

# **ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **“PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA ESPE”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**ROBERTO CARLOS LASCANO EUGENIO  
LUIS ALBERTO MORALES PERRAZO**

**DIRECTOR: ING JOSE GUASUMBA  
CODIRECTOR: ING ERNESTO SORIA**

**Sangolquí, junio del 2006**

# **CERTIFICACIÓN**

**El proyecto ha sido elaborado en su totalidad por los señores: Roberto Carlos Lascano Eugenio y Luis Alberto Morales Perrazo, alumnos egresados de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. José Guasumba  
DIRECTOR**

---

**Ing. Ernesto Soria  
CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2006-06-21**

# **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS  
NO CONVENCIONALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DE LA ESPE”**

**ELABORADO POR:**

---

**Roberto Carlos Lascano Eugenio**

---

**Luis Alberto Morales Perrazo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**DECANO**

**Sangolquí, 2006-06-21**

## *DEDICATORIA*

*Dedico este esfuerzo a:*

*Dios y a mi madre Mercedes por su apoyo y amor.*

*A mi prima Patricia que siempre ha estado a mi lado.*

*A mis dos angelitos Jhoan y Salomé.*

*Roberto*

## *DEDICATORIA*

*A Dios dueño de mi destino.*

*A mis padres por brindarme su amor y comprensión, por guiarme  
en el camino correcto del bien y de la igualdad.*

*A mis hermanos por su apoyo y solidaridad en los momentos más  
difíciles.*

*A Paolita el ángel guardián que me guía y protege.*

*Luis*

## **AGRADECIMIENTO**

*Por siempre a Dios fuente infinita de amor y vida,  
por guiar mis pensamientos por el sendero del bien,  
dueño de mi pequeño mundo.*

*Infinitamente a mi madre Mercedes ejemplo  
de sacrificio y superación, que a pesar  
de la ilusión de amor está presente en mí  
en cada palpar que doy y logro que alcanzo.*

*A mi prima Patricia por compartir mis  
penas y logros, mujer bendita que  
ocupa un enorme espacio en mi corazón.*

*A mis primos Jhoan y Salomé, angelitos  
que supieron darme ese amor puro y verdadero  
para poder seguir luchando sin desmayar.*

*A mi amigo y compañero Luis, que a pesar de las  
dificultades logramos alcanzar la primera de muchas metas.*

*A la Facultad de Ingeniería Mecánica, por  
todas las herramientas y conocimientos entregados.*

*Y a todas aquellas personas que nos supieron  
brindar sus experiencias y apoyo incondicional  
para la culminación del presente proyecto*

*Roberto*

## *AGRADECIMIENTO*

*A mis padres y hermanos, que por su apoyo incondicional han permitido la culminación de esta etapa de mi vida.*

*A mi familia por su aliento y preocupación constante.*

*A mi compañero de tesis por compartir sus conocimientos y experiencias.*

*Al Ing. José Guasumba y Ernesto Soria por dedicar su tiempo a la culminación del proyecto.*

*A la Facultad por todos los conocimientos impartidos.*

*A todos los amigos que encontré en las aulas durante mi vida estudiantil.*

*Y, a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron para la culminación del proyecto.*

*Luis*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	viii

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

1.1 Antecedentes _____	1
1.1.1 Energías renovables en el Ecuador _____	2
1.1.2 Equipos de energías no convencionales desarrollados por el CICTE____	4
1.2 Definición del problema _____	4
1.3 Objetivos _____	5
1.3.1 General _____	5
1.3.2 Específicos _____	5
1.4 Alcance _____	5
1.5 Justificación e importancia del proyecto_____	6

## **CAPÍTULO 2: EL CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS NO CONVENCIONALES**

<b>2.1 Energía Eólica</b> _____	<b>7</b>
2.1.1 Características _____	7
2.1.2 Aplicaciones _____	8
2.1.3 Ventajas _____	9
2.1.4 Desventajas _____	9
<b>2.2 Biomasa</b> _____	<b>9</b>
2.2.1 Características _____	10
2.2.2 Aplicaciones _____	11
2.2.3 Ventajas _____	12
2.2.4 Desventajas _____	13

<b>2.3 Solar Térmica</b>	<b>13</b>
2.3.1 Características	14
2.3.2 Aplicaciones	15
2.3.3 Ventajas	15
2.3.4 Desventajas	16
<b>2.4 Solar Fotovoltaica</b>	<b>16</b>
2.4.1 Características	16
2.4.2 Aplicaciones	17
2.4.3 Ventajas	17
2.4.4 Desventajas	18
<b>2.5 Hidráulica</b>	<b>18</b>
2.5.1 Características	19
2.5.2 Aplicaciones	20
2.5.3 Ventajas	20
2.5.4 Desventajas	20

## **CAPITULO 3: ANALISIS DE LA TECNOLOGÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS NO CONVENCIONALES**

<b>3.1 Paneles fotovoltaicos</b>	<b>21</b>
3.1.1 Efecto fotovoltaico	21
3.1.2 Célula solar	22
3.1.2.1 Características	22
3.1.2.2 Proceso de elaboración	22
3.1.2.3 Tipos	23
3.1.2.4 Respuesta espectral de la célula de silicio	24
3.1.3 Rendimiento del panel fotovoltaico	24
3.1.4 Estructura de un sistema fotovoltaico	25
3.1.4.1 Panel fotovoltaico	26
3.1.4.1.1 Elementos	26
3.1.4.1.2 Comportamiento del panel fotovoltaico	27
3.1.4.2 Baterías	28
3.1.4.3 Regulador fotovoltaico	29
3.1.4.4 Elementos de seguridad para un sistema fotovoltaico	30

3.1.5 Consideraciones de instalación, operación y mantenimiento _____	30
3.1.6 Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos _____	31
<b>3.2 Colectores solares planos _____</b>	<b>32</b>
3.2.1 Tipos de colectores solares planos _____	33
3.2.2 Descripción general de un colector solar plano _____	34
3.2.2.1 Cubiertas transparentes _____	35
3.2.2.2 Placa colectora _____	35
3.2.2.3 Aislantes _____	36
3.2.2.4 Caja exterior _____	36
3.2.3 Ubicación y orientación de colectores solares _____	36
3.2.3.1 Efectos de la sombra en los colectores _____	38
3.2.4 Subsistema de almacenamiento _____	38
3.2.4.1 Estratificación _____	38
3.2.4.2 Subsistema de distribución y consumo _____	39
3.2.4.2.1 Circulación natural o por termosifón _____	39
3.2.4.2.2 Circulación forzada _____	40
3.2.5 Consideraciones especiales _____	41
3.2.5.1 Elementos de cierre _____	41
3.2.5.2 Accesibilidad _____	41
3.2.6 Balance de energía en un colector solar plano _____	41
<b>3.3 Colectores concentradores _____</b>	<b>46</b>
3.3.1 Clasificación _____	46
3.3.1.1 De enfoque _____	47
3.3.1.1.1 Tipos _____	48
3.3.1.2 Fijos o semifijos _____	49
3.3.2 Razón de concentración _____	49
3.4 Turbinas eólicas _____	50
3.4.1 Clasificación _____	50
3.4.1.1 Por la interacción de sus palas con el viento _____	50
3.4.1.2 Por la orientación del eje de rotación con respecto al suelo _____	50
3.4.2 Elementos de un aerogenerador _____	51
3.4.2.1 El rotor _____	51
3.4.2.2 Torre _____	52
3.4.2.3 Las palas _____	53

3.4.2.4 La barquilla o góndola _____	53
3.4.3 Elección del tamaño _____	54
3.4.4 Localización _____	54
3.4.4.1 Turbulencia _____	55
3.4.5 Altura de la torre _____	55
3.4.5.1 Rugosidad _____	55
<b>3.5 Turbinas de microgeneración _____</b>	<b>56</b>
3.5.1 Clasificación _____	57
3.5.2 Descripción de las turbinas _____	57
3.5.2.1 Turbinas de acción _____	57
3.5.2.2 Turbinas de reacción _____	59
3.5.3 Características de las turbinas _____	61
3.5.4 Elección de la turbina hidráulica _____	65
<b>3.6 Briquetadora de combustible sólido vegetal _____</b>	<b>66</b>
3.6.1 Briqueta _____	66
3.6.2 Briquetaje _____	67
3.6.3 Proceso de producción _____	68
3.6.4 Procesos de briquetado _____	68
3.6.5 Aplicaciones _____	69
3.6.6 Ventajas del uso de briquetas _____	69
<b>3.7 Biodigestor _____</b>	<b>70</b>
3.7.1 Ventajas _____	70
3.7.2 Desventajas _____	71
3.7.3 Producción de biogás _____	71
3.7.4 Proceso de fermentación _____	71
3.7.4.1 Etapas _____	71
3.7.4.2 Tipos de fermentación _____	72
3.7.5 Clasificación de los biodigestores _____	73
3.7.6 Dimensionamiento de biodigestores _____	76
3.7.7 Instalación – operación y mantenimiento _____	78

## **CAPÍTULO 4: MAQUINARIAS, EQUIPOS Y NORMATIVAS PARA SU USO**

<b>4.1 Briquetadora</b>	<b>81</b>
4.1.1 Definición	81
4.1.2 Descripción y funcionamiento	82
4.1.3 Características técnicas	82
4.1.4 Equipos auxiliares	84
4.1.5 Normativas de uso	84
<b>4.2 Cocina solar</b>	<b>86</b>
4.2.1 Definición	86
4.2.2 Descripción y funcionamiento	86
4.2.3 Características técnicas	87
4.2.4 Equipos auxiliares	87
4.2.5 Normativas de uso	88
<b>4.3 Sistema de biorreacción para obtener gas y abono orgánico</b>	<b>90</b>
4.3.1 Definición	90
4.3.2 Descripción y funcionamiento	90
4.3.3 Características técnicas	91
4.3.4 Equipos auxiliares	94
4.3.5 Normativas de uso	94
<b>4.4 Panel fotovoltaico</b>	<b>97</b>
4.4.1 Definición	97
4.4.2 Descripción y funcionamiento	97
4.4.3 Características técnicas	98
4.4.4 Equipos auxiliares	98
4.4.5 Normativas de uso	98
4.5 Horno de secado al vacío	100
4.5.1 Definición	100
4.5.2 Descripción y funcionamiento	101
4.5.3 Características técnicas	101
4.5.4 Equipos auxiliares	102
4.5.5 Normativas de uso	102
<b>4.6 Secador solar por convección natural</b>	<b>104</b>

4.6.1 Definición	104
4.6.2 Descripción y funcionamiento	104
4.6.3 Características Técnicas	105
4.6.4 Equipos auxiliares	106
4.6.5 Normativas de uso	106
<b>4.7 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico</b>	<b>108</b>
4.7.1 Definición	108
4.7.2 Descripción y funcionamiento	108
4.7.3 Características Técnicas	109
4.7.4 Equipos auxiliares	110

## **CAPITULO 5: ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO**

5.1 Briquetadora de combustible sólido vegetal	114
5.2 Cocina solar	120
5.3 Biorreactor	127
5.4 Panel fotovoltaico	131
5.5 Horno de secado al vacío	136
5.6 Secador solar por convección natural	141
5.7 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico	148

## **CAPÍTULO 6: PROTOCOLO DE PRUEBAS**

<b>6.1 Pruebas</b>	<b>153</b>
6.1.1 Pruebas en la briquetadora	153
6.1.2 Pruebas en la cocina	155
6.1.3 pruebas en el biorreactor	159
6.1.4 Pruebas en el panel fotovoltaico	161
6.1.5 Pruebas en el horno de secado al vacío	163
6.1.6 Pruebas en el secador solar por convección natural	166
6.1.7 Pruebas en el concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico	167
<b>6.2 Desarrollo del protocolo de pruebas</b>	<b>168</b>
6.2.1 Protocolo de pruebas briquetadora	168
6.2.1.1 Procedimiento general	168

6.2.1.2 Registro de variables _____	168
6.2.1.3 Metodología de cálculo y análisis de resultados _____	169
6.2.2 Protocolo de pruebas cocina solar _____	170
6.2.2.1 Procedimiento general _____	170
6.2.2.2 Registro de variables _____	171
6.2.2.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados _____	172
6.2.3 Protocolo de pruebas biorreactor _____	173
6.2.3.1 Procedimiento general _____	173
6.2.3.2 Registro de variables _____	174
6.2.3.3 Metodología de cálculo y análisis de resultados _____	175
6.2.4 Protocolo de pruebas panel fotovoltaico _____	175
6.2.4.1 Procedimiento general _____	175
6.2.4.2 Registro de variables _____	176
6.2.4.3 Metodología de cálculo y análisis de resultados _____	176
6.2.5 Protocolo de pruebas horno de secado al vacío _____	177
6.2.5.1 Procedimiento general _____	177
6.2.5.2 Registro de variables _____	178
6.2.5.3 Metodología de cálculo y análisis de resultados _____	178
6.2.6 Protocolo de pruebas secador solar por convección natural _____	179
6.2.6.1 Procedimiento general _____	179
6.2.6.2 Registro de variables _____	179
6.2.6.3 Metodología de cálculo y análisis de resultados _____	180
6.2.7 Protocolo de pruebas concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	180
6.2.7.1 Procedimiento general _____	180
6.2.7.2 Registro de variables _____	181
6.2.7.3 Metodología de cálculo y análisis de resultados _____	182

## **CAPÍTULO 7: PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO**

<b>7.1 Estudio de selección del área disponible</b>	<b>183</b>
<b>7.2 Matriz de selección</b>	<b>185</b>
7.2.1 Sitios considerados	185
7.2.2 Selección del lugar adecuado	187
<b>7.3 Análisis de distribución de áreas de trabajo</b>	<b>188</b>
<b>7.4 Estudio de movimientos</b>	<b>191</b>
<b>7.5 Infraestructura y equipamiento</b>	<b>193</b>
<b>7.6 Planos de distribución de equipos</b>	<b>195</b>

