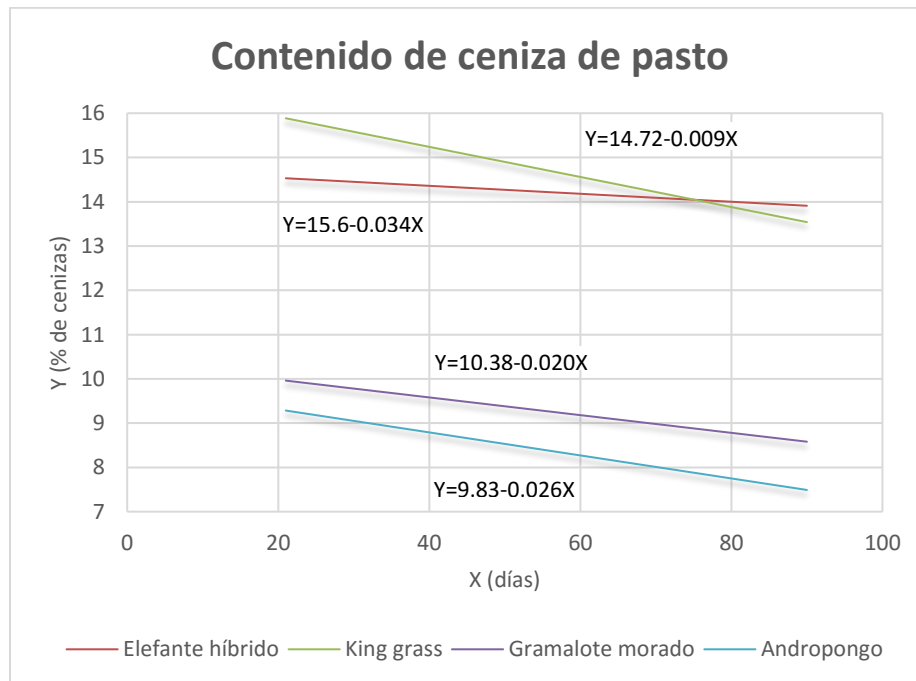


Figura 90: Gráfico materia seca en pasto

El poder calorífico del carbón es 27MJ/kg

1tec = 1 tonelada equivalente de carbón

3.84 tcaña = 1tec

1.93 tpasto = 1tec

1 tec (tonelada equivalente de carbón): 0.70 tep

La tonelada equivalente de petróleo (tep, en inglés toe) es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, la cual, como varía según la composición química de éste, se ha tomado un valor convencional de:

41 868 000 000 J (julios) Es una de las unidades grandes de energía. Sirve también de parámetro (comparación) de los niveles de emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera que se generan al quemar diversos combustibles.

## **PROPIEDADES DEL TERRENO DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO EN EL DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE, EL SALVADOR**

Se realizó el estudio de siembra de pasto elefante en el departamento de San Vicente, El Salvador.

Genética:

- Latosoles Arcilloraji y litosoles (agrupación más extensiva del país)

Suelos:

- Suelos arcillosos, pardos poco profundos y generalmente muy pedregosos. Abundan los afloramientos rocosos.

Potencial agrícola:

- Pocas áreas pueden ser cultivables por métodos modernos, la mayoría son cultivos de subsistencia. Pastos extensivos y bosque, es el uso más recomendable.

### 49.1.1 COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL DE PASTO ELEFANTE

RIEGO DE PASTO	\$ 829.00	\$/ha
FERTILIZACION DE PASTO	\$ 348.82	\$/ha
CONTROL DE MALEZA	\$ 124.24	\$/ha
COSTO DE COSECHA	\$ 195.56	\$/ha
VALOR DE LA TIERRA	\$ 300.00	\$/ha
ADMINISTRATIVO	\$ 754.94	\$/ha
TOTAL	\$ 2,552.57	\$/ha

Cuadro 37: Distribución de costos de producción

Con una producción de 45 toneladas al año por hectárea cada tonelada tendría un costo de \$56.72

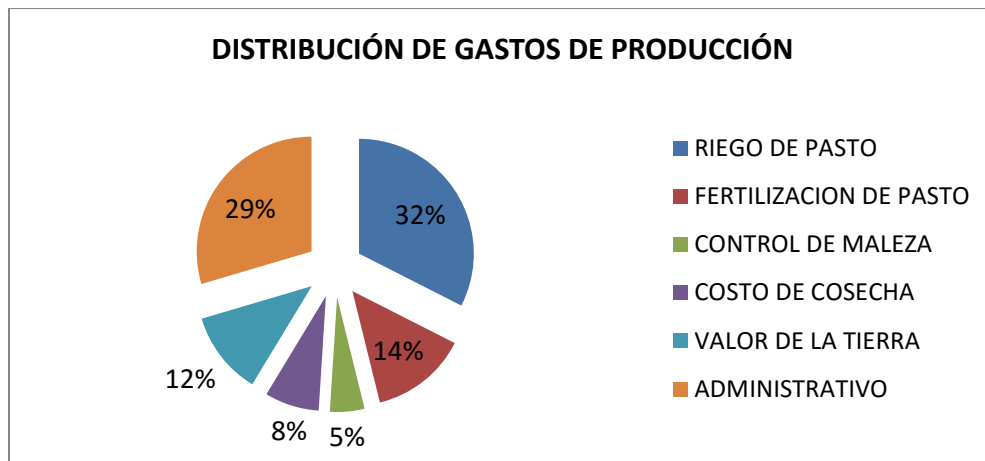


Figura 91: Grafico de distribución de gastos

La eficiencia del ciclo térmico de la generación de electricidad está determinada por las características del generador la turbina de vapor.


Los generadores de vapor con el propósito de lograr una eficiencia térmica del 80% y alcanzar presiones de vapor de 40 kgf/cm<sup>2</sup> se logra una producción de energía de 203 kWh/tcm (tcm=tonelada de caña molida)

PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA CON PASTO 4,208 kWh/t

### BLOQUES DE DEMANDA

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
0	5	5	5	5	5	5	5	
1	5	5	5	5	5	5	5	
2	5	5	5	5	5	5	5	
3	5	5	5	5	5	5	5	
4	5	5	5	5	5	5	5	
5	5	4	4	4	4	5	5	
6	4	4	4	4	4	5	5	
7	3	3	3	3	3	4	5	
8	3	2	2	2	3	3	5	
9	2	2	2	2	2	3	4	
10	2	2	2	2	2	3	4	
11	1	1	1	1	1	3	4	
12	2	2	2	2	2	3	4	
13	2	2	2	2	2	3	4	
14	1	1	1	1	1	3	4	
15	2	2	2	2	2	3	4	
16	2	2	2	2	2	4	4	
17	3	3	3	3	3	4	4	
18	2	2	2	2	2	3	3	
19	2	2	2	2	2	2	3	
20	2	2	2	2	2	3	3	
21	3	3	3	3	3	3	4	
22	4	4	4	4	4	4	4	
23	4	4	4	4	4	5	5	
1	2	2	2	2	2	0	0	10
2	9	10	10	10	9	1	0	49
3	4	3	3	3	4	11	3	31
4	3	4	4	4	4	4	11	34
5	6	5	5	5	5	8	10	44
TOTAL	24	24	24	24	24	24	24	168

Cuadro 38: Boque de demanda de energía eléctrica en El Salvador



	MW	%
CASSA	107.5	6.5%
CENTRAL IZALCO	45.0	2.7%
CHAPARRASTIQUE	62.5	3.8%
EL ANGEL	97.5	5.9%
LA CABAÑA	21.0	1.3%
<b>TOTAL</b>	<b>226.0</b>	<b>13.6%</b>

Figura 92: Capacidad instalada de generación de biomasa en 2016

### 49.1.2 EJEMPLO DE RENTABILIDAD EN INGENIO CHAPARRASTIQUE 2016

Semana 1, bloque 1, demanda por cada hora

Producción para la demanda: 30.3 MWh

Producción por pasto: 4.208 MWh/ton

$$\# \text{ de toneladas de pasto} = \frac{30.3 \text{ MWh}}{4.208 \frac{\text{MWh}}{\text{ton}}} = 7.2 \text{ ton}$$

Precio de MW/h: \$48.683

Precio de pasto seco: \$56.72/ton

$$\text{pago por generación} = 48.683 \frac{\$}{\text{MWh}} \times 30.3 \text{ MWh} = \$1,475.09$$

$$\text{pago por pasto} = 56.72 \frac{\$}{\text{ton}} \times 7.2 \text{ ton} = \$408.384$$

$$\text{Ganancia para la empresa generadora} = \$1,475.09 - \$408.384 = \$1,066.706$$

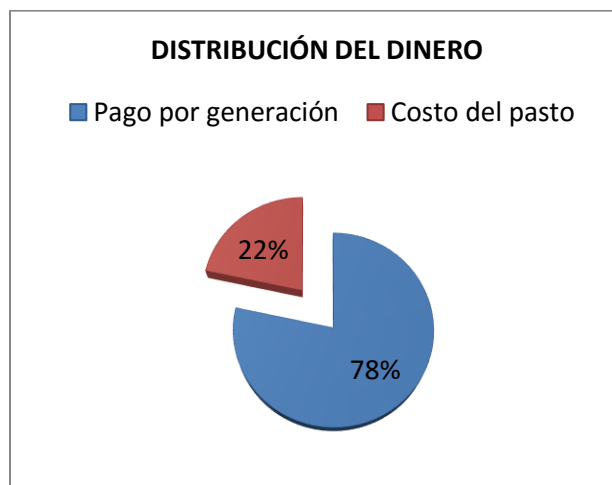


Figura 93: Distribución del dinero



## 49.2 LA GASIFICACIÓN DE LA ESTOPA DE COCO Y LA LEÑA.

Ya en la Segunda Guerra Mundial los países nórdicos utilizaban este tipo de tecnología para generar un gas que era quemado en motores estándar de gasolina, y así poder utilizar su parque móvil.

La gasificación es un proceso termoquímico a través del cual se transforman residuos orgánicos en un gas pobre (bajo poder calorífico) conocido como “Producer Gas”. Este proceso de transformación se realiza con la ayuda de un agente gasificante tal como el aire, oxígeno y en algunos casos vapor de agua.

Realizando este proceso en el interior de una caldera diseñada a tal efecto, y controlando de manera intencionada el aire primario y secundario, se consigue una combustión completa y eficaz de la madera y un aumento importante de su capacidad para generar energía.

El esquema del proceso total se muestra en la figura a continuación:

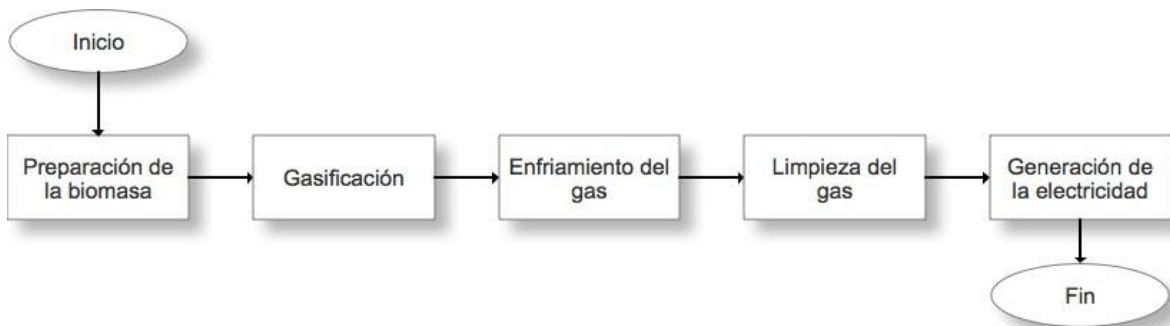


Figura 94: Proceso de gasificación y generación de la energía eléctrica.

Fuente: Community Power Corporation.

Sin embargo en la extracción del gas de la madera para un proceso posterior, se produce una semi combustión, ya que se introduce aire en una proporción inferior a la que se necesitaría en una combustión completa. A consecuencia de ello se destila un gas que deberá tratarse, para su utilización posterior en un motor de combustión interna (cogeneración).

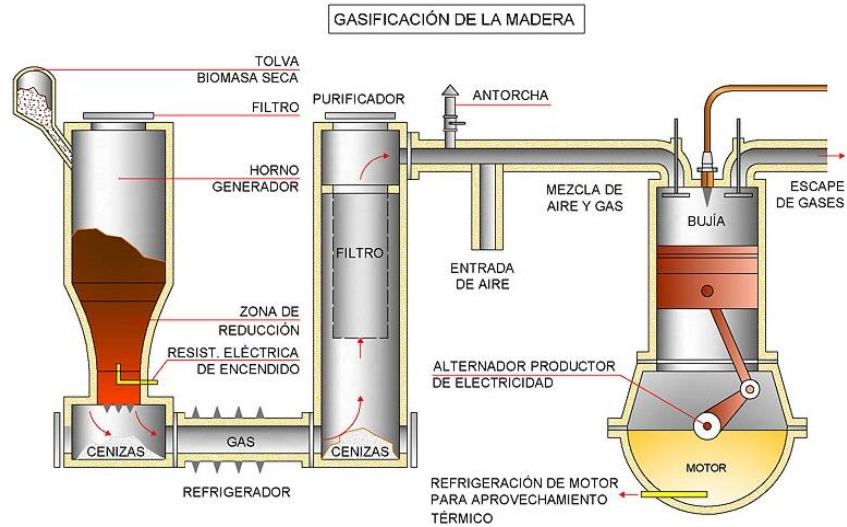


Figura 95: Proceso de gasificación y generación de la energía eléctrica.

Fuente: Community Power Corporation.

Existen cuatro partes diferenciadas en el proceso de generación de energía a través de gasificación se puede describir de la siguiente manera:

### 1a. Gasificación.

Por medio del alimentador se introduce biomasa al gasificador en el cual se realizan procesos de pirolisis, oxidación y reducción de la biomasa; el resultado es un gas combustible con ciertos residuos de carbón conocido por "Producer Gas".

La gasificación de la materia sólida (madera) ocurre en cuatro etapas:

#### 49.2a.1-Secado de la materia.

Es la primera etapa que comprende la gasificación, en este punto la materia vegetal es sometida a un proceso por medio del cual le es extraída la humedad contenida en ella. Este puede ser tanto por medios mecánicos o simplemente secar bajo el sol la biomasa a utilizar.

#### 1a.2- Pirolisis o descomposición térmica.

Este proceso se lleva a cabo cuando un combustible biomásico compuesto por lignocelulosa, como la madera, es sometido a una elevación de temperatura que junto a la nula o baja aportación de oxígeno en el momento de la reacción, libera o

produce sustancias que son volátiles a determinadas temperaturas. De esta manera se producen sustancias como  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

La aportación de oxígeno al proceso puede ser medida por la suma de diferentes aportaciones: la propia constitución de materiales lignocelulósicos, el contenido de humedad en la materia utilizada o la incorporada con los gases comburentes en forma de oxígeno molecular (aire), vapor de agua o monóxido y dióxido de carbono.

Debido a que los procesos que comprenden la gasificación obedecen a reacciones químicas generalmente de carácter exotérmico, la temperatura aumenta a lo largo de este proceso. En síntesis, la pirólisis es el resultado de la transformación térmica de la biomasa a una temperatura inferior a los  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . Es decir que mediante el calor, el sólido original es descompuesto en una mezcla de sólido, líquido y gas. Al sólido originado en esta etapa se le sabe llamar char y a los líquidos debido a la presencia mayoritaria de alquitranes y vapores condensables se le conoce como tar.

### **1a.3- Oxidación o combustión.**

Tiene lugar cuando el agente gasificante es un oxidante como el oxígeno o el aire, e implica el conjunto de reacciones de oxidación, tanto homogéneas como heterogéneas, fundamentalmente exotérmicas, mediante las que se genera calor necesario para que el proceso se mantenga.

### **1a. 4- Reducción.**

Está constituida por las reacciones sólido-gas o en fase gas, a través de las cuales el sólido remanente se convierte en gas. Se trata de reacciones fundamentalmente endotérmicas, algunas de las cuales tienen lugar bajo determinadas condiciones, como ocurre con algunas reacciones de hidrogenación.

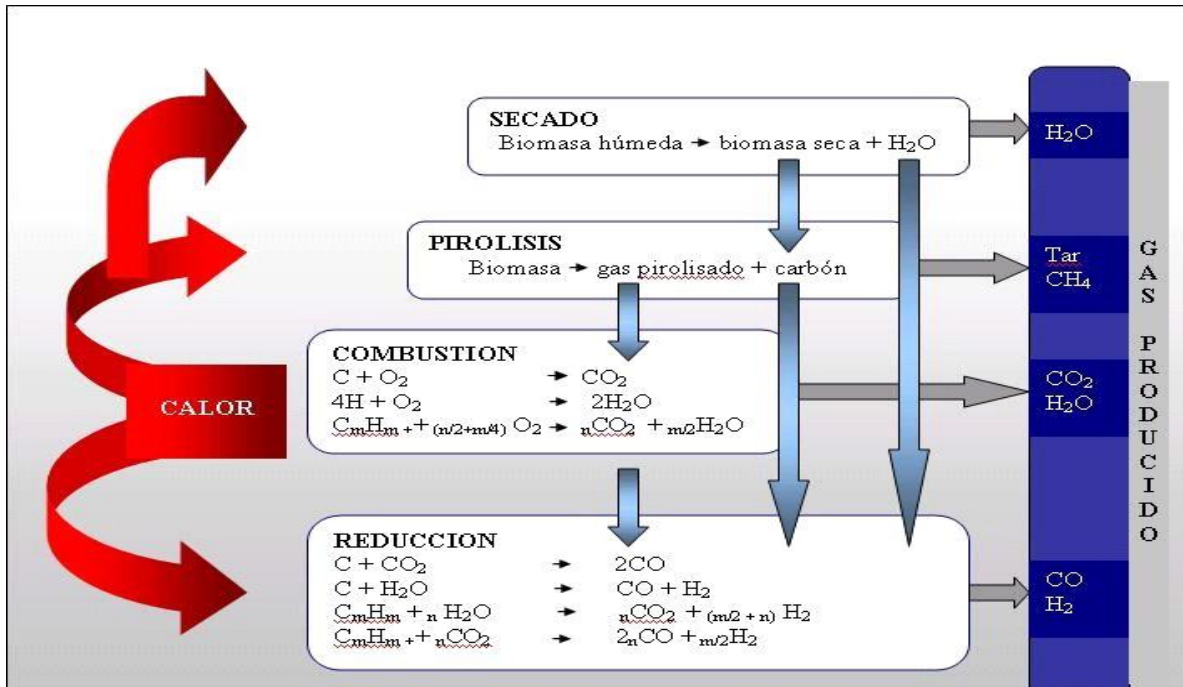


Figura 96: Proceso de formación de gas

Podemos decir que la pirólisis y la reducción son endotérmicas, siendo la oxidación exotérmica, y como se comenta anteriormente la oxidación es la que proporciona energía a la pirólisis y a la reducción.

## 2a. Intercambio de calor.

Los gases y sólidos (ceniza de carbón) que salen del proceso, lo hacen a una temperatura muy alta, cercana a los  $700^\circ C$ . Es por ello que antes de pasar al proceso de purificación deben pasar por un intercambiador de calor que reduzca considerablemente su temperatura. El gas que sale del intercambiador lo hace a una temperatura algo inferior a los  $100^\circ C$  después de recorrer un camino de tubos que son enfriados con aire a temperatura ambiente, suministrado por una pequeña motobomba en el sistema. Es posible usar el calor que se produce en esta etapa para facilitar el proceso de secado de la biomasa que ocurre previo a la pirólisis.



Figura 97: Esquema del enfriamiento.  
Fuente: Community Power Corporation.

### 3a. Filtrado o purificación del gas.

Un filtro remueve los restos de cenizas y carbón presentes en gas. Estos residuos sólidos se recogen en un tambor como residuo seco, no riesgoso del proceso. Este carbón, también conocido como bio-carbón, puede ser usado como fertilizante.

Adicionalmente hay que decir, que el sistema de filtrado puede no ser totalmente efectivo dejando un residuo de partículas sean de carbón o alquitrán. Esta concentración ronda las 20 ppm, lo cual es una cifra aceptable ya que muchos generadores de electricidad toleran hasta 100 ppm.

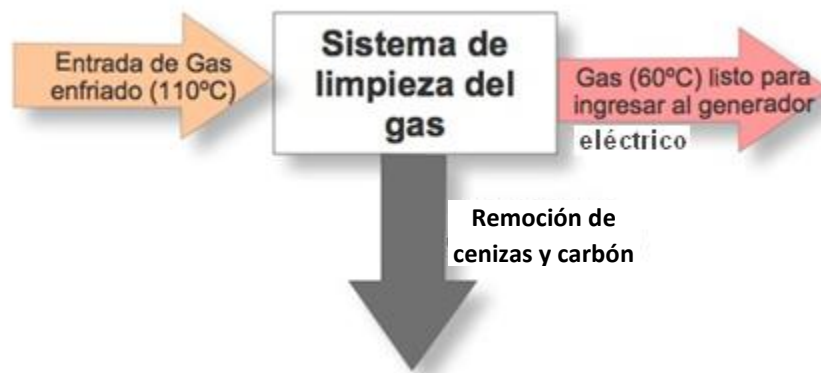


Figura 98: Esquema de purificación del gas.  
Fuente: Community Power Corporation.

#### **4a. Generación de energía.**

A través de motores de combustión interna, turbinas de gas o de vapor, calderas, micro-turbinas, y celdas de combustible entre otros.

##### **49.2.1 TIPOS DE GASIFICADORES.**

El gasificador donde ocurre el proceso de semicombustión puede ser de tres tipos, atendiendo a la manera de penetración del aire y la salida del combustible en el gasificador:

**Updraft:** el aire se introduce por la parte baja del gasificador y este circula en contra corriente. El gas es entregado por la parte superior.

**Downdraft:** El aire tiene su admisión por la parte media del mismo y se entrega el gas por su parte baja.

**Crossdraft:** En este caso el flujo es horizontal. Tiene grandes ventajas sobre los anteriores, ya que el tiempo de arranque es corto y puede operar con combustibles húmedos y secos aunque éstos deberán ser bajos en contenidos de cenizas. El gas sale a alta temperatura posteriormente se producen los diferentes tipos de filtraje, el enfriamiento y el suministro de éste gas en el motor correspondiente para proceder a la cogeneración. También se contempla la posibilidad de una antorcha para quemado del gas en caso necesario, es decir, sino se va a introducir en el motor de combustión interna.

La energía eléctrica puede servir para autoabastecerse o para vender a una compañía suministradora (mayor rentabilidad). Del mismo modo, la energía térmica (refrigeración de calor producido en el motor o turbina a consecuencia de la producción de electricidad) puede ser utilizada para calefacción u otros procesos térmicos.

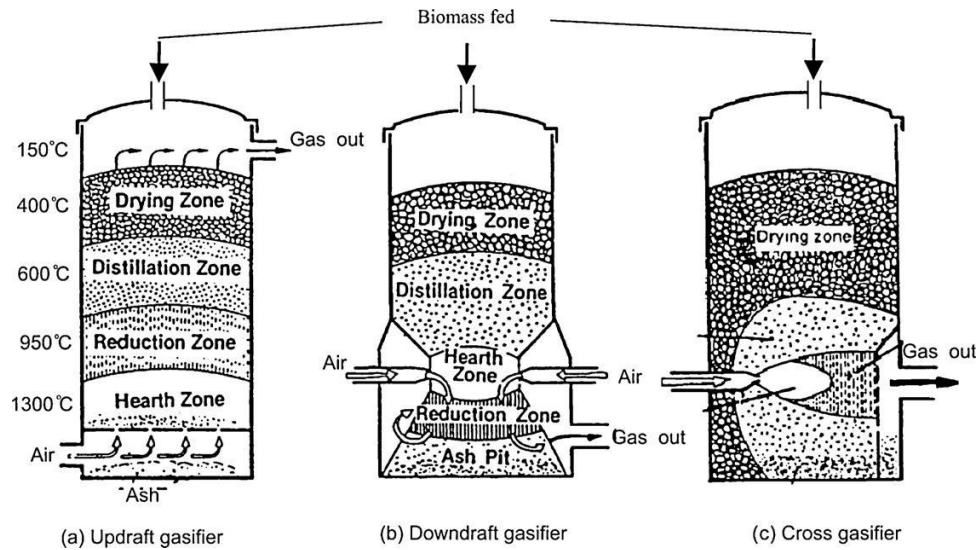


Figura 99: Tipos de gasificadores

Fuente: Community Power Corporation.

Cada tipo de gasificador tiene sus requerimientos para operar de manera eficiente, debido a esto es de esperar que los resultados entregados por la operación de estos también sean diferentes.

A continuación una tabla con un resumen de las características más comunes de tres tipos diferentes de gasificadores.

Característica	Invertido	Directo	Lecho
Tamaño del material (mm)	20 - 100	5 - 100	0 - 20
Contenido de ceniza (% Peso)	Max 6	Max 25	Max 25
Temperatura de operación (°C)	700	200 - 400	750 - 950
Contenido de alquitrán (g/Nm <sup>3</sup> )	0.015 – 0.5	30 - 150	5
Sensible a cambio de carga	Si	No	Si
Poder calorífico del gas (MJ/Nm <sup>3</sup> )	4.5 - 5	5 - 6	4.5

Cuadro 39: Características de productos de diferentes gasificadores.

[CATIE [2002], "Resultado de 10 Años de Investigación Silvicultural del Proyecto Madeleña en El Salvador", Publicaciones CATIE]

MJ\Nm<sup>3</sup>: Mega joule por metro cubico a condiciones normales de presión y temperatura

Nm<sup>3</sup>: Normal Metro Cúbico es una medida exclusiva para gases no condensables, y corresponde al volumen que ocupa el gas a 0°C y a 1 atmósfera de presión, que son precisamente las condiciones que se denominan "normales", por su facilidad para reproducirlas en laboratorio.

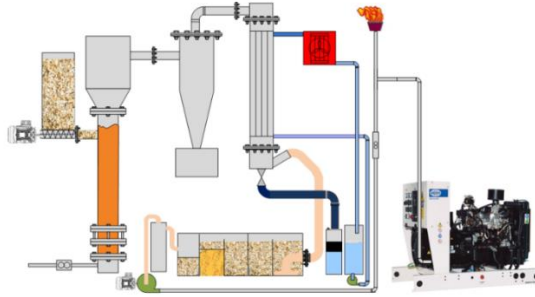


Figura 100: Gasificación y planta de generación de energía eléctrica.

Fuente: Community Power Corporation.



Figura 101: Gasificador.

Fuente: Community Power Corporation.

### **49.2.3 SISTEMAS DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE GASIFICACIÓN.**

El gas pobre producto de la gasificación y algunos residuos sólidos, pueden ser utilizados como combustible en la cogeneración de energía utilizando motores de combustión interna, turbinas de gas, turbinas de vapor (incluyendo calderas), y micro-turbinas. Las dos primeras tecnologías y los sistemas de cogeneración son las más utilizadas actualmente, debidas a su precio de adquisición, mantenimiento y eficiencias. El cuadro 40 presenta una síntesis breve de las ventajas y desventajas de las tecnologías antes mencionadas y un estimado general de costos de inversión.



Tecnología	Ventajas	Desventajas	Capacidades de Generación	Costos de Inversión en cogeneración (\$/kWe)
<b>Turbinas de gas</b>	-Alta Confiabilidad -Bajas emisiones -Alto grado de calor disponible -No necesita sistema de enfriamiento	-Requiere gas de alta presión o la utilización de un compresor -Baja eficiencia en cargas bajas -Cargas disminuyen si la temperatura ambiente se incrementa	500 kW a 40 MW	<b>800-1,800</b>
<b>Microturbinas</b>	-Reducida cantidad de partes en movimiento -Tamaños compactos y peso liviano -Bajas emisiones -No necesita sistema de enfriamiento	-Costos altos -Eficiencia mecánica relativamente baja -Limitada a temperaturas bajas de cogeneración	30kW a 350 kW	<b>1,300-2,500</b>
<b>Motores de combustión interna (gasolina)</b>	-Alta eficiencia en cargas  -operacionales flexibles -Encendido rápido -Inversión relativamente baja	-Altos costos de Mantenimiento -Limitada a aplicaciones de cogeneración de temperatura baja	<5 MW	
<b>Motores de combustión interna (diesel)</b>	generación independiente y puede seguir fluctuaciones de carga -Mantenimiento in situ por operadores comunes -Opera con gas de presiones bajas	-Emisiones de aire relativamente altas -Deben ser enfriados a pesar que el calor recuperado no se utilizó -Altos niveles de ruido de baja frecuencia	Alta velocidad (1,200 RPM <4MW)  Baja Velocidad (60-275) RPM<65MW	<b>900-1,500</b>
<b>Turbinas de Vapor</b>	-Alta eficiencia global -Puede aceptar cualquier tipo de combustible -Habilidad de satisfacer las necesidades de calor de <b>más de una demanda</b> -Vida útil muy larga y alta confiabilidad -Variable Electricidad/calor puede ser modificada	-Tiempo de encendido lento -Variable Electricidad/calor	50 kW a 250 MW	<b>300-900</b>

Cuadro 40: Ventajas, desventajas y costos de tecnologías para cogeneración de energía.