## **CAPÍTULO 8: PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

<b>8.1 Plan de mantenimiento</b>	<b>197</b>
8.1.1 Planificación del mantenimiento	197
8.1.1.1 Esquemas de equipos para identificación de puntos críticos	197
8.1.1.2 Determinación del estado técnico de los equipos	205
8.1.1.3 Análisis de riesgo y operación (hazop)	207
8.1.2 Mantenimiento preventivo	207
8.1.3 Mantenimiento correctivo	208
8.1.4 Costos de mantenimiento	208
<b>8.2 Normativas de seguridad</b>	<b>209</b>
8.2.1 Consideraciones generales	209
8.2.2 Seguridad y protección	210
8.2.2.1 Normas para trabajar en el laboratorio	216
8.2.2.2 Señalética	220

## **CAPITULO 9: ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO**

<b>9.1 Análisis económico</b>	<b>221</b>
9.1.1 Costo de inversión del proyecto	221
<b>9.2 Análisis financiero</b>	<b>226</b>
9.2.1 Recursos financieros necesarios	226

9.2.2 Índices financieros	227
<b>9.3 Relación costo - beneficio</b>	<b>228</b>

## **CAPITULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>10.1 Conclusiones</b>	<b>235</b>
<b>10.2 Recomendaciones</b>	<b>236</b>

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>239</b>
-----------------------------------	------------

## TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de las centrales hidroeléctricas _____	19
Tabla 3.2 Absortancia de algunos materiales _____	36
Tabla 3.3 Aislantes para el colector solar _____	36
Tabla 3.4 Valores para rugosidad _____	56
Tabla 3.5 Rangos de altura de salto _____	61
Tabla 3.6 Composición del biogás _____	71
Tabla 3.7 Necesidades energéticas _____	77
Tabla 3.8 Rendimiento de materia prima por día _____	77
Tabla 5.1 Datos Briquetadora _____	115
Tabla 5.2 Datos cocina solar _____	121
Tabla 5.3 Datos biorreactor _____	128
Tabla 5.4 Datos panel fotovoltaico _____	132
Tabla 5.5 Datos horno de secado al vacío _____	137
Tabla 5.6 Datos secador solar por convección natural _____	142
Tabla 5.7 Datos concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	150
Tabla 6.1 Resultados obtenidos en la briquetadora _____	154
Tabla 6.2 Resultados obtenidos en la cocina solar _____	156
Tabla 6.3 Tiempos de cocción de huevos, sopa y papas _____	157
Tabla 6.4 Resultados obtenidos del biorreactor _____	159
Tabla 6.5 Resultados obtenidos en el panel fotovoltaico _____	161
Tabla 6.6 Resultados obtenidos en el horno de secado al vacío _____	164
Tabla 6.7 Tiempos de secado de diversas especies higroscópicas, obtenidos en el horno cilíndrico al vacío _____	165
Tabla 6.8 Resultados obtenidos en el secador solar _____	166
Tabla 7.1 Áreas para equipos _____	184
Tabla 7.2 Área mínima requerida para el laboratorio _____	184
Tabla 7.3 Ponderación de parámetros _____	187
Tabla 7.4 Matriz de selección _____	188
Tabla 7.5 Simbología de flujo del proceso _____	191
Tabla 7.6 Requerimientos básicos de los departamentos _____	193
Tabla 7.7 Instrumentos y equipos necesarios _____	194

Tabla 8.1 Partes importantes de la Briquetadora	198
Tabla 8.2 Partes importantes de la Cocina solar	199
Tabla 8.3 Partes importantes del Biorreactor	200
Tabla 8.4 Partes importantes del Panel fotovoltaico	201
Tabla 8.5 Partes importantes del Horno de secado al vacío	202
Tabla 8.6 Partes importantes del Secador solar por convección natural	203
Tabla 8.7 Partes importantes del concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico	204
Tabla 8.8 Valoración	205
Tabla 8.9 Eficiencia equipos	206
Tabla 8.10 Clasificación del estado técnico de un equipo según su eficiencia	206
Tabla 8.11 Tipo de servicio de mantenimiento	207
Tabla 8.12 Costos de mantenimiento	209
Tabla 9.1 Cuadro resumen de los costos del proyecto	222
Tabla 9.2 Costo de materiales directos	223
Tabla 9.3 Costo de la mano de obra directa	223
Tabla 9.4 Costo indirectos (Personal Intelectual)	224
Tabla 9.5 Costos indirectos (materiales)	225
Tabla 9.6 Gastos Administrativos	225
Tabla 9.7 Recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto	226
Tabla 9.8 Precio de equipos	227
Tabla 9.9 Flujo de fondos	229
Tabla 9.10 Período de recuperación	231

## FIGURAS

Figura 2.1 Central Eólica	8
Figura 2.2 Ciclo de biomasa	11
Figura 2.3 Aplicaciones de la biomasa	12
Figura 2.4 Colectores de media y baja temperatura	14
Figura 2.5 Aplicaciones de la energía solar térmica doméstica	15
Figura 2.6 Sistema de electrificación fotovoltaico	17
Figura 2.7 Represa Hidráulica	19
Figura 2.8 Rodete Francis	20
Figura 3.1 Efecto fotovoltaico	21
Figura 3.2 Proceso de obtención de células solares	23
Figura 3.3 Células de silicio	23
Figura 3.4 Espectro de radiación solar	24
Figura 3.5 Sistema fotovoltaico autónoma	26
Figura 3.6 Panel fotovoltaico	26
Figura 3.7 Elementos de un panel fotovoltaico	27
Figura 3.8 Comportamiento del panel fotovoltaico	28
Figura 3.9 Asociación de baterías	29
Figura 3.10 Regulador	29
Figura 3.11 Esquema de un colector solar plano	33
Figura 3.12 Partes de un colector solar plano	34
Figura 3.13 Ángulos solares	37
Figura 3.14 a) Efecto termosifón, b) Extracción de agua caliente	40
Figura 3.15 Circulación Forzada	40
Figura 3.16 Dimensiones tubería del colector	43
Figura 3.17 Concentradores por reflexión, refracción y lineales	47
Figura 3.18 Lentes de Fresnel	48
Figura 3.19 Concentradores parabólicos	48
Figura 3.20 Elementos de un aerogenerador	51
Figura 3.21 Torres de celosía	52
Figura 3.22 Torre tubular	52
Figura 3.23 Palas del rotor	53

Figura 3.24 Barquilla o Góndola _____	53
Figura 3.26 Esquema turbina pelton _____	58
Figura 3.27 Esquema turbina turgo _____	58
Figura 3.28 Esquema turbina flujo cruzado _____	59
Figura 3.29 Turbina Francis de eje horizontal _____	60
Figura 3.30 Esquema turbinas de hélice _____	61
Figura 3.31 Curva de caudales clasificados _____	62
Figura 3.32 Curva de selección de turbinas _____	64
Figura 3.33 Esquema de turbina con localización de pérdidas _____	65
Figura 3.34 Briquetas _____	67
Figura 3.35 Máquinas para briquetaje _____	69
Figura 3.36 Biodigestor hindú o de campana flotante _____	74
Figura 3.37 Biodigestor del tipo chino o cúpula fija _____	75
Figura 3.38 Digestor con tanque de almacenamiento _____	75
Figura 3.39 Digestores industriales _____	76
Figura 4.1 Briquetadora _____	81
Figura 4.2 Base soporte _____	82
Figura 4.3 Tornillo extrusor _____	83
Figura 4.4 Barril _____	83
Figura 4.5 Tolva _____	84
Figura 4.6 Esquema colector plano _____	105
Figura 5.1 Esquema de la máquina Briquetadora _____	114
Figura 6.1 Poder calórico superior Vs. % de cascarilla de arroz _____	155
Figura 6.2 Gráfica eficiencia Vs. Calor útil _____	157
Figura 6.3 Potencia de cocción Vs. Temperatura de recipiente – Temperatura de producto _____	158
Figura 6.4 Tiempo de fermentación Vs. Temperatura de sustrato _____	160
Figura 6.5 Temperatura sustrato Vs. Presión del biogás _____	160
Figura 6.6 Variación de Intensidad de corriente y Voltaje en función de la irradiancia _____	162
Figura 6.7 Eficiencia Vs. Temperatura de operación del panel _____	163
Figura 6.8 Temperatura interior del horno Vs. Tiempo de secado _____	164
Figura 6.9 Eficiencia Vs. Calor útil _____	167
Figura 8.1 Briquetadora _____	198

Figura 8.2 Cocina Solar _____	199
Figura 8.3 Biorreactor _____	200
Figura 8.4 Panel fotovoltaico _____	201
Figura 8.5 Horno de secado al vacío _____	202
Figura 8.6 Secador solar por convección natural _____	203
Figura 8.7 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	204
Figura 8.8 Posición del cuerpo para levantar objetos _____	220
Figura 9.1 Período de recuperación de la inversión _____	232
Figura 9.2 Ingresos y egresos de la FIME _____	232

## **FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 4.1 Cocina solar _____	86
Fotografía 4.2 Sistema de Biorreacción _____	90
Fotografía 4.3 Biorreactor _____	92
Fotografía 4.4 Colectores planos _____	93
Fotografía 4.5 Bomba _____	94
Fotografía 4.6 Panel Fotovoltaico con rotación en un eje _____	98
Fotografía 4.7 Horno de secado al vacío _____	100
Fotografía 4.8 Secador solar por convección natural _____	104
Fotografía 4.9 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	108
Fotografía 5.1 Cocina solar portátil _____	121
Fotografía 5.2 Biorreactor _____	128
Fotografía 5.3 Panel fotovoltaico _____	132
Fotografía 5.4 Horno de secado al vacío _____	137
Fotografía 5.5 Secador solar por convección natural _____	142
Fotografía 5.6 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	150
Fotografía 7.1 Área verde cercana a transportes y club canino _____	185
Fotografía 7.2 Área verde localizada entre club canino y gasolinera _____	186
Fotografía 7.3 Terraza del laboratorio de Termodinámica _____	186

## **ANEXOS**

<b>Anexo A</b>	MÉTODO SIMPLIFICADO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (MÉTODO ROSSA)
<b>ANEXO B</b>	NORMAS PARA CODIFICACIÓN EQUIPOS
<b>ANEXO C</b>	NORMAS PARA ELABORAR GUÍAS DE LABORATORIO
<b>ANEXO D</b>	TABLAS DE DATOS Y EJEMPLOS DE CÁLCULOS
<b>ANEXO E</b>	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA
<b>ANEXO F</b>	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS
<b>ANEXO G</b>	CUADROS DE ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

## **RESUMEN**

En la actualidad el principal inconveniente del empleo de las energías basadas en combustibles fósiles es que son agotables y por ello su duración no se mantendrá indefinidamente a lo largo del tiempo; asimismo, su utilización produce impactos ambientales negativos que son inevitables y que actualmente se ve reflejado en el drástico cambio climático que sufrimos y el deterioro de extensas zonas agrícolas. Por otro lado, las fuentes no convencionales tienen como principal generador el sol y siguen un ciclo de recuperación tal que parecen renovarse incesantemente, la energía que produce es limpia en lo cual radica la importancia de tener un laboratorio en que se pueda estudiarla y comprenderla para complementar los estudios teóricos que se hace actualmente, de tal forma que los estudiantes en su formación profesional estén comprometidos con la conservación del medio ambiente en base a la visión que la facultad plantea, como también los servicios que presten estén orientados a la investigación y desarrollo tecnológico del país en el área de Energías Renovables.

Con la realización de este proyecto la Escuela Politécnica del Ejército a través de su Facultad de Ingeniería Mecánica será pionera al poseer un laboratorio de

energías no convencionales acorde con las necesidades tecnológicas actuales formando líderes de alto desempeño técnico capaces de solucionar problemas relacionados con el diseño, implementación, control y mejoramiento en el medio industrial empresarial, lo cual le dará más prestigio y le mantendrá como uno de los principales centros de estudio.

Los objetivos en que se fundamenta el presente proyecto son:

- Conocer la tecnología existente y el contexto teórico para el aprovechamiento de las energías no convencionales enfocado al aspecto académico, productivo y de investigación.
- Realizar el estudio de los equipos existentes y complementarios.
- Disponer de guías de laboratorio y protocolo de pruebas de los equipos.
- Desarrollar el estudio técnico – económico de implantación del laboratorio de energías no convencionales en la ESPE, con el apoyo del CICTE y FIME.

Para la elaboración del presente proyecto de tesis se hizo un estudio profundo del contexto teórico de las energías no convencionales y del análisis de la tecnología para el aprovechamiento de las mismas enfocadas principalmente a los equipos ya desarrollados por el Ing. José Guasumba como proyectos de investigación del CICTE y que pueden pasar a manos de la Facultad vía comodato. Los equipos con los que actualmente se cuenta son:

- Sistema de biorreacción para obtener gas y abono orgánico.
- Panel fotovoltaico con rotación en un eje.
- Horno de secado al vacío.
- Concentradores solares de tipo cilíndrico parabólico.
- Cocina solar.
- Briquetadora para obtención de combustibles sólidos a partir de desechos vegetales.
- Secador solar por convección natural.

Para los cuales se elaboraron instructivos para el correcto uso de los mismos en los que se detalla su descripción, funcionamiento, características técnicas,

normativas de uso, precauciones y equipos complementarios. Que ayudará al investigador o estudiante a su correcto manejo y manipulación.

Se desarrolló las guías de laboratorio, tomando en consideración las normativas implementadas dentro de la Facultad, las cuales constan del tema de la práctica, objetivo, marco teórico, componentes del equipo, instrumentación, procedimiento, seguridad operativa, tabulación de datos, cálculos a realizar, análisis de resultados, preguntas, conclusiones y recomendaciones finalmente bibliografía. Resaltando que con la elaboración de las mismas se recolectarán datos que van ha servir para hacer cálculos con las cuales se determinará las variables de funcionamiento de los equipos.

Una vez desarrolladas las guías de laboratorio se las puso en práctica realizando varios ensayos hasta obtener los parámetros propuestos en las guías, datos que podrán servir de referencia para el profesor de la cátedra así como también del laboratorista.

Incluyendo también un protocolo de pruebas en el cual se incluye los siguientes aspectos:

Procedimiento general que involucra los pasos a seguir para realizar la práctica de una forma satisfactoria.

Registro de variables que describe la forma correcta como se las debe tomar y con que tipo de instrumentación.

Metodología de cálculos que describe la manera de tratar los datos que se obtienen.

El principal desafío a resolverse fue el lugar o espacio físico en donde se hará la construcción del laboratorio, para el cual se analizaron tres sitios dentro la ESPE, mismos que deben reunir las siguientes características:

- Seguridad.
- Razón de cercanía.
- Desplazamiento.
- Facilidad de transporte.
- Riesgos.
- Servicios básicos.