El gas pobre o Producers gas puede ser transformado a un líquido de propiedades similares al combustible diesel; a este producto se le conoce como combustible sintético.

Un sistema de generación de energía utilizando gas pobre puede tener muchas configuraciones, y esto puede depender de muchos factores.

La implementación de un sistema de conversión de energía como los mencionados anteriormente no es algo fácil, y su complejidad y viabilidad dependerá del resultado de varios estudios.

Estos estudios tendrán que investigar o contestar interrogantes como es el de la cantidad de residuos o subproductos que se generan al año, composición química de los residuos, situación energética del lugar en estudio, cantidad de lluvia que recibe el lugar, la existencia de beneficios fiscales, oportunidades económicas bajo mecanismos del Protocolo de Kyoto, etc.

#### **49.2.4 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.**

El motor de combustión interna es una tecnología ampliamente desarrollada y utilizada alrededor del mundo en una gran variedad de aplicaciones. En este sentido, una de las mayores aplicaciones de esta tecnología se encuentra dentro de los sistemas de transporte que actualmente se utilizan día a día en todo el mundo.

En la actualidad, existe una gran cantidad y variedad de motores de combustión interna para fines de generación de energía, ya sea para la generación base de electricidad, en sistemas de emergencia o para la cogeneración de energía.

Dentro de este contexto, existen principalmente dos tipos de motores de combustión interna: los motores de ignición a través de bujías y los motores de ignición por compresión.

Los motores de ignición por bujías son aquellos que utilizan para su funcionamiento combustibles como la gasolina, el gas natural, gas propano o biogás. Estos motores pueden ser diseñados para utilizar cualquiera de los combustibles antes mencionados o una combinación de ellos. Por otro lado, los motores de ignición por compresión son los que comúnmente se les conoce como motores tipo diesel. Estos motores utilizan para su funcionamiento combustible tales como el diesel, aceites pesados derivados del petróleo y en algunos casos una combinación de gas natural y combustible diesel; en este último caso el combustible diesel se inyecta en cantidades menores y sirve como un combustible piloto dentro de esta mezcla.

Los motores de combustión interna para propósitos de generación de energía se encuentran comúnmente en entre el rango de 1 kW a más de 5 MW de potencia. Vale la pena mencionar, que los motores tipo diesel, históricamente, han sido más utilizados para la generación de energía. Lo anterior debido a su mayor grado de eficiencia comparado con los motores de ignición por bujías.

El principio básico de un sistema de cogeneración de energía utilizando un motor de combustión interna es muy simple, y consiste principalmente en la utilización de un intercambiador de calor para recuperar energía térmica de los gases expulsados por el motor después de la combustión y del sistema de enfriamiento del motor (Figura 102). Esta energía térmica podrá ser luego utilizada en la producción de vapor de baja presión y/o producción de agua caliente para otros procesos industriales. Dependiendo de la utilización final del calor recuperado, estos sistemas de cogeneración pueden alcanzar eficiencias de más de 60%.

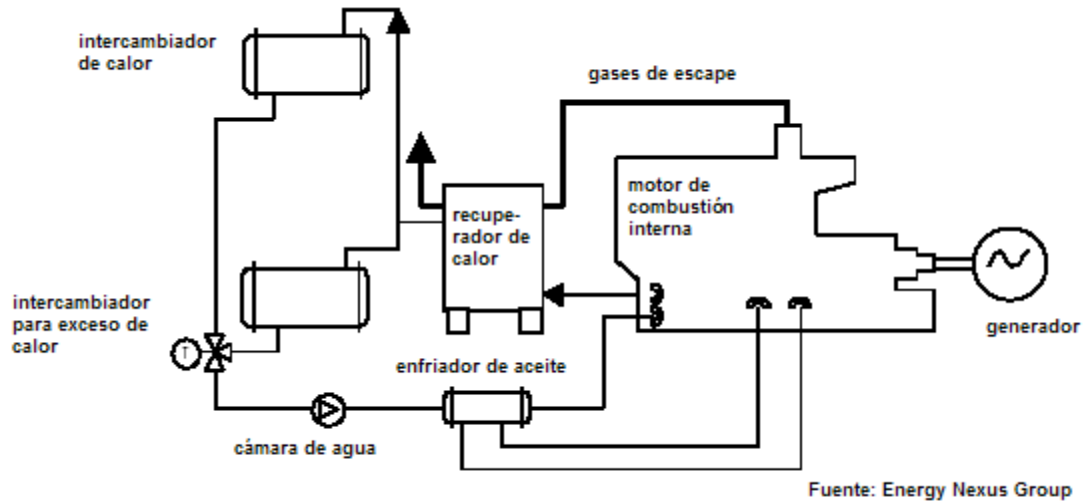


Figura 102. Motor de combustión interna con circuito cerrado de recuperación de calor

#### 49.2.5 TURBINAS DE GAS.

El uso de las turbinas de gas se remonta a principios del siglo XX (1900), y se estima que las primeras turbinas empleadas para la producción de energía fueron utilizadas a finales de la década de 1930. Sin embargo, no fue hasta el principio de la década de 1990 que las turbinas de gas se convirtieron en los sistemas preferidos para la generación de energía en muchas partes del mundo.

Las turbinas de gas pueden ser utilizadas en diferentes configuraciones de acuerdo a las necesidades del usuario final y/o del tipo de energía que se desea producir. En este sentido, existen tres configuraciones que son usualmente empleadas:

##### A) Ciclo simple.

El cual consiste en la utilización de una turbina de gas con la finalidad de producir electricidad únicamente.

## B) Cogeneración.

Producción de electricidad y calor simultáneamente utilizando un sistema de recuperación de calor el cual, como su palabra lo indica, recupera calor de los gases que son evacuados al final de la turbina, con el propósito de producir agua caliente o vapor para su uso en otros procesos industriales.

## C) Ciclo combinado

El cual tiene como objetivo principal, además de producir electricidad utilizando un ciclo simple, generar vapor a alta presión para ser utilizado en una turbina de vapor y de esta forma producir más energía eléctrica y calor utilizable. Ver las Figuras 103, 104 y 105 para obtener más información sobre los ciclos citados con anterioridad.

Las turbinas de gas son comúnmente comercializadas entre los rangos de 500 kilowatts (kW) a 25 mega watts (MW). Dentro de este contexto, los sistemas de ciclo combinado son las que ofrecen una mejor eficiencia (electricidad y calor utilizable) de conversión de combustible a energía útil. Estos sistemas pueden alcanzar eficiencias de más 80%

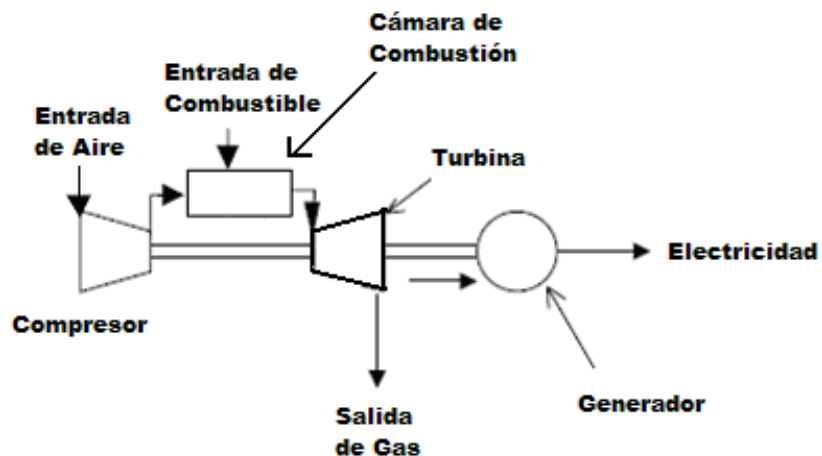


Figura 103: Turbina de gas de ciclo simple

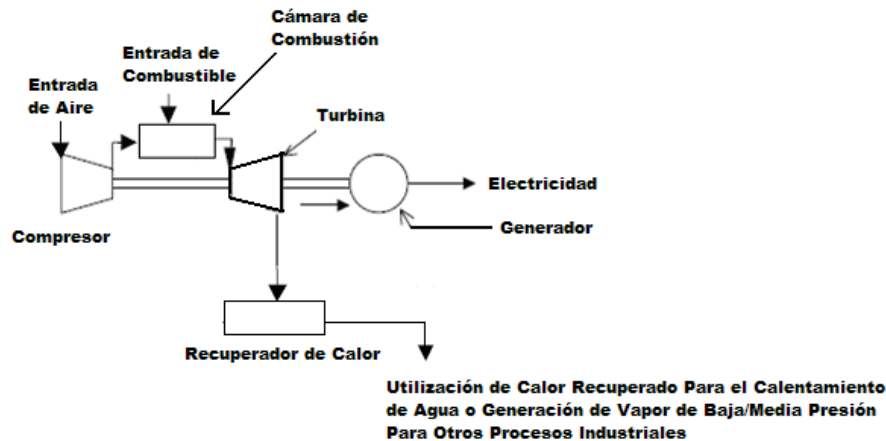


Figura 104: Turbina de gas de ciclo simple con recuperador de calor (cogeneración)

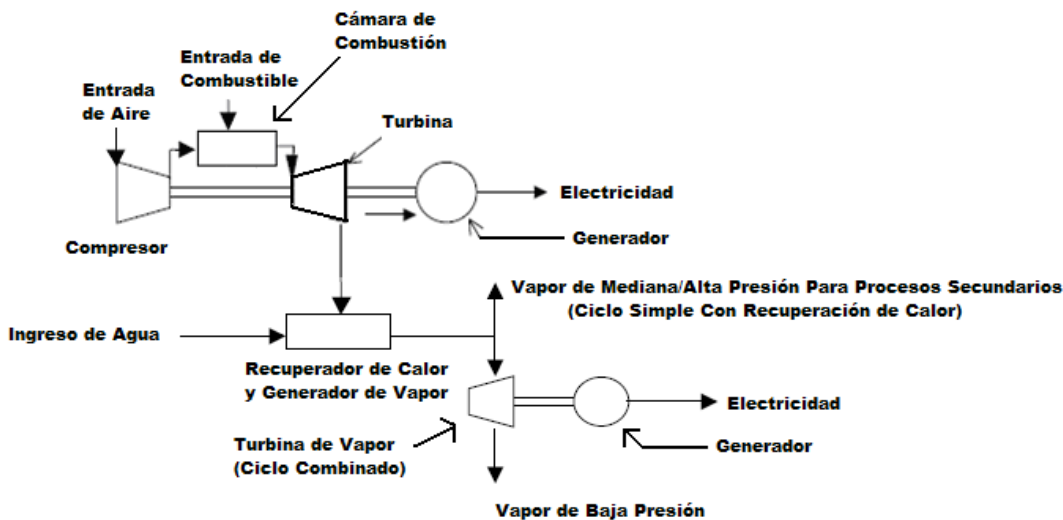


Figura 105: Turbina de gas de ciclo combinado

#### 49.2.6 MICROTURBINAS.

Las Micro turbinas, como su nombre lo expresa, son básicamente pequeñas turbinas de gas acopladas a un generador que incorporan un intercambiador de calor al cual se lo conoce como recuperador. Esta tecnología, aunque con muchos años de experimentación, es relativamente nueva y su comercialización recién inicio en el año 2000.

Los rangos de potencia de esta tecnología van desde 30 kW hasta aproximadamente 350 kW, y están diseñadas para utilizar una amplia gama de combustibles incluyendo gas natural, propano, gasolina, kerosene, diesel, aceites combustibles y biogás entre otros. Lo atractivo de esta tecnología es su carácter modular y su excelente habilidad de recuperación de calor para su posterior utilización en la producción de agua caliente y calor para calentar edificios u otras infraestructuras. Además de su capacidad de adecuarse a una variedad de combustibles, como se mencionó anteriormente.

Los componentes básicos de esta tecnología incluyen: el compresor, turbina generador y recuperador de calor (Figura 106). Además de su simple diseño, las microturbinas reducen el número de partes móviles dentro de sus componentes, lo que conlleva a un ahorro en las tareas de mantenimiento.

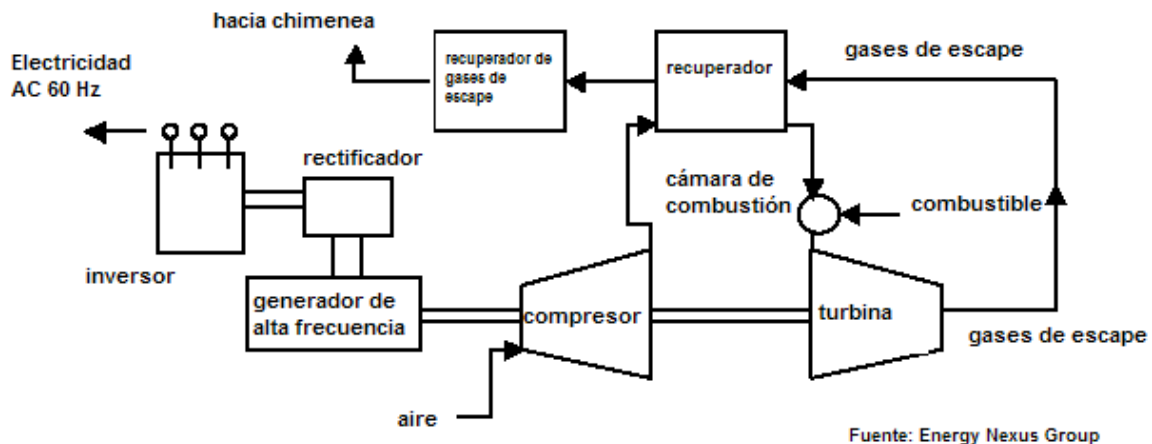


Figura 106: Microturbina – Sistema de cogeneración simple

Los costos de inversión de esta nueva tecnología, dependerán grandemente de la valorización final de la energía a generar. En este aspecto, las microturbinas a simple vista presentan un alto costo de inversión, pero estos costos podrían ser recuperados rápidamente si se valorizará adecuadamente la energía térmica generada dentro de una configuración de cogeneración.

### 49.2.7 Turbinas de Vapor.

La utilización de turbinas de vapor para la generación de energía tiene más de cien años de antigüedad, y hoy en día es la tecnología que más electricidad produce en los Estados Unidos de Norte América. Esta electricidad es producida en su mayoría utilizando carbón como combustible sólido en las grandes calderas de estos sistemas de generación.

Las turbinas de vapor básicamente extraen energía del vapor de agua, a alta temperatura y presión, proveniente de una caldera para convertirlo en energía mecánica; para luego ser transformada en electricidad y calor útil. Los rangos de potencias de estas máquinas pueden variar desde unos pocos kW hasta cientos de MW.

Las turbinas de vapor se clasifican de acuerdo a su capacidad de condensación, no-condensación, recalentamiento, extracción e inducción. Sin embargo, para fines de cogeneración, las turbinas de mayor interés son las de no-condensación y extracción. Para el caso de generación de electricidad exclusivamente, las turbinas de mayor uso debido a su alta eficiencia eléctrica son las turbinas de condensación.

A continuación se presenta un diagrama simplificado de un sistema de cogeneración utilizando una turbina de vapor y sus componentes básicos.

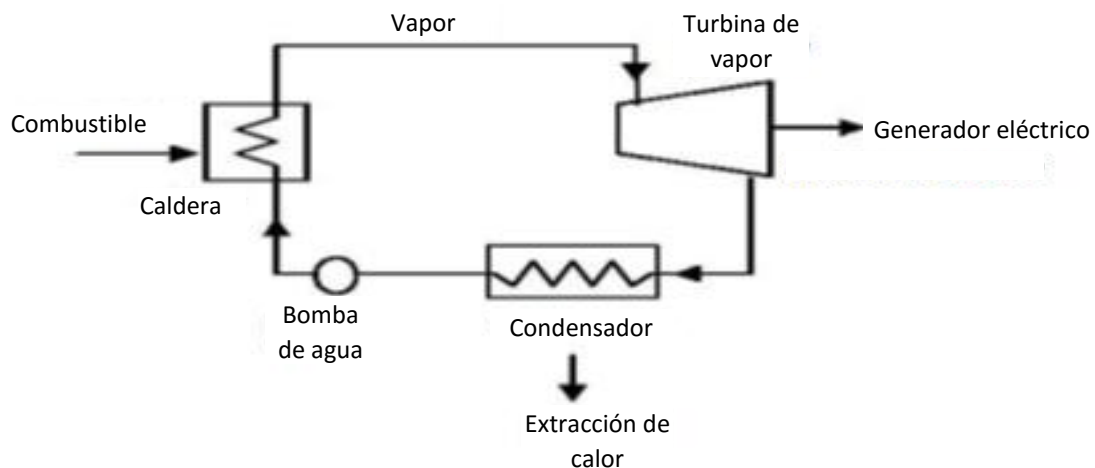


Figura 107. Turbina de vapor en sistema de cogeneración simple.



Con respecto a los costos de implementación de los sistemas de generación de energía basados en turbinas de vapor, se puede mencionar que los costos de inversión pueden variar mucho, ya que estos sistemas de energía son muy complejos con muchos componentes interrelacionados, y en la mayoría de casos estos sistemas son diseñados y construidos de acuerdo a las necesidades específicas del cliente o usuario. Además de esto, de acuerdo a la literatura consultada, en muchos casos, cuando estos sistemas utilizan biomasa como combustible, como sería el caso de la industria del café, los sistemas de adecuación de biomasa podrían costar más que la propia turbina de vapor. Esto debido a que la biomasa usualmente tiene que cumplir con ciertas propiedades (tamaño, humedad, densidad, etc.) para asegurar el adecuado funcionamiento de todo el sistema de generación de energía y disminuir los periodos de mantenimiento.

### **49.3 TIPO DE GASIFICADOR SELECCIONADO.**

#### ***MÁQUINAS Y EQUIPO***

##### ***Gasificador***

En la actualidad existen diferentes proveedores a nivel mundial de equipos de gasificación, con diferentes tecnologías de funcionamiento. Para el presente trabajo se seleccionaron dos alternativas, de la base de datos de fabricantes de gasificadores del NREL de los Estados Unidos. Ambas alternativas cuentan con un funcionamiento similar:

- **Biomax 25:** Este equipo es fabricado por “Comunity Power Corporation” un fabricante de tecnología para el aprovechamiento de la biomasa localizado en Littleton Colorado. Este gasificador está en capacidad de producir hasta 25 kW de potencia con una alimentación de biomasa con alto contenido de celulosa (superior al 40%) de 22 kg por hora.



Figura 108: Sistema de gasificación BIOMAX 25.

Fuente: Community Power Corporation.

- **FGB 20:** Este es un equipo fabricado por Ankur Scientific Energy Technologies, compañía establecida en la India. Este gasificador está en capacidad de producir cerca de 20 kW de potencia aprovechable en la generación de energía eléctrica, con un consumo de biomasa aproximado de 20 kg por hora.



Figura 109: Sistema de Gasificación FGB 20 de la finca TOSOLY, Santander Colombia.

Fuente: Ankur Scientific Energy Technologies LTD.

La selección de estas tecnologías obedece a las experiencias exitosas de uso de las mismas en diferentes proyectos alrededor mundial:

En Filipinas se ha patrocinado el desarrollo de pequeñas empresas basadas en el uso de la biomasa. Un equipo generador de energía desarrollado por CPC (Community Power Corporation), fue instalado en la aldea de Alaminos en las Filipinas, con el patrocinio del Departamento de Energía de los Estados Unidos, Shell Renewables y el Programa de Energía Sostenible del país. El sistema es un pequeño “reactor de Biopotencia” llamado BioMax y produce 15 kW de potencia. El Biomax consume residuos del coco. El coco es usado para la industria local de artesanías y en la agricultura local, a su vez, y gracias al proyecto, está potenciando su crecimiento. El interés principal del sistema ha sido su capacidad de, paulatinamente, aliviar la pobreza de la región y crear riqueza e ingresos a sus pobladores.

En la India la empresa Husk Power Systems, a través del desarrollo de la tecnología de gasificación FGB de Ankur Scientific Energy, tecnología para transformar de forma eficiente en costos, la cascarilla del arroz en energía eléctrica, ha logrado llevar la electricidad a miles de familias en el cinturón arrocerero de la India.

La producción de ésta energía se hace de forma sostenible, aprovechando las toneladas de desperdicios de la industria arrocerera y de forma ambientalmente amigable produciendo la energía a partir de la biomasa. La organización usa mini plantas de entre 35 kW y 100 kW para llevar energía a pequeñas aldeas de entre 2,000 y 4,000 personas.

Finalmente es conveniente señalar que la principal diferencia entre ambos equipos, radica en el tipo de control, siendo el gasificador de Community Power Corporation, controlado a través de un dispositivo automático.

### ***Generador***

El segundo elemento fundamental para el funcionamiento del sistema, es el generador de energía eléctrica a partir del gas. Aunque algunos modelos y fabricantes de gasificadores como “GENERAC INDUSTRIAL POWER” fabrican

modelos con el generador incorporado, para las tecnologías seleccionadas anteriormente. En el mercado se encuentran diferentes proveedores de este tipo de tecnologías, algunas diseñadas para la utilización directa del gas como combustible, otras con motores de diesel modificados para funcionar con gas.

Para el proceso se usará un generador que este en capacidad de brindar potencia monofásica y su salida se encuentre entre 110 V y 240 V. Este tipo de generadores son comunes en el mercado.

Una planta eléctrica que cumple estas características es la planta “Generac Quiet Source 22 kW” capaz de producir hasta 22 kW a su máxima potencia o 20 kW de forma continua. Una ventaja de este tipo de planta es su cubierta de aluminio que la protege de la intemperie por lo que puede ser ubicada al aire libre.

También puede ser una planta de generación eléctrica trifásica está de acuerdo a la necesidad de la carga a alimentar.



Figura 110: Sistema de generación eléctrica “Generac Quiet Source 22 kW” Liquid-Cooled Propane/Natural Gas Powered Standby Generator without Transfer Switch

Fuente: Generac Quiet Source.

### **Máquina para triturar fibras**

**Quebradora de cáscara:** Rompe cáscaras abiertas, por lo que en usos posteriores. La dureza de las cáscaras es reducida y será más fácil de usar en otros procesos.



Figura 111: Máquina quebradora de cáscara

### **Maquina chipeadoras**

Básicamente los gasificadores Ankur nos permite utilizar biomasa gruesa como chips de madera, cilindros de madera, bambú, coco, etc. y fina como cáscara de arroz, cascabillo de café, etc.

Para producir chips de madera utilizamos chipeadoras, las cuales poseen cuchillas rotativas que desgastan la troza de madera. Estos pueden ser de distintos tamaños.



Figura 112. Máquina quebradora de madera (chipeadoras) y chips de madera

### **Maquina cortadora cilíndrica.**

La máquina que corta cilindros de madera, es un eje acoplado a un motor, en el cual hay varias cuchillas espaciadas de acuerdo al largo del cilindro que se requiere. Esta puede ser manual o semiautomática.



Figura 113. Maquina corta cilindros de madera y cilindros de madera.

### **Consumo esperado**

La tabla 3: muestra la relación de consumo de cada gasificador.

Gasificador	Alimentación (kg/h)	Producción de potencia (kW)	Relación (kg/kW)
Ankur Sc.	20	20	1
CPC	22	25	0.9

Cuadro 41: Consumo biomásico de cada gasificador.

Con estos datos se puede hacer un estimado de consumo y generación de energía eléctrica para diferentes escenarios.

### **Mantenimiento del sistema**

Según la información de Ankur Scientific Technologies, un sistema de energía comunitario basado en un generador de gas necesita, normalmente, de una persona dedicada a la operación y mantenimiento del sistema. Adicionalmente, debería definirse la responsabilidad de la recolección, traslado y almacenaje protegido y seco del combustible biomásico.

Los proveedores de gasificadores normalmente realizan cursos de entrenamiento y capacitación para los operadores. A menos que se seleccione un sistema con un control complejo o sofisticado, no se requiere ninguna habilidad particular para operar estos equipos. Las tareas diarias que se requieren para operar el sistema son las siguientes:

- a. Limpieza para retirar los restos de alquitrán
- b. Cambio del filtro y limpieza de cenizas.
- c. Verificar el aceite y agua del motor
- d. Recarga de la tolva de combustible
- e. Encendido del gasificador
- f. Encendido del gas en la llama de prueba
- g. Arranque del motor
- h. Arranque de la generación a máxima potencia

Además cabe decir que el mantenimiento periódico incluye:

- i. Reemplazo de filtros
- j. Remoción de cenizas
- k. Limpieza del reactor y remoción de escoria

### ***Posibles limitaciones técnicas en el funcionamiento del sistema de gasificación.***

A continuación se enuncian los principales problemas técnicos que se conocen para el funcionamiento de los gasificadores:

**Puenteado:** Esto se produce cuando el combustible se quema completamente en la zona de entrada de aire y no es reemplazado por combustible fresco. Esto puede deberse a que el combustible esté muy húmedo o bien el tamaño de las partículas (chips) sea demasiado grande. A menos que esto se solucione, ya sea empujando el lecho del combustible o sacudiendo la grilla, la producción del gas no se reiniciará. En estos casos, el operador debe proceder a abrir la tapa del generador de gas y empujar el lecho del combustible con una barreta larga. Algunos fabricantes de generadores de gas disponen aberturas o puertas laterales en el generador, de manera de evitar que el operador tenga que utilizar dicha barra.

**Escoria:** La formación de escoria ocurre si las cenizas contenidas en la biomasa se funden fácilmente. Esto depende del tipo de combustible utilizado. EL uso de la leña con corteza como combustible complementario en la gasificación es generalmente susceptible a la formación de escoria. La escoria se forma generalmente luego de un cierto tiempo de operación y casi siempre en las proximidades de los inyectores o de la grilla donde se realiza la combustión. Muchas veces esto ocurre cuando el generador de gas se reenciende luego de enfriarse durante la noche. La formación de escoria es particularmente difícil de controlar, porque no puede ser observada visualmente. Si se detecta luego que el lecho ha sido cargado totalmente con combustible, se deberá retirar todo el combustible e intentar romper la escoria en pedazos, para poder empujarla y retirar sus pedazos a través de la grilla.

**Depósitos de Impurezas:** La deposición de impurezas en el circuito de limpieza y enfriado de gases, conduce a un aumento en la caída de presión, reduce el caudal del gas y afecta, en última instancia, la operación del generador de gas. Si se intenta continuar con la operación, manteniendo el sistema encendido, sin tener un diagnóstico o localizada la naturaleza del problema, se generará una acumulación de gases en el reactor, con riesgo de que se provoque una explosión.

**Cenizas:** Se deben eliminar las acumulaciones de cenizas en la grilla, especialmente en el caso de emplear combustibles de alto contenido de cenizas, tales como las cáscaras de arroz. Para ello se debe implementar un sistema continuo y muy eficaz de retiro de la ceniza.

**Corrosión:** La Corrosión del equipo es producida por el gas caliente generado. Para evitarla se prefiere el uso de cerámica para alta temperatura en el gasificador. Deben evitarse los sistemas construidos con aceros.



#### 49.4 POTENCIAL DE LA CUANTIFICACIÓN PARA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA.

##### 49.4.1 cuantificación de la estopa de coco

Variedad	Fruto Kg	Nuez kg	Cascara kg	Nuez por fruto (%)	Cascara por fruto (%)
Enano (ED)	0.998	0.645	0.355	64.56	35.4
Pacifico (AP)	2.014	1.285	0.729	64.01	35.99
Atlántico (AA)	2.068	0.894	1.173	43.56	56.45
ED x AP	1.512	1.008	0.504	66.62	33.38
promedio					42.7

Cuadro 42: Rendimiento de fruto por variedad de cocotero

Según datos de MAG se puede calcular la disponibilidad teórica de materia prima es como se muestra en el cuadro 43.

<b>Rendimiento por manzana</b>			
Híbridos	127	Plantas/Mz	1.60 kg
Enanos	167	Plantas/Mz	1.00 kg
Promedio	147	Plantas/Mz	1.30.kg
<b>Rendimiento por planta</b>			
Híbridos	120	Plantas/Mz	192.00 kg/Planta
Enanos	150	Plantas/Mz	150.00 kg/Planta
Promedio	135	Plantas/Mz	175.50 kg/Planta
<b>Rendimiento de frutos por manzana</b>			
Híbridos	15,240.00	Plantas/Mz	24,384.00 kg/Mz
Enanos	25,050.00	Plantas/Mz	25,050.00 kg/Mz
Promedio	20,145.00	Plantas/Mz	26,188.50 kg/Mz

Cuadro 43: Disponibilidad teórica de materia prima por planta. Fuente MAG

Propiedad	Cáscara de semilla de marañón	Cáscara de semilla de marañón sin CNSL	Estopa de coco	Hollejo de semilla de marañón	Olote
Humedad (%)	9.77	10.63	9.99	6.61	7.67
Cenizas (%)	2.00	2.04	4.22	2.78	2.37
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.42	0.53	0.10	0.29	0.21
Poder Calorífico Superior (J/g)	23428	4149.5	17710	22702	17227

Cuadro 44: Valores promedios de las propiedades de la biomasa medidas según estudio realizado por la UCA.