- Área mínima requerida.

El primer sitio ubicado es el área verde entre el club canino y transportes, en donde ya está instalado el biorreactor con un área aproximada de 1000m<sup>2</sup>, el segundo sitio es el área verde ubicado a un costado de la gasolinera dirigiéndose al club canino y que tiene un área útil de 800 m<sup>2</sup> y finalmente el tercer sitio ubicado en la terraza del laboratorio de Termodinámica con un área de 700 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Para seleccionar el lugar más adecuado se consideró las características ya mencionados desglosándolas en aspectos técnicos y económicos éstas son:

Facilidad de construcción, Mantenibilidad, cercanía a aulas de clase, sombras, viento y costo de construcción; las cuales analizadas en una matriz de decisión permitieron escoger el lugar más idóneo que fue en la terraza del laboratorio de Termodinámica.

Resuelto el tema del lugar de construcción se determinó las áreas que debe comprender dicho laboratorio en base a una distribución en planta LAYOUT las que son: de pruebas, registro de datos, depósito de equipo solares e instrumentación, oficina del laboratorista, aula de capacitación para 16 estudiantes, sitio de espera durante la toma de datos, laboratorio de biomasa y baños.

Para mantener operativos los equipos que contará el laboratorio se realizó un plan de mantenimiento preventivo y los pasos a seguir cuando se produzca una falla imprevista el cual es un mantenimiento correctivo ya que un equipo está sometido a un determinado régimen de trabajo, se desgasta continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto, que se refleje en la mala calidad de la producción elaborada, en un bajo rendimiento, en el aumento de las rupturas imprevistas e incluso en el aumento de riesgos para el personal de investigación o alumnos

Se estableció normativas de seguridad como también la Señalética para salvaguardar tanto al laboratorio como al personal.

Se estimo un costo total para la creación de este laboratorio, que incluye construcción del edificio, infraestructura del laboratorio, equipos de seguridad, instrumentación que da un total de 58161 USD.

Para que el proyecto sea rentable económicamente se debe implementar otras actividades como prestación de servicios a otras universidades, cursos de energías no convencionales a empresas y centros particulares, asesoría de proyectos además de servir solo como laboratorio para los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica.

El impacto ambiental por la implementación de este laboratorio es casi nulo ya que se trata de equipos que en su mayoría funcionan con energías renovables, el único inconveniente que puede existir consiste en el aspecto visual y paisajístico.

Gracias al apoyo institucional del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Ejército (CICTE) y la FIME, los directos beneficiados de este proyecto son los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica ya que contarán con un laboratorio más en donde pueden hacer investigaciones y realizar prácticas, que complementará sus conocimientos teóricos.

# CAPÍTULO 1

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 1.1 ANTECEDENTES

La facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE en la actualidad posee laboratorios como son: Ciencia de los Materiales, Mecánica de Materiales I y II, Fundición, Soldadura, Metrología, Termodinámica I y II, Máquinas Herramientas, Mecánica de Fluidos, Mecanismos, Transferencia de Calor, Diseño Térmico, Sistemas Hidráulicos y Neumáticos, Motores de Combustión Interna, CAD-CAM, Automatización Industrial, Refrigeración- Aire Acondicionado, Tecnología Automotriz, Turbomáquinas.

También se utilizan laboratorios de otras facultades para las materias de electrotecnia, instrumentación y física.

Todos los laboratorios se encuentran bien distribuidos pero lamentablemente algunos equipos están quedando obsoletos y no cubren con las expectativas académicas y tecnológicas actuales.

Sin embargo en el campo de las energías no convencionales que es un campo de mucha importancia en la actualidad y que es objeto de estudio dentro de la facultad y al no existir un laboratorio surge la necesidad de implementarlo para que permita al alumno adentrarse más profundamente en su estudio ya no solo de manera teórica sino experimental.

Los equipos con los que se cuenta son:

- Sistema de biorreacción para obtener gas y abono orgánico.
- Panel fotovoltaico con rotación en un eje.
- Horno de secado al vacío.

- Concentradores solares de tipo cilíndrico parabólico para generar vapor de uso industrial.
- Cocina solar.
- Briquetadora para obtención de combustibles sólidos a partir de desechos vegetales.

Los cuales fueron diseñados y construidos por el Ing. José Guasumba investigador del CICTE-ESPE.

A los mismos que se les puede complementar otros de tecnología exterior en el transcurso del tiempo y según las nuevas exigencias energéticas y educativas que surjan así como también con las políticas que se ejecuten para los programas de transferencia de tecnología.

### **1.1.1 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR**

Ecuador cuenta con un gran potencial para aprovechar las energías renovables: fotovoltaica, eólica e hidráulica para reducir la dependencia de otros combustibles como el diesel, así como también por los altos costos de termogeneración y precios del combustible para la obtención de energía eléctrica, sin embargo para la ejecución de nuevos proyectos alternativos, hace falta fuentes de financiamiento internas o externas.

Al estar Ecuador en la mitad del mundo posee la mayor radiación por metro cuadrado acompañado de que se tiene 12 horas de rayos solares durante la mayor parte del año así mismo posee otras ventajas como ríos, playas y vientos existiendo zonas donde éste corre a gran velocidad y donde se podrían implementar proyectos de carácter eólico.

Asimismo se puede aprovechar las olas del mar para la producción de energía eléctrica.

En el país las dos fuentes de energías renovables que ganan terreno son la solar térmica para calentar agua y máquinas eólicas para generar electricidad.

En la actualidad, la Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética, adscrita al Ministerio de Energía y Minas, tiene proyectos en carpeta para

aprovechar el sol, el viento, los biocombustibles y minicentrales las cuales se presentan a continuación:

- *Energía fotovoltaica:* La energía fotovoltaica es la más difundida en el país. Existen proyectos ya concretados en la Amazonía ecuatoriana, donde se han instalado paneles fotovoltaicos para generar electricidad y así dar el servicio en pequeños poblados y centros de salud, al igual que en algunas islas del archipiélago de Galápagos como son : Floreana e Isabela y en el Parque Nacional Galápagos.
- *Energía Eólica:* Uno de estos proyectos está en las islas Galápagos y en el futuro se ejecutarán dos proyectos en la isla San Cristóbal, con un aporte de las Naciones Unidas. Otro estará ubicado en la isla Santa Cruz, y beneficiará a 20 mil habitantes.

También se trabaja en otro proyecto en la zona de Villonaco, en la provincia de Loja. Lo ejecuta el Consejo Provincial, con la asistencia técnica de la Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética. Otro está en la población de Salinas, en la provincia de Guaranda.

- *Biocombustibles:* El Ministerio de Energía y Minas impulsa la obtención del biodiésel. Este reemplazaría al diésel, lo que contribuiría a reducir el gasto en el que incurre el Estado para importar ese combustible. El biodiésel se lo obtendría con una mezcla de alcohol anhídrido y gasolina de bajo octanaje. Para ello se necesitará caña de azúcar (para obtener el alcohol).

La ejecución del plan está en análisis, y existe una comisión interinstitucional designada para preparar todos los términos de implementación de proyectos de investigación en este campo.

- *Las minicentrales:* Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Ecuador apenas aprovecha el 7 por ciento de su potencial hidroeléctrico, considerado uno de los porcentajes más bajos en América

Latina. Esa es una de las razones por la cual el país es deficitario en electricidad y es factor determinante en el alto costo de la energía.

Los proyectos no se han desarrollado, pese a que el desaparecido Instituto Nacional de Electrificación (INECEL) dejó en carpeta más de 100 proyectos de minicentrales, repartidas en todo el país. Las minicentrales entregarían entre 1 y 5 megavatios.

Actualmente el Banco Mundial dio un aporte de 2,3 millones de dólares para contratar una consultoría que se encargue de hacer que los proyectos sean sustentables.

### **1.1.2 EQUIPOS DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES DESARROLLADOS POR EL CICTE**

Los equipos con los que actualmente se cuenta son:

- Sistema de biorreacción para obtener gas y abono orgánico.
- Panel fotovoltaico con rotación en un eje.
- Horno de secado al vacío.
- Concentradores solares de tipo cilíndrico parabólico.
- Cocina solar.
- Briquetadora para obtención de combustibles sólidos a partir de desechos vegetales.
- Secador solar por convección natural.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El problema principal a resolverse es el de elaborar un proyecto de implementación de un laboratorio de energías no convencionales que permita al alumno ingresar en el área práctica que ayude a complementar lo que teóricamente se da en clases de tal forma que la Facultad de Ingeniería Mecánica una vez que ejecute el proyecto forme profesionales con conocimientos sólidos en este campo de la ingeniería que les permita disponer de otras posibilidades de desarrollo.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

- Realizar el estudio técnico-económico para la implementación del laboratorio de energías no convencionales en la facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Conocer la tecnología existente y el contexto teórico para el aprovechamiento de las energías no convencionales enfocado al aspecto académico, productivo y de investigación.
- Realizar el estudio de los equipos existentes y complementarios.
- Disponer de guías de laboratorio y protocolo de pruebas de los equipos.
- Desarrollar el estudio técnico – económico de implantación del laboratorio de energías no convencionales en la ESPE, con el apoyo del CICTE y FIME.

## **1.4 ALCANCE**

El alcance de este tema de tesis es de elaborar un proyecto de implementación del laboratorio de energías convencionales para la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE por lo que se aprovecharan los equipos ya existentes desarrollados por el Ingeniero José Guasumba investigador del CICTE-ESPE, para los cuales se hará un descripción técnica de los equipos, elaboración de normativas, guías de laboratorio, plan de mantenimiento y seguridad industrial y distribución en planta de equipos.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

En la actualidad el principal inconveniente del empleo de las energías basadas en combustibles fósiles es que son agotables y por ello su duración no se mantendrá indefinidamente a lo largo del tiempo; asimismo, su utilización produce impactos ambientales negativos que son inevitables y que actualmente se ve reflejado en el drástico cambio climático que sufrimos y el deterioro de extensas zonas agrícolas. Por otro lado, las fuentes no convencionales tienen como principal generador el sol y siguen un ciclo de recuperación tal que parecen renovarse incesantemente, la energía que produce es limpia en lo cual radica la importancia de tener un laboratorio en que se pueda estudiarla y comprenderla para complementar los estudios teóricos que se hace actualmente, de tal forma que los estudiantes en su formación profesional estén comprometidos con la conservación del medio ambiente en base a la visión que la facultad plantea, como también los servicios que presten estén orientados a la investigación y desarrollo tecnológico del país en el área de Energías Renovables.

Con la realización de este proyecto la Escuela Politécnica del Ejército a través de su Facultad de Ingeniería Mecánica será pionera al poseer un laboratorio de energías no convencionales acorde con las necesidades tecnológicas actuales formando líderes de alto desempeño técnico capaces de solucionar problemas relacionados con el diseño, implementación, control y mejoramiento en el medio industrial empresarial, lo cual le dará más prestigio y le mantendrá como uno de los principales centros de estudio.

Además hay que anotar el compromiso hecho con el Ingeniero Guasumba investigador CICTE-ESPE para el desarrollo de este proyecto pues la implementación del laboratorio se hará con su asesoramiento.

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

<b>1.1 aNTecedentes</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 Energías renovables en el Ecuador</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2 Equipos de energías no convencionales dESARROLLADOS POR el CICTE</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Definición del problema</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1 General</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2 Específicos</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Alcance</b>	<b>5</b>
<b>1.5 justificación e importancia del proyecto</b>	<b>6</b>

## **CAPÍTULO 2**

### **EL CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS NO CONVENCIONALES**

#### **2.1 ENERGÍA EÓLICA**

Se conoce como energía eólica al aprovechamiento por el hombre de la energía del viento, y es considerada como una forma indirecta de energía solar. Entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. La energía cinética del viento puede transformarse en energía útil, tanto mecánica como eléctrica. Antiguamente se utilizó para propulsar naves marinas y mover molinos de grano.

La energía eólica, transformada en energía mecánica ha sido históricamente aprovechada, pero su uso para la generación de energía eléctrica es más reciente, existiendo aplicaciones de mayor escala desde mediados de la década del 70 en respuesta a la crisis del petróleo y a los impactos ambientales derivados del uso de combustibles fósiles.

### **2.1.1 CARACTERÍSTICAS**

El viento es una corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera provocadas, en la mayoría de los casos, por variaciones de temperatura, debidas a las diferencias de la radiación solar en los distintos puntos de la Tierra.

La circulación de las masas de aire se debe a la acción resultante de las fuerzas de rozamiento, de presión, gravitacional y de rotación de la Tierra, que inducen dos tipos de circulación del aire en la atmósfera:

- Circulación planetaria: debida a la incidencia de los rayos solares sobre la Tierra y a la rotación de ésta, varía según la zona y la época del año
- Circulación a pequeña escala: viene determinada por la orografía del terreno, como las montañas y la presencia del mar

En definitiva, se puede considerar que las variables que definen el régimen de vientos en un punto determinado son:

- Situación geográfica.
- Características climáticas.
- Estructura topográfica.
- Irregularidades del terreno.
- Altura sobre el nivel del suelo siendo su estudio de gran importancia a la hora de acometer el diseño de un dispositivo que sea capaz de aprovechar la energía que contiene el viento.

Se ha calculado que el potencial energético de esta fuente es unas 20 veces el actual consumo mundial de energía, haciendo que ésta sea una de las fuentes de energía renovables de primera magnitud.

### **2.1.2 APLICACIONES**

Una de las principales aplicaciones de la energía eólica es la de generar electricidad, para lo cual se instalan centrales eólicas que se mueven gracias al viento. El movimiento genera energía cinética, la cual se transforma en energía eléctrica por medio de un generador eléctrico.



**Figura 2.1 Central Eólica**

Otra de las aplicaciones es para bombear agua y moler granos principalmente en lugares donde es imposible obtenerla por otros métodos.

### **2.1.3 VENTAJAS**

- Se renueva de forma continua.
- Es inagotable.
- Es limpia. No contamina.
- Existe en todo el mundo.
- Permite el desarrollo sin explotar la naturaleza, respetando el medio ambiente.
- Las instalaciones son fácilmente reversibles. No deja huella.