Según datos del ministerio de agricultura y ganadería, Se tienen cultivadas 5616 manzanas de cocotales.

Entonces: Cálculos para disponibilidad en todo el país:

Superficie sembrada: 5616 Mz

Promedio de fruto/Mz 26, 188.50 kg/Mz

Total fruto producido: 147, 074,616 kg

Porcentaje de fibra disponible en un coco: 10%

Total de fibra disponible anual: 14, 707,461.6 kg = 14,707.46 ton

Por lo cual:

$$(14, 707,461.6 \text{ kg}) \times (17710 \text{ J/g}) \times (1000\text{g/kg}) = 2.605 \times 10^{14} \text{ J} = 72.35 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Posibilidad total de generar energía eléctrica al año 72.35 GWh

#### 49.4.2 Para la leña se presenta la siguiente cuantificación.

En términos generales en El Salvador, la producción y consumo de leña, es interpretado por los diversos sectores nacionales como uno de los factores principales ligados fuertemente a los procesos de deforestación del país. Se puede asumir que la leña tiene un poder calorífico de: 579,150.00 kcal/m<sup>3</sup> si se considera una humedad específica del 30% (0.3 kg de agua por madera)

#### Producción y consumo de leña en El Salvador.

Existe poca información actualizada de la producción y consumo de la leña en el país. Asimismo, no se cuenta con un inventario forestal actualizado que permita conocer la capacidad de producción sostenible de los ecosistemas y recursos Forestales presentes.

De los datos existentes, uno de los más recientes, expone que la oferta sostenible De la producción de leña para 1999, era de 3,884,298 toneladas (MARN, 2000; PRISMA, 1996; Current y Juárez, 1992).

A continuación una tabla que resume los valores de poder calorífico y densidad específica de las especies utilizadas.

Especie	Poder calorífico (kJ/kg)	Densidad específica (kg/m <sup>3</sup> )
Eucalipt	20000	690
Leucaen	17600 - 19300	450 - 650
Flor	-	600 - 800
Madreca	20500	500 - 600
Teca	21000	-
Acacia	20000 - 20500	400 - 450
Nim	20000	680
Paraíso	21300	-

Cuadro 45: Poder calorífico y densidad específica de especies de leña utilizadas en el beneficio Atapasco.

	% DE HUMEDAD	PODER CALORÍFICO kJ/kg
LEÑA	9.4	19910

Cuadro 46: Los valores de contenido de humedad y poder calorífico, han sido analizados por el laboratorio de calidad de la empresa CEMENTOS DE EL SALVADOR (CESSA)

Por lo tanto:

Producción de leña al año: 3,884,298 ton

Consumo total anual de las industrias y negocios artesanales. Total 230,605 ton

Poder calorífico de la leña : 19,910 kJ/kg

Evaluando.

230,605 ton  $\equiv$  230,605,000 kg

$(230,605,000 \text{ kg}) \times (19,910 \text{ kJ/kg}) = 4.59 \times 10^{12} \text{ kJ} = 1.275 \times 10^9 \text{ kWh} = 1.27 \text{ TWh}$

Posibilidad total de generar energía eléctrica al año. 1.27 TWh

## 49.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se evaluarán los costos del sistema de gasificación propuesto para tal fin primero se describirán los costos de cada uno de los componentes que integran la propuesta para obtener el costo total por sistema

Costos estimados del proyecto

Los costos de la propuesta se dividen en:

- Costos de la materia prima biomásica.
- Costos de la infraestructura y puesta en funcionamiento.

### **Materia prima.**

Con respecto a la materia prima del sistema hablamos de la cascara de coco y la leña. Los costos de la cascara y leña derivan de (i) su adquisición (ii) Transporte y (iii) almacenamiento. La adquisición de la cascara se realiza en donde procesan el coco. Y la leña de podas de las fincas y árboles.

El segundo costo corresponde al transporte del lugar de cosecha a donde se procesa el coco. Y la leña de la zona de extracción al lugar donde se utiliza.

Finalmente el costo del almacenamiento. El almacenamiento de la leña se lleva a cabo en el beneficio de la finca. El almacenamiento de la cascara de coco tiene que ser bajo techo.

### **Costos de la infraestructura y puesta en funcionamiento.**

Los costos en los que se incurre para la infraestructura y puesta en marcha del sistema implican la adquisición de las tecnologías de gasificación y su transporte hasta El Salvador. Adicionalmente se deben contemplar inversiones en instalaciones eléctricas, ingeniería y mano de obra

En primer lugar se presenta la relación de los costos de los gasificadores. Los fabricantes tasan estos costos de acuerdo a la cantidad de potencia que se requiere y el fabricante se encarga de ponerlo en el lugar de instalación, Ankur Scientific Energy Technologies desde la India y Community Power Corporation desde Colorado en Estados Unidos.

Sin embargo con base en la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables en la Generación de Electricidad a. art. 3.- “las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en proyectos de instalación de centrales para la generación de energía eléctrica o en proyectos de ampliación de centrales de generación ya existentes, utilizando para ello fuentes renovables de energía, según lo dispuesto en el art. 1 de esta ley, gozarán de los siguientes beneficios e incentivos fiscales exclusivamente con relación a los costos y gastos de la inversión correspondientes a dichos proyectos.”

Fabricante	Modelo	Costo (USD)
Ankur Scientific Energy	FGB 20	12,431
Comunity Power Corporation	Biomax 25	52,178

Cuadro 47: Costo de los gasificadores exentos de impuestos

Teniendo los precios de los gasificadores, procedemos a calcular los costos del proyecto diferenciando entre los costos de infraestructura y los costos de ejecución. Para los primeros se tendrá en cuenta el valor de los equipos y un estimado de gasto en adecuación de un espacio para el gasificador y adecuación del suministro eléctrico. El costo de la planta eléctrica Generac con potencia nominal de 25 kW se muestra en la siguiente tabla.

Infraestructura de Electrificación			
Concepto	Dolares US \$		Dolares US \$
Gasificador FGB 20	12,431	Gasificador BIOMAX 25	52,178
Planta Eléctrica Generac	11,923	Planta Eléctrica Generac	11,923
Adecuación Espacio	1,683	Adecuación Espacio	1,683
Instalación eléctrica	4,039	Instalación eléctrica	4,039
Total	30,077	Total	69,824

Cuadro 48: Costos de infraestructura para el proyecto por gasificador

Ejecución del proyecto				
Concepto	Unidades	Cantidad	Precio	Total
Ingeniero Electricista	h	60	\$16.00	\$960.00
Técnico	h	120	\$8.50	\$540.00
Mano de obra de la finca	h	320	\$1.70	\$544.00
Formación	h	1	\$336	\$336.00
Total				\$2,380.00

Cuadro 49: Costos de ejecución del proyecto.

<b>Concepto</b>	<b>FGB - 20</b>	<b>BIOMAX - 25</b>
Infraestructura	\$ 30,077.00	\$69,824.00
Ejecución	\$2,380.00	\$2,380.00
Total	\$ 32,457.00	\$72,204.00

Cuadro 50: Costos estimados del proyecto por gasificador.

Finalmente se determinan costos de operación y mantenimiento que se toman como el 6% de los costos del equipo gasificador, anualmente. En estos costos se incluye el mantenimiento rutinario, repuestos, insumos y mano de obra para la operación.

<b>Gasificador</b>	<b>Sub-total</b>	<b>Costo de funcionamiento</b>
FGB 20	\$12,431	\$745.86
Biomax 25	\$52,178	\$3,131.68

Cuadro 51: Costos anuales de operación y mantenimiento por gasificador.

## 49.6 IMPACTOS AL PROCESAMIENTO DE FIBRA DE ESTOPA DE COCO

### Impacto ambiental

- ✓ Reducción de acumulación de cáscaras de coco (estopa de coco)
- ✓ Mejor presentación en las áreas costeras, y negocios medianos y pequeños que procesan coco.
- ✓ Impulsar incremento de cultivo de cocoteros.
- ✓ Generación de cultura de reciclaje de la estopa de coco como producto biodegradable.
- ✓ No se contamina el ambiente, ya que el CO<sub>2</sub> que sale a la atmósfera, es el mismo que el árbol absorbió durante su crecimiento.
- ✓ Crea un balance positivo en la producción de oxígeno, ya que las ramas son las que se cortan, y no el árbol.
- ✓ Se crean bosques auto sostenible, los cuales generan fuentes de oxígeno, aumenta la precipitación pluvial. Los bosques de grandes extensiones, pueden vender oxígeno, por el Protocolo del Kyoto.

- ✓ Existen variedades nativas de árboles, los cuales pueden generar subproductos, lo cual redundaría en ingresos adicionales, que estimulan a productores de esta especie.
- ✓ Generan fuentes de trabajo, tanto en el campo, como en las instalaciones donde se encuentran los gasificadores. El subproducto que es la ceniza, se vende como abono, el cual es rico en potasio.
- ✓ Es energía verde, por lo que es bien visto por los ambientalistas.
- ✓ En varias partes del mundo existen estos sistemas de generación y han sido la solución para la generación de energía en áreas rurales, sin degradar el ambiente.
- ✓ Tiempo de instalación y echar en marcha el proyecto oscila entre 4 a 6 meses
- ✓ Agua. Se usa planta de tratamiento y se recircula, en ciertas ocasiones se corrige el pH. No contamina.
- ✓ Aire Gasificador no contamina el ambiente, y la combustión en los motores es limpia.
- ✓ Desechos Sólidos. El carbón se vende como combustible. La ceniza se devuelve al suelo.
- ✓ Ruido. En caso de usar plantas eléctricas hace menos ruido que las de diesel.
- ✓ La Biomasa no contiene sulfuros.

## **IMPACTO ECONÓMICO**

- ✓ Aparición de un nuevo mercado
- ✓ Valor agregado al material de obtención en el procesamiento de estopa de coco.
- ✓ Inversión en una planta de producción, maquinaria y equipo.
- ✓ Generación de empleo a los habitantes del municipio del Puerto El Triunfo, Usulután.



## 50. ANÁLISIS ECONÓMICO DE BIODIGESTOR

Dentro de este se debe de tomar en cuenta varios aspectos para no incurrir en un mal análisis dentro de estos puntos se encuentra:

01. Cantidad de personas.
02. Tiempo de Degradación de los desechos.
03. Capacidad de generación de Biogás.
04. Capacidad de generación de energía.
05. Logística de recepción de materia prima y sub materias primas.
06. Tiempo de generación.
07. Espacio a utilizar.

### 50.1 CANTIDAD DE PERSONAS:

Dentro de este punto se ha desarrollado un sistema que puede hacer un análisis abierto es decir puede realizar un cálculo aproximado tomando en cuenta múltiples variables dentro de la cuales está la cantidad mínima y máxima de personas, para este análisis se utilizara el siguiente dato.

	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
Cantidad de personas	80	90	100

Cuadro 52: Datos generales del estudio a Realizar.

### 50.2 TIEMPO DE DEGRADACIÓN DE LOS DESECHOS.

Para temperaturas mayores a 24°C se aplica un periodo de degradación de la materia orgánica que varía de los 10 a los 15 días.

Días de fermentación (CARGA)	10	12.5	15
------------------------------	----	------	----

Cuadro 53: Días de fermentación anaeróbica.

Pero en el caso de El Salvador el periodo más adecuado es el mínimo, es decir de 10 días, debido a que las temperaturas generalmente exceden los 26°C.

### 50.3 CAPACIDAD DE GENERACIÓN:

Esto dependerá directamente de la cantidad de personas como del proceso en sí. Pues se evaluará la capacidad de generación de materia Prima como la generación de materia derivada.

CANTIDAD DE GAS GENERADO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
POR CARGA (m <sup>2</sup> /Persona)	0.28	0.31	0.34

Cuadro 54: cantidades de gas generado por una persona mínima, promedio y máxima

ENERGÍA LIBERADA COMBUSTION BIOGAS	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
MJ/m <sup>3</sup>	18.8	21.05	23.3
kWh/m <sup>3</sup>	5.22076	5.8470585	6.472041

Cuadro 55: energía liberada por la combustión del Biogás por metro cúbico.

CANTIDAD DE GAS GENERADO (m <sup>3</sup> )			
MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	
67.2	83.7	102	MES
2.24	2.79	3.4	DIA

Cuadro 56: Cantidad de gas generado por los parámetros descritos anteriormente.

### 50.4 CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA Y DEMANDA INSTALADA.

Con esta cantidad de gas generado se puede estimar la capacidad máxima de energía a generar.

Los mínimos y máximos de energía generada están dados por la siguiente tabla.

MAXIMA PRODUCCION DIARIA	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
kWh	11.1097773	15.4976286	20.9046924

Cuadro 57: Cantidad de energía mínima, promedio y máxima generada con la cantidad de gas producida.

El mínimo de energía generada hace referencia a la capacidad que la materia prima de 80 personas podría generar y el máximo hace referencia a la capacidad de 100 personas.

Para poder obtener este caso se asumió que el generador tendría la siguiente eficiencia.

EFICIENCIA GENERADOR (%)	95
--------------------------	----

Cuadro 58: eficiencias de generador sobre los 1000 m de altura.

Es importante saber la capacidad máxima de generación pero es también de sumo interés el determinar la demanda para poder realizar el cálculo del generador a instalar, ya que si tengo capacidad para generar 1 MVA de potencia pero mi demanda máxima es 25 kVA no es óptimo el instalar un generador de 1 MVA.

De este estudio se desprende la siguiente tabla.

NÚMERO DE FAMILIAS	16	18	20
DEMANDA ENERGETICA DIARIA kWh POR FAMILIA	0.2	0.35	0.5
DEMANDA ENERGETICA MAXIMA DIARIA kWh POR FAMILIA	3.2	6.3	10

Cuadro 59: Demanda energética y cantidad de familias máximas.

En esta tabla se podrá observar que 80 personas pueden llegar a formar como máximo 16 familias y 100 personas un máximo de 20 familias, con este dato se puede realizar el estudio de demanda mínima, promedio y máxima.

De aquí se desprende que como mínimo una familia consumiría 200 W esto equivale a dos luminarias y como máximo 500 W que equivaldría a 3 luces y un toma, de aquí se obtiene que el mínimo de demanda sería 3.2 kW y como máximo 10 kW, si este valor fuera constante la energía consumida durante una hora sería 3.2 kWh y 10 kWh respectivamente, con este dato se puede deducir lo siguiente.

CAPACIDAD INSTALADA DE	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
GENERADOR EN KW	2.56	5.04	8

Cuadro 60: Demanda energética

A Este dato se le aplicó un valor coincidental de 0.8 lo que da los valores de la tabla anteriormente expuesta.

Para este caso el valor más acertado de capacidad de generación instalada sería de 6 kW, pues los valores en mercado de un generador de 3 kW, 5 kW y 8kW son muy cercanos y las demandas aquí expuestas son muy bajas.

Haciendo uso de estos datos se puede determinar el tiempo mínimo y máximo de generación de energía.

MAXIMO TIEMPO DE USO DE	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
ENERGÍA GENERADA (h)	3.4718054	2.45994104	2.09046924
(min)	208.308324	147.596462	125.428155

Cuadro 61: Capacidad de generación según demanda.

CANTIDAD DE ENERGÍA GENERADA POR			EN
80	90	100	1
PERSONAS	PERSONAS	PERSONAS	MES
1200.192	1673.79075	2257.77	MJ
333.2933184	464.9288566	627.140773	KWH

Cuadro 62: Capacidad de generación datos generales.

## 50.5 LOGÍSTICA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y SUB MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas se podrán recolectar directamente en el tanque de mezcla a través de tuberías que conecten los baños comunitarios con estos o en el caso de no poder implementar esto se podrá conectar los servicios sanitarios con tanque de captación de materia prima para su posterior recolección como procesamiento.

Dentro de este ámbito se encuentra el tamaño que el Biodigestor como la zanja de retención deberá tener.

Para poder determinar el tamaño del Biodigestor se deberá con cuanta materia prima se contara para poder realizar el proceso.

<b>MATERIA PRIMA GENERADA (ESTIERCOL)</b>			
21600	24300	27000	g/día
21.6	24.3	27	kg/día

Cuadro 63: Cantidad de materia prima generada por 80 a 100 personas.

Para efectuar la mezcla que se verterá en el biodigestor se debe saber cuánta agua se le colocará.

<b>CANTIDAD DE AGUA A NECESITAR(MEZCLA)</b>			
23.76	26.73	29.7	Lt/díaA
0.1494459	0.16812664	0.18680738	bbl/día
0.02376	0.02673	0.0297	m <sup>3</sup> /día

Cuadro 64: Cantidad de Agua a utilizar con la mezcla de materia prima.

Con estos datos obtenidos se puede decir que el tamaño adecuado para una población de 80 a 100 personas es:

<b>TAMAÑO DE BIODIGESTOR</b>		
<b>MINIMO</b>	<b>3</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>4</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>MAXIMO</b>	<b>5</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Cuadro 65: Tamaño de Biodigestor según población.

## 50.6 TIEMPO DE GENERACIÓN.

Como se observó anteriormente este dependerá de la demanda energética de la población como de su capacidad de generación.

CANTIDAD DE ENERGIA GENERADA POR			EN
80	90	100	1
PERSONAS	PERSONAS	PERSONAS	MES
1200.192	1673.79075	2257.77	MJ
333.2933184	464.9288566	627.140773	kWh
MAXIMO TIEMPO DE USO DE			
ENERGIA GENERADA	(h)	3.4718054	2.45994104
	(min)	208.308324	147.596462
		2.09046924	125.428155

Cuadro 66: Capacidad máxima de generación versus máximo tiempo de uso.

## 50.7 ESPACIO A UTILIZAR.

El espacio donde estará ubicada la planta de generación debe cumplir con los requisitos siguientes debe ser lo más plana posible debe cumplir con los espacios mínimos para la construcción de la zanja de contención como la colocación del Biodigestor con sus respectivas medidas de seguridad.

La ubicación de este debe ser lo más cercano al lugar de distribución de la energía eléctrica en caso de que el voltaje sea menor o igual a 600 V, pero si ya es media tensión puede tener una distancia mayor, lo que a su vez se traduce en un mayor costo de distribución.

## 50.8 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.

### Zanja.

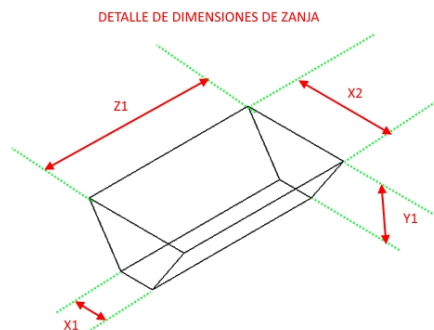


Figura. Referencia de dimensiones de zanja.

Nº Zanja	X1 (m)	X2 (m)	Y1 (m)	Z1 (m)	Capacidad Máxima Biodigestor (m <sup>3</sup> )
07.	1.0	1.2	1.0	3.0	3.0
08.	1.0	1.2	1.0	10.0	11.0
09.	1.0	1.2	1.0	14.0	15.0
10.	2.0	2.5	1.5	12.0	40.0
11.	2.0	2.5	1.5	15.0	50.0
12.	2.0	2.5	1.5	20.0	67.0

Cuadro 67: Dimensiones detalladas de la zanja de retención.

Para el caso se tienen 3 tamaños de zanja según el tamaño del biodigestor.

TAMAÑO DE BIODIGESTOR		
MINIMO	3	m <sup>3</sup>
PROMEDIO	4	m <sup>3</sup>
MAXIMO	5	m <sup>3</sup>

Cuadro 68: Tamaño de biodigestor

m <sup>3</sup> BIODIGESTOR	3	LADRILLOS	ARENA	CEMENTO	HORAS HOMBRE	
CANTIDAD		227	0.64852782	6	36	TOTAL
PRECIO		\$34.05	\$22.70	\$48.00	\$81.00	\$185.75
m <sup>3</sup> BIODIGESTOR	4	LADRILLOS	ARENA	CEMENTO	HORAS HOMBRE	
CANTIDAD		302	0.86470375	8	48	TOTAL
PRECIO		\$45.30	\$30.26	\$64.00	\$108.00	\$247.56
m <sup>3</sup> BIODIGESTOR	5	LADRILLOS	ARENA	CEMENTO	HORAS HOMBRE	
CANTIDAD		377	1.08087969	10	60	TOTAL
PRECIO		\$56.55	\$37.83	\$80.00	\$135.00	\$309.38

Cuadro 69: Precio de construcción de zanja.

### Instalación de bolsa de polietileno.

BIODIGESTOR DE (m <sup>3</sup> )	3
CANTIDAD DE POLITEILENO	18
PRECIO	\$31.01
INSTALACION	\$13.50
TOTAL	\$44.51

Cuadro 70: Detalle de compra e instalación de bolsa de polietileno biodigestor.

BIODIGESTOR DE (m <sup>3</sup> )	4
CANTIDAD DE POLITEILENO	20
PRECIO	\$34.46
INSTALACION	\$15.00
TOTAL	\$49.46

Cuadro 71: Detalle de compra e instalación de bolsa de polietileno biodigestor.

BIODIGESTOR DE (m <sup>3</sup> )	5
CANTIDAD DE POLITEILENO	22
PRECIO	\$37.90
INSTALACION	\$16.50
TOTAL	\$54.40

Cuadro 72: Detalle de compra e instalación de bolsa de polietileno biodigestor.

### Instalación de tuberías.

En este caso en particular se ha determinado utilizar un máximo de 30 m de tubería con sus accesorios para conexión como los accesorios para poder sujetar los elementos de esta.



BIODIGESTOR DE (m <sup>3</sup> )	4
TUBERIAS PVC 1 1/2" 160 psi (5 piezas)	\$28.75
ACCESORIOS PVC	\$20.00
PEGAMENTO	\$5.00
EMPAQUES	\$2.00
ANCLAS	\$2.00
TORNILLOS	\$3.00
ABRAZADERA	\$6.00
INSTALACION	\$40.00
TOTAL	\$106.75

Cuadro 73: Detalle de costos de Instalación de tuberías biodigestor.

### Construcción de filtro de gas sulfhídrico.

BIODIGESTOR DE (m <sup>3</sup> )	4
Tubería de PVC de 4" 100 psi (1 piezas)	\$21.90
LANA DE ACERO	\$66.00
ACCESORIOS PVC	\$10.00
PEGAMENTO PVC	\$3.00
INSTALACION	\$10.00
TOTAL	\$110.90

Cuadro 74: Detalle de costos de construcción e instalación de filtro.

### Construcción de losa para generador.

<b>CANTIDAD DE LOSAS</b>	<b>1</b>
<b>DIMENSIONES</b>	
Largo (m)	1
Ancho (m)	1
Espesor(m)	0.3

Cuadro 75: Dimensiones de losa para montar generador.

<b>CANTIDADES TOTALES DE MATERIAL PARA LOSAS</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO \$/U</b>
HIERRO CORRUGADO 3/8"	0.125	QQ	\$45.00
ALAMBRE DE AMARRE	1	lb	\$0.85
ARENA	0.1875	m <sup>3</sup>	\$26.00
GRAVA	0.1875	m <sup>3</sup>	\$40.00
BOLSA DE CEMENTO CESSA	2	unidad	\$8.00

Cuadro 76: Detalle de materiales construcción de losa.

<b>PRECIO DE MATERIAL PARA LOSAS</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>PRECIO</b>
HIERRO CORRUGADO 3/8"	\$5.63
ALAMBRE DE AMARRE	\$0.85
ARENA	\$4.88
GRAVA	\$7.50
BOLSA DE CEMENTO CESSA	\$16.00
MANO DE OBRA	\$30.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$64.85</b>

Cuadro 77: Detalle de costos totales de construcción de losa.

### 50.9 COSTOS DE OPERACIÓN Y DEPRECIACIÓN DE EQUIPO.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO DE EQUIPO INSTALADO</b>	<b>DEPRECIACIÓN (MES)</b>	<b>Costo Total mes</b>
<b>BIODIGESTOR</b>	\$49.46	\$2.06	\$4.12
<b>ZANJA DE RETENCION</b>	\$247.56	\$1.03	\$2.06
<b>SISTEMAS DE TUBERIAS</b>	\$106.75	\$4.45	\$8.90
<b>GENERADOR DE BIOGAS</b>	\$3,456.75	\$14.40	\$158.43
<b>FILTRO DE GAS</b>	\$110.90	\$4.62	\$9.24
<b>LOZA</b>	\$64.85	\$0.54	\$1.08
<b>TOTAL</b>	<b>\$4,036.27</b>	<b>\$27.10</b>	<b>\$183.84</b>

Cuadro 78: Detalle de costos por equipos Instalados.

<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Costo total al mes</b>
<b>AGUA</b>	0.891	m <sup>3</sup>	\$3.60
<b>MANTENIMIENTO</b>			
<b>SUPERVISION Y OPERACIÓN</b>	2	PERSONAS	\$518.00
<b>TOTAL</b>			\$521.60

Cuadro 79: Detalle de costos de operación.

<b>COSTOS TOTALES MENSUALES</b>	
<b>EQUIPOS</b>	\$183.84
<b>OPERACIÓN</b>	\$521.60
<b>TOTAL</b>	\$705.44

Cuadro 80: Detalle de Costos Totales de generación

<b>CANTIDAD DE ENERGIA GENERADA POR</b>			<b>EN</b>
<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>1</b>
<b>PERSONAS</b>	<b>PERSONAS</b>	<b>PERSONAS</b>	<b>MES</b>
<b>1200.192</b>	1673.79075	2257.77	<b>MJ</b>
<b>333.2933184</b>	464.9288566	627.140773	<b>kWh</b>

Cuadro 81: Detalle de energía Generada por mes.

### **Costos de producción de cada kW.**

Para poder establecer el costo de cada kW se debe tener cual es la capacidad máxima de energía que se puede generar con la materia prima obtenida y cuáles son los gastos de operación dados en un periodo dado para el caso se ha decidido tomar un mes como referencia, de aquí se obtiene que:

CANTIDAD DE ENERGIA GENERADA POR			EN
80	90	100	1
PERSONAS	PERSONAS	PERSONAS	MES
1200.192	1673.79075	2257.77	MJ
333.2933184	464.9288566	627.140773	kWh

Cuadro 82: Detalle de energía máxima generada por mes.

Como se podrá observar en el mes se producirán aproximadamente 464.93 kWh esto tendrá un costo de:

COSTOS TOTALES MENSUALES	
EQUIPOS	\$183.84
OPERACIÓN	\$521.60
TOTAL	\$705.44

Cuadro 83: Costos de Producción.

VALOR DE PRODUCCIÓN		
COSTOS DE PRODUCCION	\$705.44	\$1.52/kWh
PRODUCCIÓN MÁXIMA	464.93 kWh	

Cuadro 84: Valor de producción.

COSTO kWh	
DETALLE	PRECIO
1kWh	\$1.52

Cuadro 85: Costo de kWh por generación con biogás.

## 51. CONCLUSIONES

Este estudio del recurso biomásicos en el país no solo beneficia a las generadoras eléctricas sino también a las industrias que tienen instaladas calderas para la elaboración de sus productos, a la vez tiene el objetivo de cuidar el medio ambiente.

De los pastos estudiados se comprobó que el pasto elefante es el apropiado para ser utilizado como cultivo energético en nuestro país ya que presenta un rápido crecimiento, adecuado al clima de El Salvador y teniendo un poder calorífico superior al de bagazo de caña se puede utilizar para alimentar las calderas de los turbogeneradores en el tiempo que no hay zafra, ya que del pasto se corta en periodos de 50 días durante todo el año.

Dentro del estudio del Biogás como una fuente de generación de energía eléctrica se ha encontrado que puede resultar de gran beneficio en pequeña, mediana y gran escala ya que su implementación se puede hacer en cualquiera de estos puntos debido a que el proceso de generación, así como la implementación de ésta lo cual permite generar potencia desde el orden de los kW hasta el orden de algunos MW.

El poder calorífico de desprendimiento del biogás dependerá de la cantidad de CH<sub>4</sub> (Metano) que contenga, la variación de metano podrá ser de un 50 % a un 70 % de la mezcla de gases que componen el biogás y de esto dependerá el poder calorífico de este pudiendo variar de los 18.8 MJ a los 23.4 MJ, aquí se puede tomar como referencia el tratar que el biogás contenga la mayor cantidad de CH<sub>4</sub> (Metano), esto se puede hacer siguiendo las recomendaciones que en este documento se encuentran y dentro de las cuales destaca el controlar el nivel de pH de la disolución que se ingresara para seguir el régimen de digestión anaeróbica en el biodigestor.

También se puede mencionar que uno de los propósitos más importantes de efectuar este estudio es el de colaborar no solamente a buscar alternativas de generación de energía Eléctrica a través de métodos limpios, sino también el de que se pueda colaborar a que el entorno es decir el medio ambiente perciba la implementación de estas medidas de manera directa como lo pueden ser las plantas de tratamiento de agua que se utilizarían tanto para obtener la materia prima para

generar energía eléctrica como lo sería para poder limpiar los ríos a donde convergen todas estas aguas que por el momento son una fuente contaminante nociva para estos y por consiguiente para toda la humanidad.