### **2.1.4 DESVENTAJAS**

- El aire al ser un fluido de bajo peso específico, implica fabricar máquinas grandes y en consecuencia caras. Su altura puede igualar a la de un edificio de diez o más plantas, en tanto que la envergadura total de sus aspas alcanza la veintena de metros, lo cual encarece su producción.
- Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral).
- El ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es más evidente que el generado por una instalación de tipo industrial de similar característica, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.
- El riesgo de las aves al impactar con las palas.

## 2.1 **BIOMASA**

La energía de la biomasa proviene en última instancia del sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO<sub>2</sub> presente en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos.

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación, una de las clasificaciones más generalmente aceptada es la siguiente:

- **Biomasa natural:** es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana.

- Biomasa residual seca: son los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera.
- Biomasa residual húmeda: son los vertidos denominados biodegradables: las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos.
- Cultivos energéticos: son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Algunos ejemplos son el cardo, el girasol destinado a la producción de biocarburantes y otros.

### 2.2.1 CARACTERÍSTICAS

Por término medio, un kilogramo de biomasa permite obtener 3.500 Kcal y que un litro de gasolina tiene aproximadamente 10.000 Kcal, entonces por cada tres kilogramos que desperdiciamos de biomasa, se desaprovecha el equivalente a un litro de gasolina.

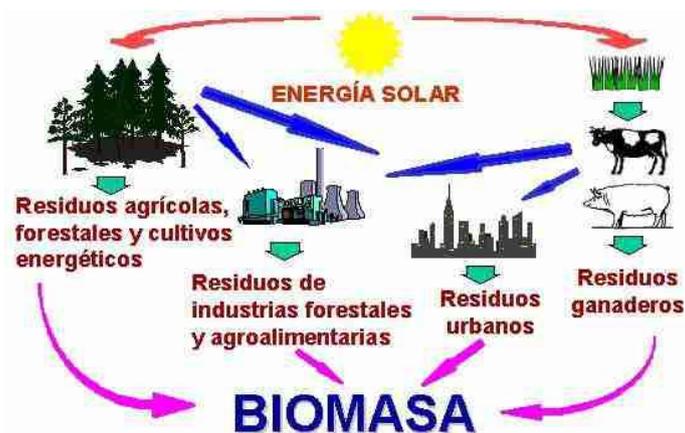


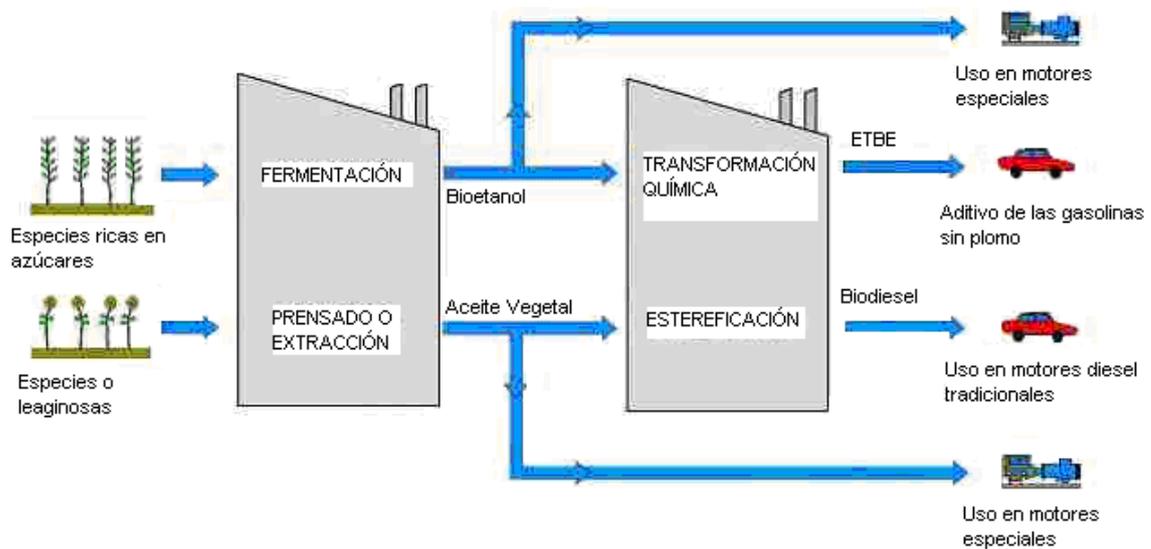
Figura 2.2 Ciclo de biomasa

## 2.2.2 APLICACIONES

Generación de energía térmica: El sistema más extendido para este tipo de aprovechamiento está basado en la combustión de biomasa sólida, aunque también es posible quemar el biogás procedente de la digestión anaeróbica de un residuo líquido o el gas de síntesis generado en la gasificación de un sólido.

Generación de energía eléctrica: En función del tipo y cantidad de biomasa disponible varía la tecnología más adecuada a emplear para este fin.

Generación de energía mecánica: Los biocarburantes pueden ser empleados en los motores alternativos de automóviles, camiones y autobuses; sustituyendo total o parcialmente a los combustibles fósiles.



**Figura 2.3 Aplicaciones de la biomasa**

## 2.2.3 VENTAJAS

*Energéticas*

- Fundamentalmente económicas ya que se disminuye la factura energética al reducir la cantidad de combustibles que se debe adquirir del exterior.
- Socioeconómicas.

### *Ambientales*

- Todo el CO<sub>2</sub> emitido en la utilización energética de la biomasa había sido previamente fijado en el crecimiento de la materia vegetal que la había generado, por lo que no contribuye al incremento de su proporción en la atmósfera y, por tanto, no es responsable del aumento del efecto invernadero.
- La biomasa tiene contenidos en azufre prácticamente nulo, generalmente inferior al 0,1%.
- El uso de biocarburantes en motores de combustión interna supone una reducción de las emisiones generadas (hidrocarburos volátiles, partículas, SO<sub>2</sub> y CO).
- El empleo de la tecnología de digestión anaerobia para tratar la biomasa residual húmeda además de anular su carga contaminante, reduce fuentes de olores molestos y elimina, casi en su totalidad, los gérmenes y los microorganismos patógenos del vertido. Los fangos resultantes del proceso de digestión anaerobia pueden ser utilizados como fertilizantes en la agricultura.

### **2.2.4 DESVENTAJAS**

- Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.
- La biomasa posee menor densidad energética, o lo que es lo mismo, para conseguir la misma cantidad de energía es necesario utilizar más cantidad de recurso. Esto hace que los sistemas de almacenamiento sean, en general, mayores.
- Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren unos mayores costes de operación y mantenimiento.

- Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.
- Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones puede ser necesario un proceso previo de secado.

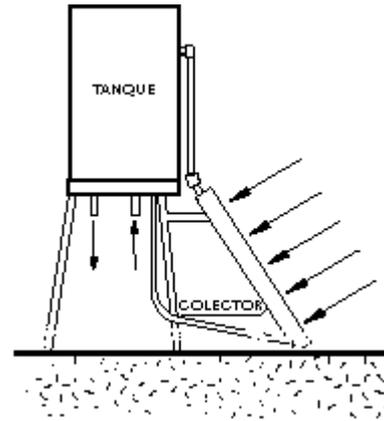
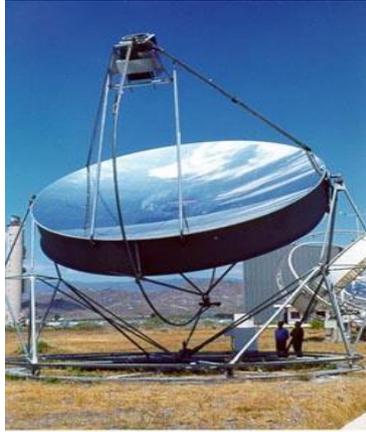
## **2.3 SOLAR TÉRMICA**

La energía solar térmica consiste en aprovechar el calor de los rayos del sol para calentar un fluido. El medio para conseguir este aporte de temperatura se hace por colectores. Las instalaciones de energía solar térmica se pueden clasificar según el uso o no de elementos mecánicos para la captación en: pasivas o activas.

- Las instalaciones pasivas se basan en procesos físicos básicos, y están enfocadas a la climatización (calefacción o refrigeración) de volúmenes habitados, todo esto sin la actuación de ningún elemento mecánico.
- Las instalaciones activas son utilizadas para el calentamiento de fluidos, normalmente agua, y para la refrigeración de aire a partir de la concentración de la radiación solar.

Dependiendo de la temperatura final alcanzada por el fluido a la salida, las instalaciones activas para el calentamiento de fluidos se dividen en:

- Baja temperatura (las más extendidas).- Destinada a aquellas aplicaciones que no exigen temperaturas del agua superiores a los 90°C. Se utiliza colectores solares planos.
- Media temperatura.- Destinada a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas del agua comprendidas entre los 80°C y los 250°C. Se utiliza equipos como concentradores solares.
- Alta temperatura.- Destinada a aquellas aplicaciones que requieran temperaturas del agua superiores a los 250°C.



**Figura 2.4 Colectores de media y baja temperatura**

### **2.3.1 CARACTERÍSTICAS**

La energía solar se puede complementar con otras energías convencionales, evitando así la necesidad de instalar grandes y costosos sistemas para la acumulación. El aprovechamiento térmico cuando se trabaja a baja temperatura se lleva a cabo mediante colectores planos que trabajan con radiación directa o difusa.

### **2.3.2 APLICACIONES**

Baja Temperatura

- Agua caliente sanitaria (ACS).
- Calentamiento de agua para piscinas.
- Calefacción.

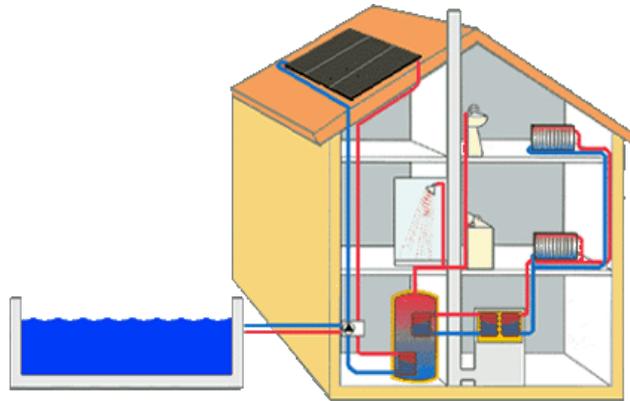
Media Temperatura:

- Producción de fluidos térmicos para procesos industriales.
- Desalinización de agua de mar.
- Refrigeración mediante energía solar.

Alta Temperatura:

- Hornos solares. Se trata de un conjunto de helióstatos que se mueven con el sol y reflejan las radiaciones en un foco alcanzando temperaturas

de 3000 °C Esto tiene su utilidad en campos como tratamientos térmicos de materiales, fotocátalisis, fusión del tungsteno, metalurgia de alta temperatura.



**Figura 2.5 Aplicaciones de la energía solar térmica doméstica**

### **2.3.3 VENTAJAS**

- La energía solar térmica tiene como gran ventaja la de reemplazar a otras fuentes de energía como combustibles fósiles o nucleares.
- Es autónoma y descentralizada, que procede de una fuente gratuita e inagotable.
- Es limpia y segura, absolutamente inocua para el medio ambiente local y mundial.

### **2.3.4 DESVENTAJAS**

- El desarrollo de la energía solar es limitado por la técnica aún insuficiente para su aprovechamiento (almacenamiento de la energía, calidad y eficiencia de materiales).
- Los altos costos de instalación, la insuficiente financiación para la investigación o las variaciones en los precios del petróleo influyen en el hecho de que la energía solar no tenga más importancia de la que tiene.

## **2.4 SOLAR FOTOVOLTAICA**

La energía solar fotovoltaica consiste en transformar directamente la energía lumínica del sol en energía eléctrica por medio de las células fotovoltaicas.

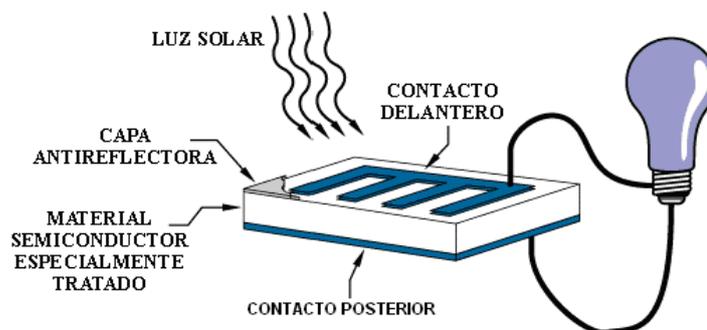
La célula fotovoltaica, elemento encargado de transformar la energía solar en eléctrica, se basa en un fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico, que consiste en la producción de una fuerza electromotriz por acción de un flujo luminoso que incide sobre la superficie de dicha célula.

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS

La radiación viaja a través del espacio a la velocidad de la luz, en partículas carentes de masa llamadas fotones y llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas. Aproximadamente el 45% es luz visible por el ojo humano (colores). El resto, invisible, es un 45% radiación infrarroja y 10% de radiación ultravioleta. La eficiencia de la conversión energética de un sistema solar es la fracción de energía total de los fotones que es capturada.

El efecto fotoeléctrico es el que permite la conversión directa de los rayos del sol (luz) en electricidad. Cuando los rayos del sol inciden en una superficie receptora normalmente de silicio en ella se genera una diferencia de potencial (voltaje) que puede ser aprovechado conectando los electrodos adecuadamente.

Mediante los paneles fotovoltaicos se puede producir electricidad durante el día, almacenarla y consumirla posteriormente.



**Figura 2.6 Sistema de electrificación fotovoltaico**

### 2.4.2 APLICACIONES

La llamada "*economía del hidrógeno*" que por electrólisis del agua, se obtiene fácilmente hidrógeno. Se podría almacenarlo y transportarlo, permitiendo que la energía producida en los lugares más soleados pueda ser empleada en cualquier otro sitio.

Prácticamente cualquier aplicación que necesite electricidad para funcionar se puede alimentar con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado.