La transformación termoquímica de la gasificación y sus modelos derivados (pirólisis rápida) con productos finales como vapor, gas de síntesis, carbón vegetal, aceites y otros gases combustibles, presentan mayor potencial de desarrollo para aplicaciones energéticas de generación de calor y electricidad a pequeña escala, a través de la operación de plantas termoeléctricas diseñadas para tal fin; siendo “La biomasa lignocelulosa” (biomasa forestal y residual) también residuos del coco (estopa de coco) es la materia prima fundamental a ser utilizada en dichos procesos de transformación.

Contribución al medio ambiente, al utilizar los desechos del coco y principalmente evitando el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Es necesario resaltar que el país necesita de fuentes de energía renovables para mantener en un futuro cercano su crecimiento y desarrollo económico, es decir, El Salvador necesita diversificar sus fuentes de generación de energía eléctrica.

Contribución a la mejora de la matriz energética, una vez que es generación distribuida. (Generación de energía eléctrica por medio de muchas pequeñas fuentes de energía en lugares lo más próximos posibles a las cargas).

Referente a la utilización energética de la biomasa forestal, en nuestro país, ésta principalmente se emplea para consumo en el sector doméstico (rural), para suplir las necesidades energéticas primarias, seguido del sector industrial. Un porcentaje total anual del 55% es el valor de conversión de biomasa en energía, por lo que existe un porcentaje considerable de biomasa (45%) que podría ser aprovechado para generación de energía eléctrica.

La gasificación produce un combustible gaseoso que tiene la ventaja de que su uso es versátil y produce además un subproducto sólido que puede utilizarse para el mejoramiento de los suelos en las prácticas agrícolas.

## 52. GLOSARIO

**PLANTA PERENNE:** aquella que vive durante más de dos años o, en general, florece y produce semillas más de una vez en su vida.

**GRAMÍNEAS O POÁCEAS (POACEAE):** son una familia de plantas herbáceas, o muy raramente leñosas.

**ESTOLON:** es un brote lateral, normalmente delgado, que nace en la base del tallo de algunas plantas herbáceas y que crece horizontalmente con respecto al nivel del suelo, de manera epigea (surge perpendicular al suelo) o subterráneo.

**RIZOMA:** un rizoma es un tallo subterráneo con varias yemas que crecen de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos.

**LANCEOLADO:** Se aplica a la hoja de una planta que tiene forma de punta de lanza.

**APICE:** designa el extremo superior o punta de la hoja.

**INFLORESCENCIA:** es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo; su límite está determinado por una hoja normal.

**PEDUNCULO:** se le llama a la ramita o rabillo que sostiene una inflorescencia o un fruto tras su fecundación.

**PANICULA:** también llamada panoja es una inflorescencia racimosa compuesta de racimos que van decreciendo de tamaño hacia el ápice.

**ENSILAJE:** Es un proceso que sirve para almacenar alimentos en tiempo de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo.

**PALATABILIDAD:** grado de apetencia de un alimento por el ganado.

**LEGUMINOSAS:** también llamadas fabáceas son una familia del orden de las fabales. Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas.

**IMPERATIVO:** Que se manifiesta como orden o imposición.

**HERBAZALES:** o pastizales son aquellos ecosistemas donde predomina la vegetación herbácea. Estos ecosistemas pueden ser de origen natural constituyendo extensos biomas, o ser producto de la intervención humana con fines de la crianza de ganado o recreación.

**MUCÍLAGO:** Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma, que contienen algunos vegetales.

**Ácido sulfhídrico:** El sulfuro de hidrógeno, denominado ácido sulfhídrico en disolución acuosa ( $H_2S_{aq}$ ), es un hidrácido de fórmula  $H_2S$ . Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos.

**pH:** El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno  $[H]^+$  presentes en determinadas disoluciones.

Se expresa como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno. Su fórmula se escribe de la siguiente manera:

$$pH = -\log_{10}[a_{H^+}]$$

**Gas natural:** El gas natural constituye una importante fuente de energía fósil liberada por su combustión. Es una mezcla de hidrocarburos gaseosos ligeros que se extrae, bien sea de yacimientos independientes (gas libre), o junto a yacimientos petrolíferos o de carbón (gas asociado a otros hidrocarburos gases y líquidos peligrosos).



**COMPOSTA:** es la aglomeración de restos de materia orgánica que se descomponen de manera natural por la actividad de los microorganismos.

**CHAR:** Alquitranes y formados en el proceso de la gasificación.

**DENDROENERGÍA:** es la energía proveniente de fuentes arbóreas, ya sea la leña o el carbón mineral.

**DEFORESTACIÓN:** es la reducción o remoción de cobertura forestal por corte o quema para propósitos agrícolas, de colonización o urbanización, y uso de la madera para construcción, y como combustible.

**DOWNDRAFT GASIFIERS:** Gasificadores de tiro descendente.

**MATERIAL LIGNOCELULÓSICO:** Materia orgánica compuesta por celulosa y lignina.

**MÉTODO DASOMÉTRICO:** La dasometría es la rama de la Dasonomía que se ocupa de la medición de los árboles, de la determinación del volumen de los bosques y de los crecimientos de los árboles y bosques.

**TAR:** Cenizas restantes del proceso de gasificación.

**PROTOCOLO DE KYOTO:** es un protocolo de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del período que va desde el año 2008 al 2012.

**UPDRAFT GASIFIERS:** Gasificadores de tiro ascendente

**PRISMA:** Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente.

### 53. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

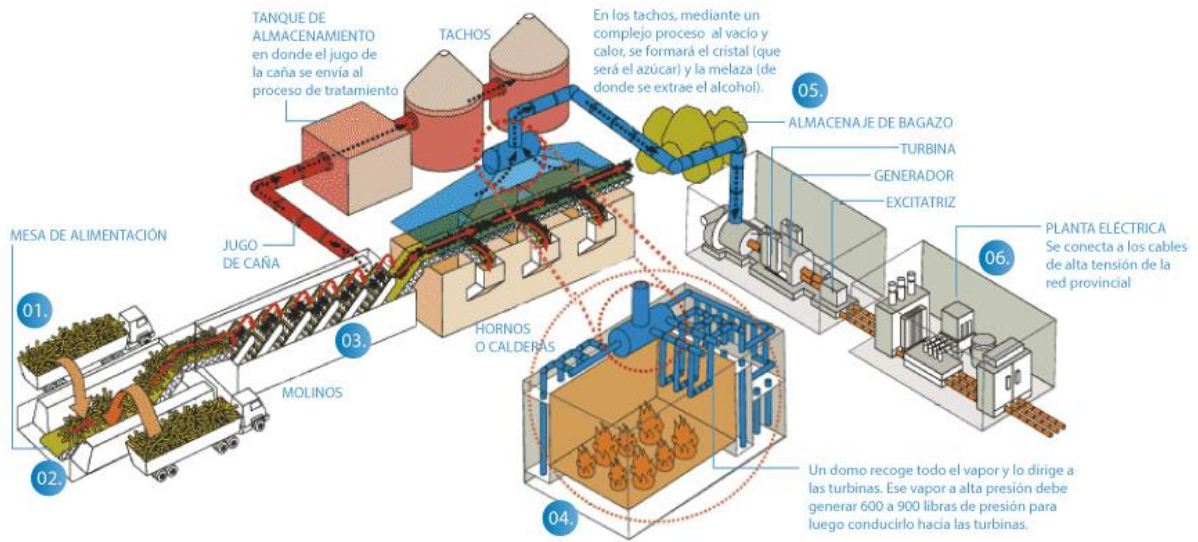
- Consejo Nacional de energía. (San Salvador, Mayo de 2012)  
Plan Maestro Para el Desarrollo de la Energía Renovable en El Salvador.
- Superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones.  
Boletín de estadísticas eléctricas N°16 2014.  
Gerencia de El Salvador Mayo 2015.
- José Antonio Carta González, Roque Calero Pérez, Antonio Colmenar Santos, Manuel-Alonso Castro Gil. (PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2009  
Ribera del Loira).  
Centrales de energías renovables.  
ISBN: 978-84-832-2227-0
- Armengol Grau, Oriol Farré. (Madrid, 2011)  
Situación y Potencial de Valorización Energética Directa de Residuos.
- ONU (Organización de Las Naciones Unidas). (ONU, 2010)  
Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales. Programa 21: Capítulo 21.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (El Salvador, 2015).
- Depuración de las aguas Residuales Urbanas en El Salvador.
- “Implementación de la tecnología de la gasificación para operar en los beneficios de café”. J. Meléndez, A. Rodríguez y G. Urrutia, Tesis de

Ingeniería Mecánica, Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”  
UCA, San Salvador, El Salvador. 2006.

- Tendencias y perspectivas del sector forestal en El Salvador del Siglo XXI  
Nelson Cuéllar, V. Ernesto Méndez, Silvia de Larios, Leopoldo Dimas y  
Herman Rosa  
Documento preparado para la Organización de las Naciones Unidas para la  
Agricultura y la alimentación (FAO)
- CATIE [2002], “Resultado de 10 Años de Investigación Silvicultural del  
Proyecto Madeleña en El Salvador”, Publicaciones CATIE.
- Gutiérrez, R. M.; G. M., Lemus; L. C., Martínez [1998]. Pirolisis de desechos  
agrícolas, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador,  
El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (MARN). Ing. René  
Augusto Avendaño.
- Potencial de la biomasa como fuente de energía en la zona de la Bahía de  
Jiquilisco / dirección Francisco Chávez; coordinación José Rafael Alas, María  
Dolores Rovira, Erick Harold Ramos. – 1ª ed. – San Salvador, El Salvador. :  
Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales (UCA),  
2013
- Current, Dean y Juárez, Modesto (1992). Estado presente y futuro de la  
producción y consumo de leña en El Salvador. USAID, San Salvador.

- Núñez, Rubén y otros (1990). El Salvador natural resource policy inventory. USAID/ROCAP RENARM Project. Technical Report No. 113.
- PRISMA (1995). El Salvador: Dinámica de la degradación ambiental. San Salvador.
- MARN (2000). Estrategia nacional de diversidad biológica. Proyecto MARN/PNUD/GEF. San Salvador.
- EPYPSA-IBERINSA (2003). Plan nacional de ordenamiento y desarrollo territorial. Propuestas finales. Vice-Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador.
- CBM-MARN (2003). Estado actual de las áreas protegidas en El Salvador. Informe nacional. Primer Congreso Mesoamericano de Áreas Protegidas. Managua.
- Corte Suprema de Justicia (2002). Ley Forestal. Decreto legislativo No. 852 del 22 de mayo de 2002. Legislación salvadoreña. San Salvador.
- Green Project (1996). Política e incentivos forestales: Una propuesta para El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Abt Associates, Consorcio de Asistencia Técnica. Proyecto Protección del Medio Ambiente, USAID. San Salvador.

## 54. ANEXOS



Proceso de cogeneración eléctrica.

Productores de coco en El Salvador:

Fuente: Directorio de Oferta y Demanda de Productos Frutícolas, MAG

➤ **Cooperativa La Patroncita, de R. L.**

Contacto: Abel Lara

Dirección: Cantón El Zapote, San Francisco Menéndez, Ahuachapán

Teléfono: (503) 2415-2507

Email: [altosdelpacifico@yahoo.com](mailto:altosdelpacifico@yahoo.com)

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacífico	Todo el año	52 Mz

➤ **RIMOL, S. A. DE C. V.**

Contacto: Patricia Marroquín de Rivas

Dirección: Cantón San Diego, Caserío San Diego, La Libertad

Teléfono: (503) 2225-9158, (503) 2235-2402, (503)2275-9138

Email: [vtyson03@hotmail.com](mailto:vtyson03@hotmail.com)

<b>Producto</b>	<b>Periodo de Cosecha</b>	<b>Área de Siembra</b>
<b>Coco Enano</b>	Todo el año	28 Mz

➤ **Cooperativa Nuevo Modelo de Esperanza, de R. L.**

Contacto: Calixto Martínez

Dirección: Comunidad Nueva Esperanza, Jiquilisco, Usulután

Teléfono: (503) 7725-2117

Email: [calixtomartinez@navegante.com.sv](mailto:calixtomartinez@navegante.com.sv)

<b>Producto</b>	<b>Periodo de Cosecha</b>	<b>Área de Siembra</b>
<b>Coco Híbrido</b>	Todo el año	28 Mz
<b>Marañón Trinidad</b>	Marzo- Abril	20 Mz

➤ **Cooperativa El Joba, de R. L.**

Contacto: José Hallar Pereira

Dirección: Isla El Espíritu Santo, Puerto El Triunfo, Usulután.

Teléfono: (503) 2663-6123, (503) 7849-4521

Email: [joseantoniomartinezjobal@yahoo.com](mailto:joseantoniomartinezjobal@yahoo.com)

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacifico	Todo el año	1000 Mz
Coco Enano Malasino	Todo el año	200 Mz

➤ **Coquera Toluca**

Contacto: Armando Alberto Viana Cañizales

Dirección: Km. 44 de la Carretera a Comalapa, 4 metros al Sur del desvío a playa Toluca, La Libertad.