### **2.4.3 VENTAJAS**

- El aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía, por sí ya es sustentable, porque usa como fuente de energía los rayos solares y protege entonces al medio ambiente.
- Es útil para lugares que están lejos de los sistemas interconectados de electricidad.
- El mantenimiento normal consiste en limpiar de vez en cuando los vidrios de los paneles.
- No se tiene que pagar planillas de consumo de luz o comprar y transportar combustible.
- No tiene que preocuparse de problemas de aumento de consumo, porque los sistemas son modulares.
- Tampoco hay que preocuparse de aumentos del precio de la energía eléctrica o peor de fallas o apagones de la red pública eléctrica.

### **2.4.4 DESVENTAJAS**

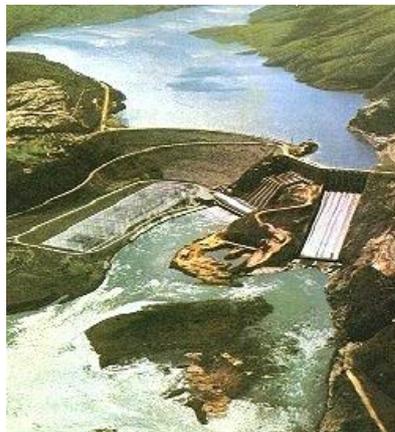
- El precio de generación es caro como para competir con otros tipos de generadores de electricidad.
- La eficiencia de estos equipos es aún baja.

## **2.5 HIDRÁULICA**

La energía hidráulica es la que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad.

La influencia de la altura es aprovechada por las centrales hidroeléctricas para convertir la energía potencial del agua en energía eléctrica, utilizando las turbinas para tal fin, acoplado estas a los alternadores. En caso que el río tenga un aporte regular de agua, la energía cinética de éste puede aprovecharse sin necesidad de realizar embalses o bien, utilizando uno de pequeñas dimensiones (a este tipo de centrales se las conoce como fluyentes).

Por condiciones climáticas el curso y caudal de los ríos resultan frecuentemente irregulares, lo que obliga a retener el agua mediante una presa, formándose así un lago o embalse que produce un salto de agua que libera fácilmente su energía potencial, almacenando agua para aquellas épocas de escasas lluvias (a estas centrales se denomina de regulación).



**Figura 2.7 Represa hidráulica**

### **2.5.1 CARACTERÍSTICAS**

- La energía hidráulica es utilizada para obtener energía eléctrica.

- La potencia obtenida a través de los recursos hidráulicos depende del volumen de agua que fluye por unidad de tiempo y de la altura de caída de ésta.
- De acuerdo a su capacidad, las centrales hidroeléctricas pueden clasificarse de la siguiente forma:

**Tabla 2.1 Clasificación de las centrales hidroeléctricas**

Fuente: [www.aven.es/energía/hidraulica.html](http://www.aven.es/energía/hidraulica.html)

### **2.5.2 APLICACIONES**

La aplicación más importante de la energía hidráulica es para generar electricidad. El aprovechamiento de la energía potencial del agua para producir energía eléctrica utilizable, constituye en esencia la energía hidroeléctrica para lo cual se utilizan turbinas de diferente tipo. Por ejemplo se tiene el rodete Francis.

Grandes centrales:	Poseen una potencia superior a los 5 MW.
Pequeñas centrales:	Poseen una potencia superior a 1 MW e inferior a los 5 MW.
Minicentrales:	Poseen una potencia superior a 100 kW e inferior a 1MW.
Microcentrales:	Poseen una potencia superior a 1,5 kW e inferior a los 100 kW.
Picohidrogeneración:	Su potencia es menor que 1,5 kW, generan electricidad en corriente continua, la cual puede aprovecharse para cargar baterías.



**Figura 2.8 Rodete Francis**

### **2.5.3 VENTAJAS**

- Disponibilidad: Es un recurso inagotable, en tanto en cuanto el ciclo del agua perdure.
- "No contamina" (en la proporción que lo hacen el petróleo, carbón). Refiriéndose a que no emite gases "invernadero" ni provoca lluvia ácida.
- Almacenamiento de agua para regadíos.
- Permite realizar actividades de recreo como remo y baño.

### **2.5.4 DESVENTAJAS**

- Las presas: obstáculos insalvables.
- "Contaminación" del agua.
- El agua embalsada no tiene las condiciones de salinidad, gases disueltos, temperatura, nutrientes, y demás propiedades del agua.
- Privación de sedimentos al curso bajo.
- Los sedimentos se acumulan en el embalse empobreciéndose de nutrientes el resto de río hasta la desembocadura.

## **CAPÍTULO 2: EL CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS NO CONVENCIONALES**

2.1 ENERGÍA EÓLICA	7
2.1.1 CARACTERÍSTICAS	7
2.1.2 APLICACIONES	8
2.1.3 VENTAJAS	9
2.1.4 DESVENTAJAS	9

2.2 BIOMASA	9
2.2.1 CARACTERÍSTICAS	10
2.2.2 APLICACIONES	11
2.2.3 VENTAJAS	12
2.2.4 DESVENTAJAS	13
2.3 SOLAR TÉRMICA	13
2.3.1 CARACTERÍSTICAS	14
2.3.2 APLICACIONES	15
2.3.3 VENTAJAS	15
2.3.4 DESVENTAJAS	16
2.4 SOLAR FOTOVOLTAICA	16
2.4.1 CARACTERÍSTICAS	16
2.4.2 APLICACIONES	17
2.4.3 VENTAJAS	17
2.4.4 DESVENTAJAS	18
2.5 HIDRÁULICA	18
2.5.1 CARACTERÍSTICAS	19
2.5.2 APLICACIONES	20
2.5.3 VENTAJAS	20
2.5.4 DESVENTAJAS	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Central Eólica	8
Figura 2.2 Ciclo de biomasa	11
Figura 2.3 Aplicaciones de la biomasa	12
Figura 2.4 Colectores de media y baja temperatura	14
Figura 2.5 Aplicaciones de la energía solar térmica doméstica	15
Figura 2.6 Sistema de electrificación fotovoltaico	17
Figura 2.7 Represa	19

Figura 2.8 Rodete Francis\_\_\_\_\_ 20

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Clasificación de las centrales hidroeléctricas\_\_\_\_\_ 19

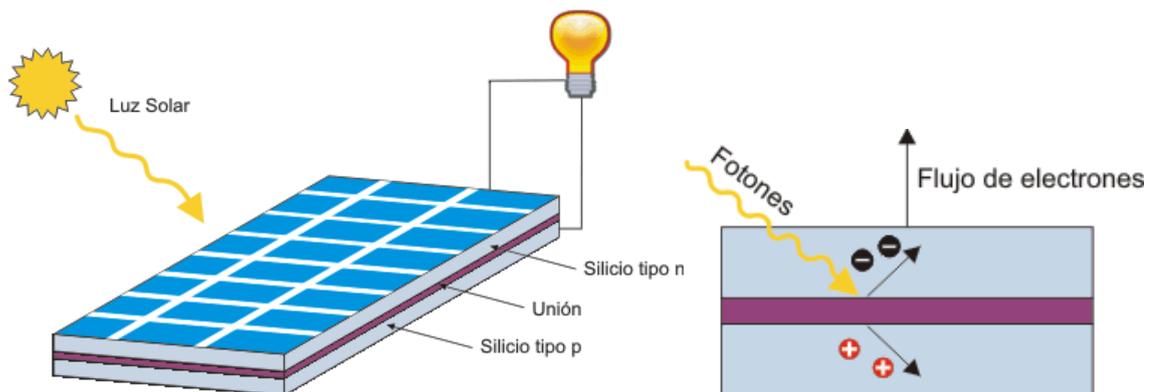
# CAPITULO 3

## ANALISIS DE LA TECNOLOGÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS NO CONVENCIONALES

### 3.1 PANELES FOTOVOLTAICOS

#### 3.1.1 EFECTO FOTOVOLTAICO

Cuando la radiación electromagnética solar incide sobre un material semiconductor tal como el silicio (Si), genera pares de carga: electrones (e-) y huecos (h+) que una vez producidos se mueven aleatoriamente en el volumen de un sólido. Si mediante algún procedimiento se crea en el interior del material un campo eléctrico permanente, las cargas positivas y negativas serán separadas por él. Esta separación conduce al establecimiento de una diferencia de potencial entre dos zonas del material que, si son conectadas entre sí mediante un circuito externo al mismo tiempo que la radiación electromagnética incide sobre el material, darán origen a una corriente eléctrica que recorrerá el circuito externo. Este fenómeno se conoce como efecto fotovoltaico y es el fundamento en el que se basan las celdas fotovoltaicas. En la figura 3.1.1 se representa el efecto fotovoltaico.



Figurara 3.1 Efecto fotovoltaico

El campo eléctrico interno local se crea siempre que se ponen en contacto un semiconductor tipo n con otro tipo p, es decir, donde existe una unión p-n.

### 3.1.2 CÉLULA SOLAR

Es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica.

#### 3.1.2.1 Características

- Ser capaz de absorber una fracción importante de la radiación solar para que la generación de pares electrón-hueco sea eficiente.
- Tener un campo eléctrico interno que separe las dos cargas impidiendo su posterior recombinación.
- Las cargas separadas deben ser capaces de viajar a través de la oblea hasta los electrodos superficiales desde donde pasan al circuito exterior.

#### 3.1.2.2 Proceso de elaboración

1) *Obtención del Si de alta pureza.* Se obtiene a partir del óxido de silicio, SiO<sub>2</sub>.

2) *Obtención de obleas.* Utilizando como materia prima polvo de silicio de alta pureza se hace crecer el monocristal hasta obtener una pieza cilíndrica de diámetro variable entre 2 y 20 cm. y longitud de alrededor de 1 m. La barra de silicio se corta produciendo obleas<sup>1</sup> de espesor aproximado de 300 μm.

3) *Procesamiento de la oblea.* La oblea sufre un procesamiento que consiste de los siguientes pasos: lapeado y pulido, formación de unión p-n, decapado y limpieza, capa antireflejante, fotolitografía para formación de contactos, material para soldadura de electrodos, limpieza del decapante y comprobación de las características de la celda.

---

<sup>1</sup> [www.energias.org.ar](http://www.energias.org.ar)

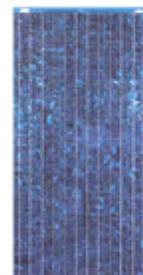
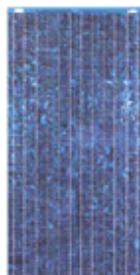
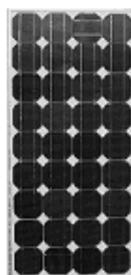


**Figura 3.2 Proceso de obtención de células solares**

### 3.1.2.3 Tipos

Existen tres tipos de células solares de acuerdo a la "calidad" del método de fabricación:

- *Silicio-Monocristalino*: Se obtienen a partir de barras cilíndricas de silicio monocristalino producidas en hornos especiales. Las barras se cortan en forma de obleas cuadradas delgadas (0,4 - 0,5 mm de espesor). Su eficiencia es menor al 25%. Son los más caros.
- *Silicio-Policristalino*: Se obtienen a partir de bloques de silicio resultado de la fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales. Se forma una estructura policristalina. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es menor del 20%.
- *Silicio-Amorfo*: Se obtienen mediante la deposición de capas muy delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal. Su eficiencia varía entre un 5 y un 7%. Son los más baratos.



**a) Silicio monocristalino    b) Silicio Policristalino    c) Silicio Amorfo**

**Figura 3.3 Células de silicio**

### 3.1.2.4 Respuesta espectral de la célula de silicio

El espectro solar está compuesto por radiación de diferente longitud de onda ( $\lambda$ ), como se observa en la figura 3.1.4

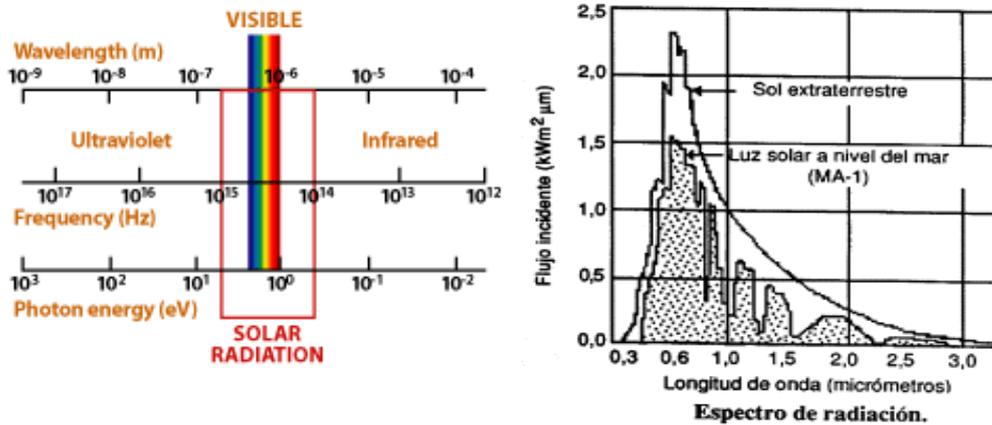


Figura 3.4 Espectro de radiación solar

La energía de los fotones ( $h\nu$ ) depende de la longitud de onda y se mide convencionalmente en electrón-voltio (eV). La energía necesaria para crear un par electrón-hueco en el silicio es de 1.12 (eV) aproximadamente, que corresponde a una  $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ . La respuesta óptica de la célula solar de silicio se extiende desde longitudes de onda de aproximadamente  $0.4 \mu\text{m}$  a  $1.1 \mu\text{m}$ .

### 3.1.3 RENDIMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO<sup>2</sup>

El rendimiento de operación de una célula solar se define como el cociente entre la energía eléctrica producida y la energía solar interceptada por su superficie.

$$\eta = \frac{P_m}{I} = \frac{(I_m)(V_m)}{I} \quad (3.1)$$

Donde:

I: es el producto de la insolación ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) por la superficie efectiva de la célula ( $\text{m}^2$ ).

P<sub>m</sub>: Potencia máxima (W).

<sup>2</sup> Formulas tomadas del curso de energías no convencionales FIME 2004

$I_m$ : Corriente en el punto de máxima potencia (A).

$V_m$ : Tensión en el punto de máxima potencia (V).

Hay factores que influyen en mayor o menor medida en el rendimiento de una célula solar como características del material, espesor de la oblea, geometría de los contactos. También pueden ser factores ambientales como temperatura de operación y composición espectral de la radiación. Al aumentar la temperatura por encima del ambiente (40-45 °C), el rendimiento disminuye, razón por la que sería conveniente refrigerar las células solares.

$$\eta_{op} = \eta(1 - 0,003(T_{op} - 28)) \quad (3.2)$$

$T_{op}$ : Temperatura de operación (°C).