Teléfono: (503) 2260-0041 (503)7974-8180

Email: [viana479@hotmail.com](mailto:viana479@hotmail.com)

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacifico	Todo el año	12 Mz

➤ **Hacienda San Juan II**

Contacto: Juan Francisco Menéndez Carrillo

Dirección: Cantón Salinas de Ayacuchana, Sonsonate

Teléfono: (503) 2401-8454, (503) 7861-1370

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Enano Verde de Brasil	Todo el año	12 Mz

➤ **Patricia, S.A. de C.V.**

Contacto: Oscar Sura

Dirección: Cantón Las Isletas, San Pedro Mazahua, La Paz

Teléfono: (503) 7729-4141

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Híbrido MAYPAN	Todo el año	6 Mz

➤ **REGPA**

Contacto: Ramón Sevillana

Dirección: Cantón La Lucha, Zacatecoluca, La Paz

Teléfono: (503) 2275-2233

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Enano Malasino Verde	Todo el año	45 Mz
Coco Híbrido	Todo el año	5 Mz

➤ **Agroindustrias e Inversiones, S.A. de C.V.**

Contacto: Hugo Moreno

Dirección: Cantón Isla Espíritu Santo, Puerto El Triunfo, Usulután

Teléfono: (503) 2269-4000

Email: [moreno@agroin.som.sv](mailto:moreno@agroin.som.sv)

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacífico	Todo el año	355 Mz

➤ **Finca Santa Rosa**

Contacto: Julio César Gómez

Dirección: Cantón Cangrejera, La Libertad, La Libertad

Teléfono: (503) 2263-8489



Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Híbrido	Todo el año	16 Mz

➤ **Finca Las Espuelas**

Contacto: Ramón Sevillana

Dirección: Sambombera, San Luis Talpa, La Paz

Teléfono: (503) 7980-9144

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Híbrido	Todo el año	16 Mz

➤ **Beneficio Las Vegas**

Contacto: Luís Cristiani

Dirección: Tepetitán, San Vicente

Teléfono: (503) 2250-6300, (503) 7840-6259

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Enano Verde	Todo el año	6 Mz

➤ **Norman Quijano**

Contacto: Norman Quijano Dirección: La Libertad, La Libertad Teléfono: (503) 2281-9625

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Enano Verde	Todo el año	6 Mz

➤ **Agropecuaria El Suncita, S.A.**

Contacto: Carlos Borja Letona

Dirección: Cantón El Suncita, Acajutla, Sonsonate

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacífico	Todo el año	10 Mz
Coco Enano Malasino Verde	Todo el año	2 Mz

➤ **Finca El Peñón**

Contacto: Francisco Maldonado

Dirección: Cantón Metalio, Acajutla, Sonsonate

Teléfono: (503) 7886-4182

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacífico	Todo el año	14 Mz

➤ **Víctor Yanes**

Contacto: Víctor Yanes

Dirección: Zacatecoluca, La Paz

Teléfono: (503) 2278-4181, (503) 7871-8552

Email: [victormyanes@yahoo.com](mailto:victormyanes@yahoo.com)

Producto	Periodo de Cosecha	Área de Siembra
Coco Alto del Pacífico	Todo el año	14 Mz

## FICHA TÉCNICA BIOMAX 25

Ficha Técnica: Biomax 25	
Desarrollador:	Comunity Power Corporation 8110 Shaffer Parkway Littleton, CO 80127
Datos del Proceso:	
Tipo de proceso:	Gasificación de corriente descendente
Alcance:	Aplicación Comercial
Tipo de alimentación:	Biomasa con humedad entre 8% y 18%
Producto:	Syngas
Uso sugerido:	CHP
Caudal de alimentación:	22 kg/h
Caudal de Salida	63 Nm <sup>3</sup> /h
Condiciones del reactor:	
Temperatura:	1 atm
Presión:	>900°C
Reactivo:	Aire
Composición final del Producto:	
H <sub>2</sub>	20%
CO <sub>2</sub>	N/A
CO	20%
N <sub>2</sub>	N/A
CH <sub>4</sub>	2%
ppm	~20
Óutput Energético	
Max Electricidad (kW)	25
Max Calor (MJ/h)	317
Fuente de información:	Comunity Power Corporation

## Ficha Técnica FGB - 20

Ficha Técnica: FGB 20	
Desarrollador:	Ankur Scieentific Energy Technologies Pvt Ltd. 'Ankur' near Old Sama Jakat Naka, Sama Road, Baroda 390008 Gujarat, India
Datos del Proceso:	
Tipo de proceso:	Gasificación de corrientedescendente
Alcance:	Aplicación Comercial
Tipo de alimentación:	Biomasa con humedad inferior al 20%
Producto:	Syngas
Aplicación:	CHP
Caudal de alimentación:	20 kg/h
Caudal de Salida	20 Nm3/h
Condiciones del reactor:	
Temperatura:	1 atm
Presión:	>900°C
Reactivo:	Aire
Composición final del Producto:	
H2	10%
CO2	14%
CO	20%
N2	52%
CH4	4%
ppm	~40
Óutput Energético	
Max Electricidad (kW)	20
Max Calor (MJ/h)	218
Fuente de información:	Ankur Scientific Energy Technology

## Ficha técnica generador GENERAC

# QT025

## Liquid Cooled Gas Engine Generator Sets

Standby Power Rating

25 kW 60 Hz



### GENERAC 1.6L ENGINE

Naturally Aspirated  
Gaseous Fueled  
Meets 2009 EPA Emission Regulations

### STANDARD EQUIPMENT

- All input connections in one single area
- High coolant temperature shutdown
- Low oil pressure shutdown
- Low coolant level automatic shutdown
- Overspeed automatic shutdown
- Crank timer
- Exercise timer
- Oil drain extension
- Cool flow radiator
- Closed coolant recovery system
- UV/Ozone resistant hoses
- Watertight state of the art electrical connectors
- Mainline circuit breaker
- Radiator drain extension
- Battery charge alternator
- 2 Amp static battery charger
- Battery cables
- Battery rack
- Fan and belt guards
- Isochronous governor

### FEATURES

- Innovative design and fully prototype tested
- UL2200 Listed
- Solid state frequency compensated voltage regulator
- Dynamic and static battery charger
- Sound attenuated acoustically designed enclosure
- Quiet test for low noise level exercise
- Acoustically designed engine cooling system
- High flow low noise factory engineered exhaust system
- State of the art digital control system with R100 digital control panel
- Watertight electrical connectors
- Rodent proof construction
- High efficiency, low distortion Generac designed alternator
- Vibration isolated from mounting base
- Matching Generac transfer switches engineered and tested to work as a system
- All components easily accessible for maintenance
- Electrostatically applied powder paint

# GENERAC®

# APPLICATION & ENGINEERING DATA

QT025

## GENERATOR SPECIFICATIONS

TYPE	Synchronous
ROTOR INSULATION	Class F
STATOR INSULATION	Class F
TOTAL HARMONIC DISTORTION	<5%
TELEPHONE INTERFERENCE FACTOR (TIF)	<50
ALTERNATOR OUTPUT LEADS 3 PHASE	4 wire
BEARINGS	Sealed Ball
COUPLING	Flexible Disc
LOAD CAPACITY (STANDBY RATING)	25 kW
EXCITATION SYSTEM	Direct

**NOTE:** Generator rating and performance in accordance with ISO8528-5, BS5514, SAE J1349, ISO3046, and DIN6271 standards.

## VOLTAGE REGULATOR

TYPE	Electronic
SENSING	Single Phase
REGULATION	± 1%
FEATURES	V/F Adjustable Adjustable Voltage and Gain LED Indicators

## GENERATOR FEATURES

- Revolving field heavy duty generator
- Directly connected to the engine
- Operating temperature rise 120 °C above a 40 °C ambient
- Insulation is Class F rated at 130 °C rise
- All models are fully prototyped tested

## CONTROL PANEL FEATURES

- SEVEN LED INDICATOR LIGHTS
  - System ready
  - Low fuel pressure
  - Low battery
  - Low oil pressure
  - High coolant temp/low coolant temp
  - Overspeed
  - Overcrank
- ADDITIONAL FUNCTIONS
  - Utility sensing
  - Delay on utility failure for engine start
  - Engine warm-up before transfer
  - Delay to retransfer to utility
  - Engine cooldown timer
  - Exerciser not set
- INTERNAL FUNCTIONS:
  - 3 position switch (auto, off and manual)
  - 2 wire start for any transfer switch
  - Communicates with the Genesac RTS transfer switch
  - Built-in 7 day exerciser
  - Selectable engine speed at exercise
  - Governor controller is built into the master control board
  - Temperature range -40 °C to 70 °C

Rating definitions - Standby: Applicable for supplying emergency power for the duration of the utility power outage. No overload capability is available for this rating. (All ratings in accordance with BS5514, ISO3046 and DIN6271). (All ratings in accordance with BS5514, ISO3046, ISO8528 and DIN6271).

## ENGINE SPECIFICATIONS

MAKE	Genesac
MODEL	In line
CYLINDERS	4
DISPLACEMENT	1.6 Liter
BORE	3.15
STROKE	3.13
COMPRESSION RATIO	9.75:1
INTAKE AIR SYSTEM	Naturally Aspirated
VALVE SEATS	Replaceable
LIFTER TYPE	Hydraulic

## GOVERNOR SPECIFICATIONS

TYPE	Electronic
FREQUENCY REGULATION	Isosynchronous
STEADY STATE REGULATION	± 0.25

## ENGINE LUBRICATION SYSTEM

OIL PUMP	Gear
OIL FILTER	Full flow spin-on cartridge
CRANKCASE CAPACITY	4 Quarts

## ENGINE COOLING SYSTEM

TYPE	Closed
WATER PUMP	Belt driven
FAN SPEED	2550
FAN DIAMETER	15 inches
FAN MODE	Pusher

## FUEL SYSTEM

FUEL TYPE	Natural gas, propane vapor
CARBURETOR	Down Draft
SECONDARY FUEL REGULATOR	Standard
FUEL SHUT OFF SOLENOID	Standard
OPERATING FUEL PRESSURE	5" - 14" H <sub>2</sub> O

## ELECTRICAL SYSTEM

BATTERY CHARGE ALTERNATOR	12V 30 Amp
STATIC BATTERY CHARGER	2 Amp
RECOMMENDED BATTERY	Group 26, 525CCA
SYSTEM VOLTAGE	12 Volts

QT025

## OPERATING DATA

		QT025		
<b>KW RATING</b>		25		
<b>ENGINE SIZE</b>		1.6 Liter 4 cyl. inline		
<b>GENERATOR OUTPUT VOLTAGE/KW - 60Hz</b>		<b>KW</b>	<b>AMP</b>	<b>CB Size</b>
120/240V, 1-phase, 1.0 pf		25	104	125
120/208V, 3-phase, 0.8 pf		25	87	100
120/240V, 3-phase, 0.8 pf		25	75	90
<b>GENERATOR LOCKED ROTOR KVA AVAILABLE @ VOLTAGE DIP OF 35%</b> Single phase or 208/240 3-phase		34		
<b>ENGINE FUEL CONSUMPTION (Natural Gas) (Propane)</b>		<b>Natural Gas</b>	<b>Propane</b>	
		(ft <sup>3</sup> /hr.)	(gal/hr.)	cu ft/hr
Exercise cycle		60	0.65	24
25% of rated load		161	1.76	64
50% of rated load		253	2.77	101
75% of rated load		345	3.79	138
100% of rated load		437	4.81	175
<b>ENGINE COOLING</b>				
Air flow (inlet air including alternator and combustion air) ft <sup>3</sup> /min.		1,528		
System coolant capacity US gal.		2.0		
Heat rejection to coolant BTU/hr.		110,000		
Max. operating air temp. on radiator °C (°F)		60 (150)		
Max. ambient temperature °C (°F)		50 (140)		
<b>COMBUSTION AIR REQUIREMENTS</b>				
Flow at rated power 60 Hz cfm		90		
<b>SOUND EMISSIONS IN DBA</b>				
Exercising at 7 meters		62		
Normal operation at 7 meters		74		
<b>EXHAUST</b>				
Exhaust flow at rated output 60 Hz cfm		249		
Exhaust temp. at muffler outlet °F		1015		
<b>ENGINE PARAMETERS</b>				
Rated synchronous RPM 60 Hz		3600		
HP at rated KW 60 Hz		45		
<b>POWER ADJUSTMENT FOR AMBIENT CONDITIONS</b>				
Temperature Deration				
3% for every 10 °C above - °C		25		
1.65% for every 10 °F above - °F		77		
Altitude Deration				
1% for every 100 m above - m		183		
3% for every 1000 ft. above - ft.		600		

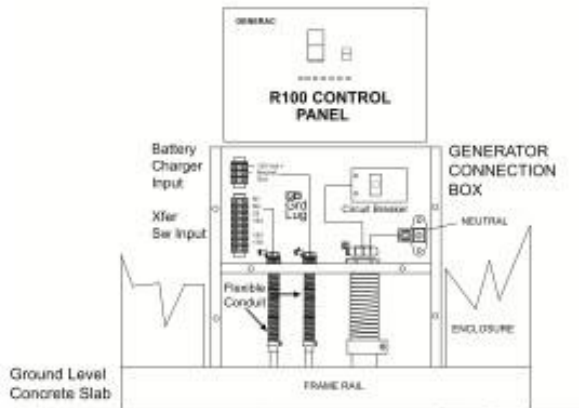
**RATING:** All three phases units are rated at 0.8 power factor. All single phase units are rated at 1.0 power factor. **STANDBY RATING:** Standby ratings apply to installations served by a reliable utility source. The standby rating is applicable to varying loads for the duration of a power outage. There is no overload capability for this rating. Ratings are in accordance with ISO-3046-1. Design and specifications are subject to change without notice.

KW rating is based on LPG Fuel and may derate with natural gas.

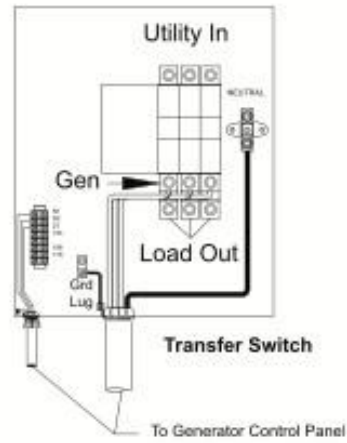
# INTERCONNECTIONS

QT025

C1 Enclosure 18, 20, 25, 30 kW 1.6 Liter QT



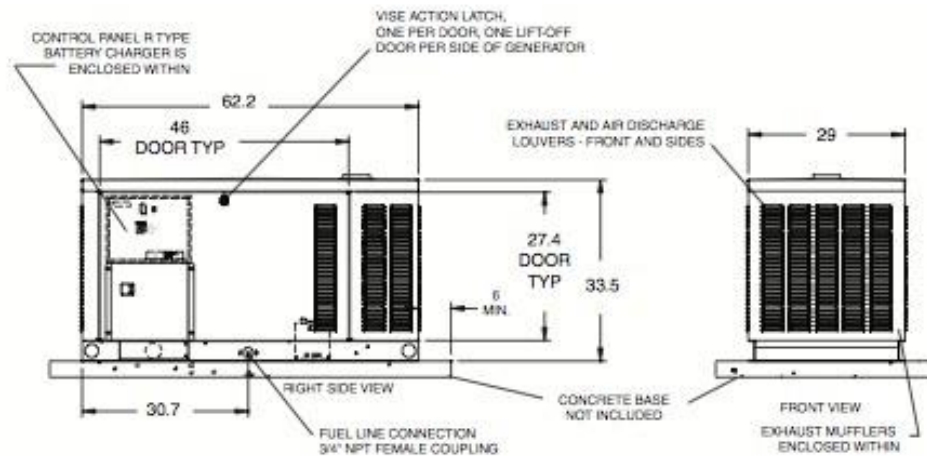
Installation Drawing Ref. No. DGS116



CIRCUIT BREAKER SIZE

KW	VOLTS	AMPS	LUG SIZE
25	240 1ø	125	#2 to 1/0
25	208 3ø	100	#4 to 1/0
25	240 3ø	90	#10 to 1/0

# INSTALLATION LAYOUT



Generac Power Systems, Inc. • S45 W29290 HWY. 59, Waukesha, WI 53189 • generac.com  
 ©2009 Generac Power Systems, Inc. All rights reserved. All specifications are subject to change without notice. Bulletin 5172990GB/Printed in U.S.A. 04.06, rev. 03.09