$\eta_{op}$ : Eficiencia real (%).

La diferencia entre la eficiencia teórica y la real se deben especialmente a tres factores:

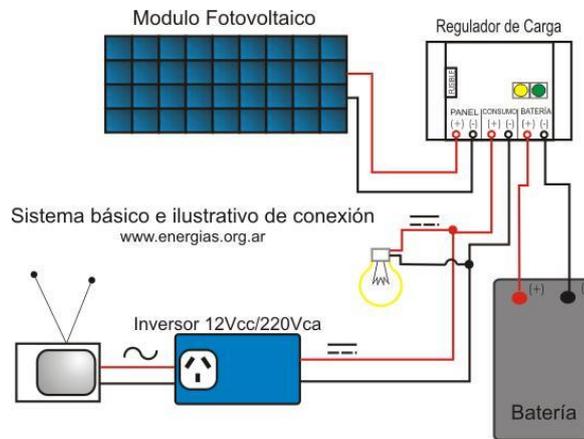
$$\eta_{top} = n_{to} \cdot n_{ec} \cdot n_p \quad (3.3)$$

El primer término se refiere a la eficiencia debida a la temperatura de operación del módulo. El segundo término se debe a la envoltura de la célula, la disparidad eléctrica de las células, las pérdidas de conexiones, el recubrimiento; el valor de este parámetro está entre 0,10 y 0,13. El último término se refiere al empaquetado de la célula, la forma de distribuir las células en el módulo, para células redondas el valor varía entre 0,6 y 0,7 para rectangulares y cuadrados entre 0,8 y 0,9.

### 3.1.4 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

La estructura de un sistema fotovoltaico es el conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión de la luz solar mediante las células solares. Hay dos grandes grupos de generadores: los autónomos, que constituyen una fuente de energía eléctrica independiente y los no autónomos que pueden prescindir de un sistema de almacenamiento.

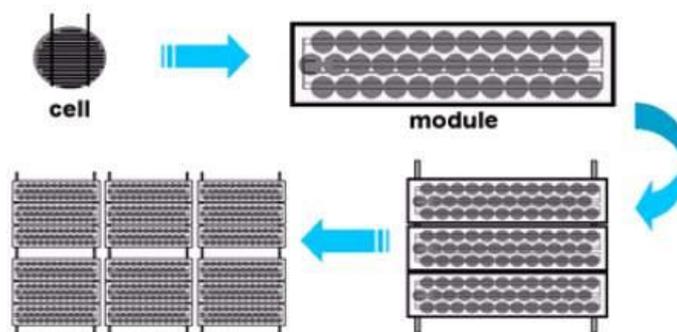
Los sistemas fotovoltaicos autónomos se componen de tres subsistemas: el panel fotovoltaico, el regulador-inversor y el subsistema de almacenamiento, que generalmente son baterías electroquímicas.



**Figura 3.5 Sistema fotovoltaico autónoma**

### 3.1.4.1 Panel fotovoltaico

Un panel fotovoltaico está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.

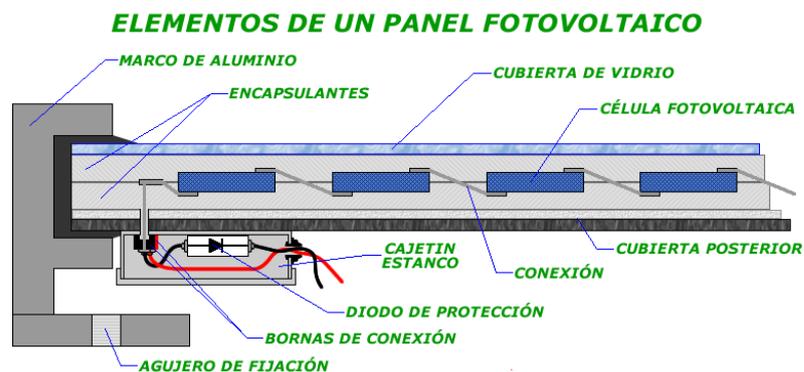


**Figura 3.6 Panel fotovoltaico**

### 3.1.4.1.1 Elementos

El panel cuenta con elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica. Así se tiene:

- *Cubierta exterior de cara al Sol.* Es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar.
- *Encapsulante.* De silicona o más frecuentemente EVA (etilen-vinil-acetato).
- *Protección posterior.* Da rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos.
- *Marco metálico.* De Aluminio, que asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel.
- *Cableado y bornas de conexión.* Habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas.
- *Diodo de protección.* Su misión es proteger contra sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel.

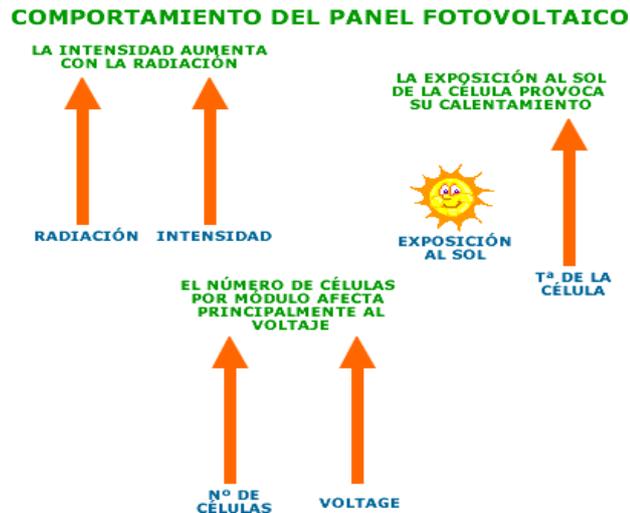


**Figura 3.7 Elementos de un panel fotovoltaico**

### 3.1.4.1.2 Comportamiento del panel fotovoltaico

- *La intensidad aumenta con la radiación,* permaneciendo más o menos constante el voltaje.

- La exposición al Sol de las células provoca su calentamiento, lo que lleva a cambios en la producción de electricidad. Una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  es capaz de calentar una célula unos  $30^\circ\text{C}$  por encima de la temperatura del aire circundante.
- El número de células por módulo afecta principalmente al voltaje puesto que cada una de ellas produce  $0.4\text{V}$ . La  $V_{oc}$  del módulo aumenta en esa proporción.



**Figura 3.8 Comportamiento del panel fotovoltaico**

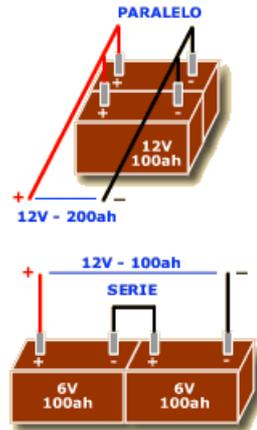
### 3.1.4.2 Baterías

Se utiliza un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada por el panel fotovoltaico durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. Las baterías generalmente son de níquel – cadmio y plomo ácido. Algunos de los aspectos de las baterías de cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica son:

- *Capacidad:* Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo.
- *Eficiencia de carga:* Que es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada.
- *Autodescarga:* Es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.

- *Profundidad de descarga*: Se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga.

#### ASOCIACIÓN DE LAS BATERÍAS

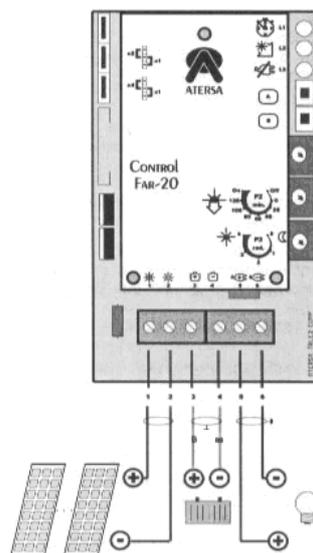


**Figura 3.9 Asociación de baterías**

#### 3.1.4.3 Regulador fotovoltaico

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Otra función del regulador es la prevención de la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería.

Las características eléctricas que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar.



**Figura 3.10 Regulador**

#### **3.1.4.4 Elementos de seguridad para un sistema fotovoltaico**

- Puesta a tierra: Varillas conectadas a tierra.
- Fusibles: Para proteger al equipo.
- Cubiertas opacas: Utilizarlas para mantenimiento, cubrir los paneles para que no incida radiación.
- Cerca de protección: Para lugares aislados en la cual animales pueden dañar los paneles.
- Pararrayos: Para evitar daños principalmente en lugares donde existe alta incidencia de descargas eléctricas.
- Inversores: Cuando se trabaja con corriente alterna.

#### **3.1.5 CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Como una recomendación general, puesto que los sistemas son apropiados para zonas aislados y lejanas de los sistemas convencionales, se debe llevar todo lo que sea posible preensamblado y probado; una buena práctica es la de probar el sistema en conjunto, ante de trasladarlo al lugar de instalación definitivo.

El sitio mismo de instalación debe adecuarse convenientemente, aplanarlo si es necesario, limpiar la maleza (incluyendo la que podría dar sombra a los paneles), cercar el espacio en el que se ubicarán los paneles, realizar las excavaciones para los cimientos de los soportes de los paneles, ubicar la postería necesaria.

No se debe descuidar el ambiente para el regulador, baterías e instrumentos, al igual que los ductos para pasar los cables a los diversos equipos. La operación de un sistema fotovoltaico no requiere la presencia permanente del personal, un sistema bien diseñado e instalado puede operar muchas horas sin necesidad de supervisión, las visitas para mantenimiento son suficientes.

El mantenimiento requerido es mínimo y fundamentalmente se refiere a la inspección de cables, conectores, módulos, nivel de electrolito y calibración de instrumentos, lo que se puede realizar cada cuatro semanas, sin embargo, se puede ampliar este período de acuerdo a los resultados que se obtengan.

### 3.1.6 DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS<sup>3</sup>

Para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos se requiere de ciertos datos, de especial importancia son aquellos que se refieren a insolación, eficiencia total del sistema, carga promedio diaria; cada uno de estos valores tiene sus particularidades.

La insolación utilizada en el cálculo debe corresponder al promedio para el peor día o mes del año, lo indicado demanda el disponer de información sobre radiación solar, para el lugar en análisis de varios años atrás se utilizan gráficos o se mide con los instrumentos adecuados.

Eficiencia total del sistema

$$\eta_{sis} = \eta_{módulo} \cdot \eta_{batería} \cdot \eta_{otros} \quad (3.4)$$

La eficiencia del módulo se expresa por la ecuación 3.2

$$\eta_{top} = \eta(1 - 0,003(T_{op} - 28))$$

La eficiencia de la batería está dada por:

$$\eta_{batería} = 1 + fn \cdot (\eta_{es} - 1) \quad (3.5)$$

Donde:

fn: Relación entre la carga nocturna y carga diaria total.

$\eta_{es}$ : Relación entre energía entregada y recuperada (75 a 80%)

Le eficiencia de otros se refiere a cables, reguladores, etc. se asume el valor de 0,98.

---

<sup>3</sup> Formulas para el dimensionamiento tomadas del curso de energías no convencionales FIME 2004

Utilizaremos el método simplificado el cual define la probabilidad de pérdida de fuerza del sistema (LOEP), lo que se selecciona de acuerdo a la aplicación del sistema y que se encuentra tabulado para 0,1 – 1,0 – 10% la cual podemos encontrar en curvas ya establecidas. De las curvas de isoradiación (ver anexo A) podemos obtener los siguientes datos una vez conocidos la radiación para el peor día o mes del año ( $I_{pm}$ ) en (kWh/m<sup>2</sup>día)

- $I_D$ : Radiación promedio para cumplir los requisitos de la carga (Kwh/m<sup>2</sup>día)
- $C_L$ : Capacidad de banco de baterías. (Número de días para almacenar energía para cumplir con la probabilidad de carga).

$$I_D = \frac{L \cdot 1000 \cdot \eta_{módulo}}{Ft \cdot \eta_{sistema}} \quad (3.6)$$

Donde:

L: Carga diaria en (kWh/ m<sup>2</sup>día) obtenida de acuerdo a los requerimientos de energía que se necesite por ejemplo iluminación.

Ft: Potencia a la temperatura de operación (W).

$$C_L = \frac{C}{L} \Rightarrow C = C_L \cdot L \quad (3.7)$$

C: carga almacenada (kWh/día)

$$B = \frac{C}{\text{profundidad descarga}} \quad (3.8)$$

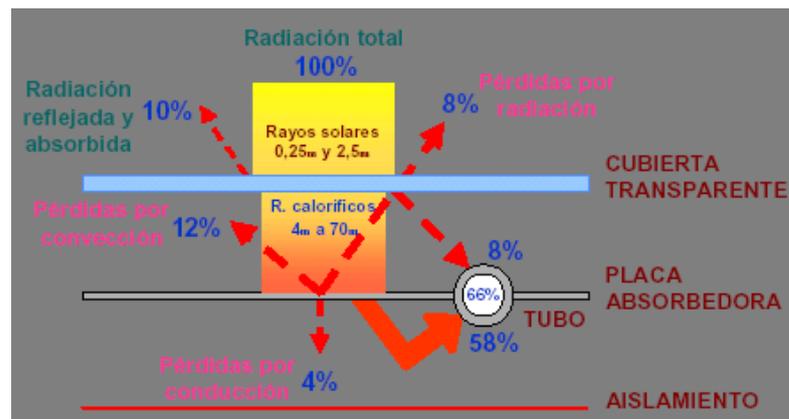
B: Capacidad de las baterías instaladas en (kWh)

La profundidad de descarga permitida se la considera de 0,7

### 3.2 COLECTORES SOLARES PLANOS

Los colectores solares planos interceptan la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador, este en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción. Es decir el funcionamiento se basa en el denominado “efecto invernadero”, que consistente en captar en su interior la energía solar,

transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior. Los colectores tienen, en general, una o más placas cobertoras transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para maximizar la eficiencia. Son capaces de calentar fluidos portadores hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur hacia el Norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud.



**Figura 3.11 Esquema de un colector solar plano**

Las ventajas de este tipo de colectores son:

- Utilizan la energía solar directa y difusa.
- No requieren movimiento continuo para dar seguimiento al sol.
- Prácticamente no necesitan mantenimiento y son mecánicamente de construcción más simple que los colectores concentradores.

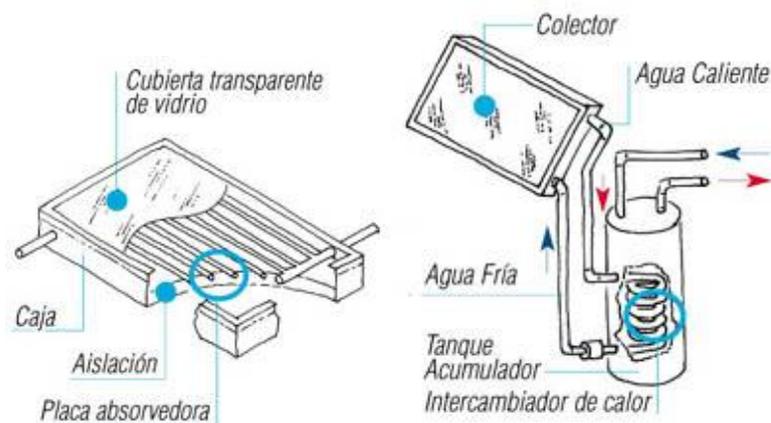
Las principales aplicaciones de estos dispositivos son en el campo del calentamiento de agua a nivel doméstico e industrial, acondicionamiento calorífico de edificios y secado de frutas y granos.

### 3.2.1 TIPOS DE COLECTORES SOLARES PLANOS

Los colectores solares planos pueden ser divididos en dos categorías básicas: los que utilizan como fluido de trabajo un líquido (agua) y los que utilizan un gas (aire). En general los que calientan aire manejan flujos mucho más grandes que los que calientan agua.

### 3.2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN COLECTOR SOLAR PLANO

La energía solar incidente, tiene que atravesar una o varias capas de vidrio o algún otro material transparente adecuado, antes de alcanzar la placa de absorción de color negro que es el elemento más importante del colector solar, al cual está unido el tubo o ducto. En esta placa, es donde la energía radiante es convertida en calor. Este calor, posteriormente es transferido por conducción hacia el fluido de trabajo (agua, aire, aceite térmico), que es el que finalmente remueve la energía térmica del colector y la transfiere al tanque de almacenamiento o al espacio o fluido que va a ser calentado, según la aplicación que se le esté dando. El vidrio o su equivalente, además, sirven también para minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección hacia el medio ambiente por la parte superior del colector. El aislante térmico colocado en la parte posterior y lados del colector, disminuye también las pérdidas de calor hacia el medio ambiente. Todas las partes mencionadas se encuentran dentro de una caja que sirve como parte estructural del colector y que puede ser hecha de diversos materiales como lámina metálica, madera o plástico.



**Figura 3.12 Componentes de un colector solar plano**

Algunos de los parámetros más importantes que se tienen que tomar en cuenta para su diseño y funcionamiento, son los siguientes: tipo de tubo o ducto, diámetro nominal, longitud, número de tubos y espaciamiento entre ellos; material, espesor y acabado de la placa de absorción o aleta; número y tipo de capas o cubiertas transparentes; tipo de aislante y espesor; tipo de fluido de trabajo y flujo de masa del mismo; inclinación y orientación del colector;

condiciones ambientales como velocidad del viento y temperatura del aire y, por supuesto, la intensidad de la radiación solar.

### 3.2.2.1 Cubiertas transparentes

Son láminas de cristal, lo más transparente posible, aunque a veces es sustituida por algún tipo de plástico (Tedlar, Mylar). Las cubiertas están separadas de 1 a 2". La característica principal que debe tener una cubierta transparente es la transmitancia ( $\tau$ ) la cual debe ser alta de tal modo que se pueda aprovechar mejor la radiación.

**Tabla 3.1 Transmitancia<sup>4</sup> de materiales para cubiertas transparentes**

Material	Porcentaje de Transmitancia ( $\tau$ )
MYLAR	86.9
TEDLAR	92.2
VIDRIO	84.3

Fuente: Curso de e. renovables FIME 2004

El número de cubiertas son función del clima y la temperatura. Se trabaja sin cubierta transparente cuando la temperatura es menor o igual a 5 °C.

Si la temperatura está entre 6 y 35 °C se utiliza una cubierta transparente.

Si la temperatura está entre 50 a 55 °C se utiliza dos cubiertas transparentes.

Si la temperatura está por los 80 °C se utiliza 3 cubiertas transparentes.

### 3.2.2.2 Placa colectora

Es prácticamente una placa plana pintada de negro, con el objeto de aumentar su poder de absorción y disminuir la reflexión. En ella se puede encontrar los tubos para el fluido caloportador.

Las características de la placa colectora son:

- Buena conducción térmica

---

<sup>4</sup> Transmitancia: Curso de energías renovables FIME 2004

- Alta absorción ( $\alpha$ )

**Tabla 3.2 Absorción<sup>5</sup> de algunos materiales**

Material	Absorción ( $\alpha$ )
Pintura negra sobre aluminio	0,96
Oxido de cobre sobre aluminio	0,93
Oxido de cobre sobre cobre	0,91
Pintura gris	0,75

Fuente: Curso de e. renovables FIME 2004

### 3.2.2.3 Aislantes

Es el recubrimiento en todos los lados del panel, excepto en la parte acristalada, que evita pérdidas térmicas. El material es cualquier tipo de aislante (fibra de vidrio, poliuretano) y el grosor depende de la aplicación, lugar, tipo de aislante.

**Tabla 3.3 Aislantes para el colector solar**

Aislantes	Conductividad (W/m°C)
Lana de vidrio	0,032
Poliuretano	0,023
Poliestireno	0,029

Fuente: Curso de e. renovables FIME 2004

### 3.2.2.4 Caja exterior

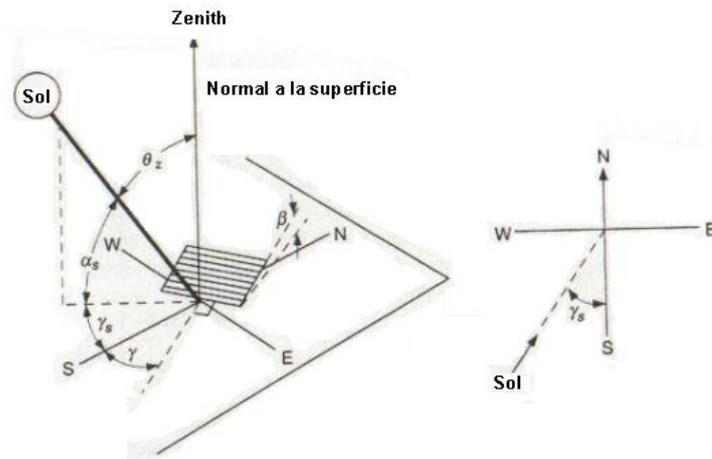
Es la que alberga a todos los componentes (cubierta exterior, placa absorbente, aislamiento) generalmente de aluminio por su poco peso y resistencia a la corrosión pero también puede ser de vidrio, plástico, madera. Da resistencia estructural al colector.

## 3.2.3 UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DE COLECTORES SOLARES

Los colectores solares deben ser ubicados en una posición donde se obtenga la mayor cantidad de radiación solar posible.

<sup>5</sup> Absorción: Curso de energías renovables FIME 2004

Las relaciones geométricas entre un plano de una orientación particular relativa a la tierra a cualquier hora y la radiación solar incidente que es la posición relativa del sol al plano, puede ser descrita en términos de varios ángulos como se indica en la figura y los cuales se describen a continuación:



**Figura 3.13 Ángulos solares**

- *Latitud* ( $\phi$ ): Distancia angular de un punto con respecto al plano ecuatorial, norte positiva y sur negativa;  $-90 \leq \phi \leq 90$  grados.
- *Declinación* ( $\delta$ ): Es la posición angular del sol con relación al plano ecuatorial al medio día, norte positiva y sur negativa;  $-23.45 \leq \delta \leq 23.45$  grados.
- *Inclinación* ( $\beta$ ): Ángulo entre la horizontal y el plano de análisis;  $0 \leq \beta \leq 180$  grados.
- *Azimut de superficie* ( $\gamma$ ): Desviación de la proyección de la normal a la superficie en un plano horizontal y el meridiano que pasa por ese sitio, hacia el sur ángulo cero, este negativo y oeste positivo;  $-180 \leq \gamma \leq 180$ .
- *Ángulo horario* ( $\omega$ ): Se debe al desplazamiento angular del sol y el meridiano del sitio, 15 grados por hora, en la mañana negativa y en la tarde positivo.
- *Ángulo de incidencia* ( $\theta$ ): Es el ángulo comprendido entre la dirección de la radiación solar y la perpendicular a la superficie.
- *Ángulo de Zenith* ( $\theta_z$ ): Ángulo entre la perpendicular al observador y el sol.

- *Azimuth Solar* ( $\gamma_s$ ): Desplazamiento angular desde el sur a la proyección de la radiación directa sobre un plano horizontal.

El banco de colectores debe estar ligeramente inclinado hacia arriba en la esquina de salida del arreglo para eliminar la presencia de aire y permitir el flujo por termosifón.

La inclinación de los colectores debe ser de al menos 10 grados, con la finalidad de ayudar al efecto de termosifón y limpieza por medio de la lluvia de cualquier suciedad que se deposite en la superficie de los colectores.

### **3.2.3.1 Efectos de la sombra en los colectores**

Es importante tener un especial cuidado en prevenir que se produzcan sombras sobre los colectores durante las horas de radiación solar debido a árboles o arbustos, pero también cuando hay un conjunto de colectores que se pueden dar sombra entre ellos para lo cual hay que separarlos adecuadamente. Adicionalmente al diseñar se debe tomar en cuenta que no existan edificaciones adyacentes u otros objetos que puedan causar sombra, especialmente entre 9.00 AM y 3.00 PM.

### **3.2.4 SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO**

Si se quiere aprovechar al máximo las horas de sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda. Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor sensible por medio del agua que se pasará a consumo con posterioridad.

#### **3.2.4.1 Estratificación**

La estratificación es el fenómeno que ocurre cuando el agua caliente flota sobre el agua fría en el tanque de almacenamiento, y es importante para los sistemas de agua caliente calentada por energía solar porque facilita el

calentamiento del agua fría de la base del tanque y ubica el agua caliente en la parte superior del tanque para su uso.

Debe tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El agua dirigida hacia los colectores es el agua más fría de la parte baja del tanque.
- Para reducir la mezcla, el agua caliente de los colectores debe ingresar por la parte superior del tanque.
- La velocidad de entrada y salida del agua en el tanque debe mantenerse baja y adicionalmente se suelen utilizar difusores y otros elementos para reducir la turbulencia y maximizar la estratificación.
- En caso de tener un respaldo de resistencias eléctricas en el tanque, estas no deben operar cuando existe radiación solar para poder obtener el máximo calentamiento por energía solar.

#### **3.2.4.2 Subsistema de distribución y consumo**

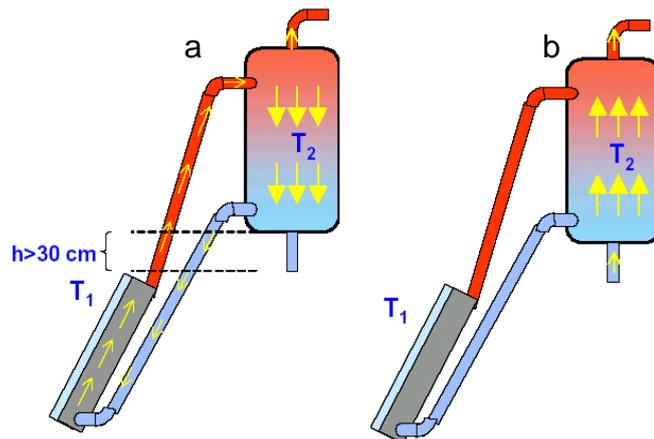
Las instalaciones de energía solar térmica han de incluir necesariamente una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación. Algunos de ellos son obligatorios, puesto que se trata de elementos de seguridad, y otros se colocan para obtener un mejor rendimiento de la instalación y un más correcto mantenimiento (válvulas de paso, válvulas de seguridad, manómetro, termómetro).

##### **3.2.4.2.1 Circulación natural o por termosifón**

El movimiento del agua por circulación natural o termosifón se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque y la caliente del colector, esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad y por tanto su peso, por lo que el mayor peso del agua fría del depósito (colocado necesariamente por encima de los colectores más de 30 cm.), actuando por el conducto de retorno, que une la parte inferior del depósito con la parte inferior del colector, empuja al agua caliente del colector, menos

pesada, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del tanque. Dos son los factores que influyen en la fuerza ascensional del agua:

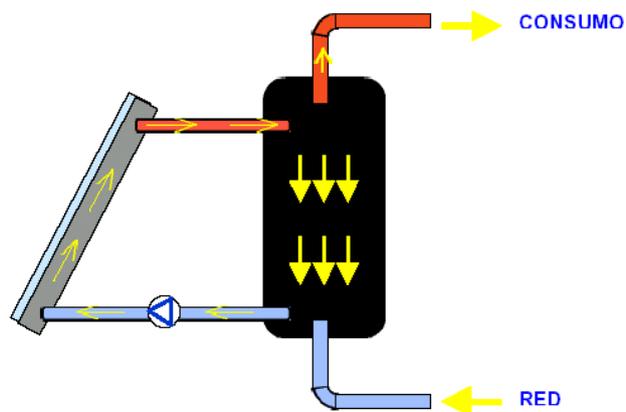
- La diferencia media de temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito; y,
- La diferencia de alturas  $h$  entre el tanque y los colectores (mínimo 30 cm.)



**Figura 3.14 a) Efecto termosifón, b) Extracción de agua caliente**

#### 3.2.4.2.2 Circulación forzada

La circulación del agua puede conseguirse introduciendo una bomba que hace circular el agua de forma forzada, lo cual permite regular mejor la instalación. El captador y el depósito pueden adoptar la posición relativa que convenga, es decir, que pueden estar al mismo nivel.



**Figura 3.15 Circulación Forzada**

### **3.2.5 CONSIDERACIONES ESPECIALES**

#### **3.2.5.1 Elementos de cierre**

El panel, en general, debe ser estanco, principalmente a la lluvia. Por otra parte, los paneles a lo largo de las 24 horas del día están sometidos a fuertes calentamientos y enfriamientos que hacen que sus materiales se dilaten de forma apreciable. Ello obliga a disponer de elementos de cierre que garanticen la estanqueidad, pero permitan las dilataciones. Esto se consigue mediante juntas de caucho especial y/o de siliconas.

Un cierre defectuoso origina un problema muy común después de una lluvia o de unos días con mucha humedad: el agua entra dentro del panel solar, bien sea directamente (lluvia) o en forma de vapor de agua.

El empañamiento del panel tiene lugar preferentemente le noche, cuando la temperatura es baja, y en las zonas inferiores del panel. El vapor formado no deja pasar la radiación solar, por lo que el panel solar no se calienta. Al no calentarse el panel solar, el vaho no se desvanece y el rendimiento energético es bajo. Esto se evita haciendo algún orificio en la parte posterior del panel, al abrigo del agua de lluvia. En general, un panel solar debe ser estanco al agua de lluvia, pero no necesariamente hermético, siendo preferible que posea una cierta ventilación por la parte posterior del mismo.

#### **3.2.5.2 Accesibilidad**

Se debe fijar un detalle de suma importancia: la accesibilidad de las diferentes partes del colector solar y su posible desmontaje. En este sentido son preferibles aquellos colectores que estén atornillados o que puedan desmontarse con cierta facilidad.

### **3.2.6 BALANCE DE ENERGÍA EN UN COLECTOR SOLAR PLANO**

En estado estable, el funcionamiento de un colector solar plano se puede describir mediante un balance de energía. Este se puede representar de manera sencilla mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{abs} = Q_u + Q_L + du / dt \quad (3.2.1)$$

Donde:

$Q_{abs}$ : es el calor total incidente absorbido por unidad de tiempo en el colector (Wh).

$Q_u$ : el calor útil que finalmente se transfiere al fluido de trabajo (Wh)

$Q_L$ : las pérdidas de calor hacia los alrededores por radiación, convección y conducción (Wh).

$du/dt$ : la rapidez del cambio de energía interna almacenada en el colector (W).

El valor del último término es muy pequeño y generalmente se desprecia.

El calor útil se calcula entonces por la expresión de Bliss-Hotel:

$$Q_u = A_c \cdot Fr \cdot [S - U_L (T_i - T_a)] \quad (3.2.2)$$

Donde:

$A_c$ : Área de colección ( $m^2$ ).

$Fr$ : Factor de remoción (adimensional).

$S$ : Factor de incidencia de la radiación en la placa. (1,01 colector con una cubierta transparente; 1,02 colector con dos cubiertas transparentes) ( $W/m^2$ )

$U_L$ : Coeficiente de pérdidas totales ( $W/m^2 \cdot ^\circ K$ ).

$T_i$ : Temperatura de ingreso del fluido al colector ( $^\circ K$ ). (Temperatura media)

$T_a$ : Temperatura ambiente media durante el día ( $^\circ K$ ).

- Factor de remoción de calor

$$Fr = \frac{\dot{m} \cdot C_p}{A_c \cdot U_L} * \left( 1 - e^{-\frac{A_c \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot C_p}} \right) \quad (3.2.3)$$

Donde:

$\dot{m}$ : Flujo del fluido (Kg/s)

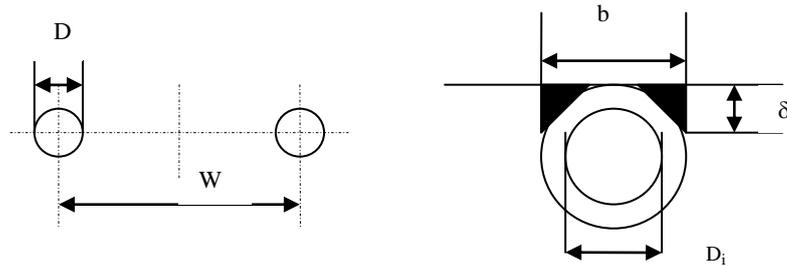
Termosifón:  $11,11 \times 10^{-3}$  (litros/seg.  $m^2$  de colector)

Circulación forzada: 0,8 (litros/seg.  $m^2$  de colector)

$C_p$ : Capacidad calorífica del fluido.  $C_{p_{H_2O}} = 4190$  (J/Kg. $^\circ K$ )

$F'$ : Factor de eficiencia del colector (adimensional)

- Factor de eficiencia del colector



**Figura 3.16 Dimensiones de la tubería del colector**

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \cdot \left\{ \frac{1}{U_L \cdot [D + (W - D) \cdot F]} + \frac{1}{Cb} + \frac{1}{\pi \cdot D_i \cdot hfi} \right\}} \quad (3.2.4)$$

Donde:

W: Distancia entre tuberías generalmente entre 0,10 a 0,15 m.

F: Coeficiente de aleta (adimensional)

D: Diámetro exterior tubería (m).

D<sub>i</sub>: Diámetro interior tubería (m).

Cb: Conductancia tubería – placa (W/m.<sup>0</sup>K).

hfi: convección tubería – fluido. Para el agua tenemos:

Flujo laminar 300 (W/m<sup>2</sup>.<sup>0</sup>K), Turbulento 1500 (W/m<sup>2</sup>.<sup>0</sup>K), y Aire turbulento

100 (W/m<sup>2</sup>.<sup>0</sup>K).

- Factor de eficiencia de aleta

$$F = \frac{\tanh \left[ m \cdot \left( \frac{W - D}{2} \right) \right]}{m \cdot \left( \frac{W - D}{2} \right)} \quad (3.2.5)$$

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{\delta \cdot K_{placa}}} \quad (3.2.6)$$

Donde:

K<sub>placa</sub>: Coeficiente de conducción de la placa absorbadora (W/m.<sup>0</sup>K).

δ: Espesor de la placa o aleta (m).

- Conductancia tubería - placa

$$Cb = \frac{K_b \cdot b}{\gamma} \quad (3.2.7)$$

Donde

$K_b$ : conductividad (W/m.°K).

$b$ : ancho de soldadura tubo – placa (m).

- Coeficiente de pérdidas totales ( $U_L$ )

$$U_L = U_t + U_b + U_e \quad (3.2.8)$$

Donde:

$U_t$ : Coeficiente de pérdidas en las cubiertas transparentes (W/m<sup>2</sup>.°K).

$U_b$ : Coeficiente de pérdidas posteriores (W/m<sup>2</sup>.°K).

$U_e$ : Coeficiente de pérdidas laterales (W/m<sup>2</sup>.°K).

- Coeficiente de pérdidas en las cubiertas transparentes

$$U_t = A + B \quad (3.2.9)$$

$$A = \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_p} \left[ \frac{T_p - T_a}{N + f} \right]^e} + \frac{1}{hw} \right\}$$

(3.2.10)

$$B = \frac{\sigma \cdot (T_p^2 + T_a^2)(T_p + T_a)}{(\varepsilon p + 0,00591 \cdot N \cdot hw)^{-1} (2 \cdot N + f - 1 + 0,133 \cdot \varepsilon p) \left( \frac{1}{\varepsilon c} \right) - N}$$

(3.2.11)

Donde:

$N$ : Número de cubiertas transparentes

$h_w$ : convección por viento ( $W/m^2 \cdot ^\circ K$ )  
 $T_p$ : temperatura de la placa ( $^\circ C$ ).  
 $T_a$ : temperatura ambiente media durante el día ( $^\circ C$ ).  
 $\varepsilon_p$ : emitancia de la placa absorbadora.  
 $\varepsilon_c$ : emitancia de la cubierta transparente.

$$h_w = 5.7 + 3.8(v) \quad (3.2.12)$$

$v$ : velocidad del viento (m/s)

$$f = (1 + 0,089.h_w - 0,1166.h_w.\varepsilon_p)(1 + 0,07866.N) \quad (3.2.13)$$

$$C = 520(1 - 0,00005.\beta^2) \quad (3.2.14)$$

Donde:

$\beta$ : Angulo comprendido entre la superficie a analizar y la horizontal.  $0^\circ \leq \beta \leq 70^\circ$

$$e = 0,43 \left( 1 - \frac{100}{T_p(^{\circ}K)} \right) \quad (3.2.15)$$

- Coeficiente de pérdidas posteriores

$$U_b = \frac{K_{aislamiento}}{L_{aislamiento}} \quad (3.2.16)$$

Donde:

$K_{aislamiento}$ : Coeficiente de conducción del aislante ( $W/m \cdot ^\circ K$ )

$L_{aislamiento}$ : Longitud del aislamiento (m)

- Coeficiente de pérdidas laterales

$$U_e = \frac{\frac{K_{aislamiento}}{L_{aislamiento}} * A_L}{A_c} \quad (3.2.17)$$

Donde:

$A_L$ : Área lateral del colector ( $m^2$ )

$A_c$ : Área de colección ( $m^2$ )

- Eficiencia del colector<sup>6</sup>

$$\eta = \frac{Q_u}{Ht.A_c} \quad (3.2.18)$$

Donde:

Ht: energía solar incidente en (W/m<sup>2</sup>)

### 3.3 COLECTORES CONCENTRADORES

Con los colectores concentradores de energía solar, se pueden obtener temperaturas entre 100 y 500 °C si se usan colectores focales rudimentarios, entre 500 y 1500 °C si el sistema óptico de los colectores tiene un buen acabado y entre 1500 y 3500 °C si el sistema óptico tiene un acabado perfecto. Para lograr esto se hace necesario incrementar la intensidad de la energía solar, disminuyendo el área por donde ocurren las pérdidas de calor, e interponiendo un dispositivo óptico entre la fuente de radiación (sol) y la superficie absorbedora, que debe ser pequeña comparada con la del dispositivo óptico.

Deben orientarse continuamente al sol de manera precisa. Por otra parte, el acabado de las superficies que constituyen el sistema óptico debe ser de buena calidad y debe mantener sus propiedades por largos períodos de tiempo.

#### 3.3.1 CLASIFICACIÓN

- De enfoque
- Fijos o semifijos

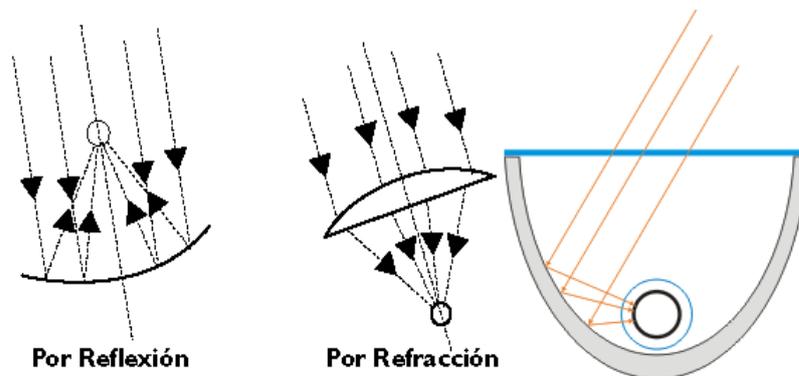
---

<sup>6</sup> Todas las formulas para los colectores planos son tomadas del curso de energías no convencionales FIME 2004

### 3.3.1.1 De enfoque

Constan fundamentalmente de tres partes: el concentrador ó sistema óptico, el receptor donde se encuentra el absorbedor y un mecanismo de seguimiento para el sol.

- *Concentrador:* Pueden clasificarse de acuerdo a diferentes tópicos. Una clasificación se refiere a si el concentrador es reflector o refractor. El primero utiliza una superficie reflejante para concentrar la radiación solar, mientras que el segundo lo hace mediante superficies apropiadas que hacen la refracción de la luz solar. También se puede obtener una clasificación respecto a donde se enfoca la luz reflejada o refractada en el concentrador solar. Los concentradores cilíndricos o lineales, enfocan sobre una línea, mientras que los que son superficies de revolución o circulares enfocan sobre un punto. Finalmente, podemos hacer una clasificación respecto al tipo de sección que presente el concentrador. Los más comunes son de sección parabólica, sección esférica y de sección plana.



**Figura 3.17 Concentradores por reflexión, refracción y lineales**

- *Receptores:* El receptor es la parte donde la energía solar se convierte en calor. Este incluye el absorbedor y en ocasiones cubiertas y aislante. Los tipos de receptores pueden ser cóncavos, convexos, planos, hemisféricos, cilíndricos, elípticos y concavidades. Cada uno de estos puede ser lineal o puntual.

- *Seguidor solar:* Pueden ser con uno o dos ejes de movimiento. Los concentradores cilíndricos normalmente utilizan solo un eje de movimiento. Los circulares necesitan los dos ejes de movimiento para poder hacer un buen seguimiento del sol.

### 3.3.1.1.1 Tipos

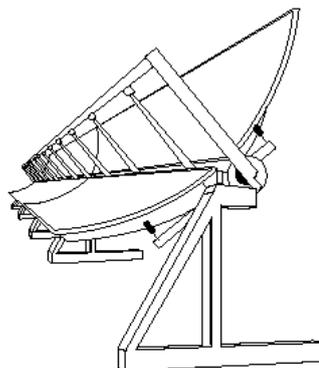
Existen diversos tipos de concentradores de enfoque tales como:

- *Lentes de Fresnel:* Cada segmento concentra mediante refracción la radiación solar incidente en un receptor posicionado centralmente. Podemos tener concentradores lineales y circulares.



**Figura 3.18 Lentes de Fresnel**

- *Concentradores parabólicos:* Los concentradores parabólicos también pueden ser lineales o circulares, los circulares pueden tener razones de concentración máximas muy grandes (45000), comparada con los lineales (212). Con este tipo de sistemas podemos obtener temperaturas de operación del orden de los 300 °C.



**Figura 3.19 Concentradores parabólicos**

### 3.3.1.2 Fijos o semifijos

Este tipo de colectores concentradores requieren un mínimo de seguimiento al sol e incluso pueden permanecer definitivamente en forma estacionaria. Además, tienen la capacidad de también aprovechar la radiación difusa. Las temperaturas que podemos obtener con estos dispositivos son moderadas.

El Concentrador parabólico compuesto (CPC) también es conocido como colector de Winston. Este tipo de colectores concentradores pueden ser lineales o circulares, aunque son potencialmente más útiles los lineales y por lo tanto el siguiente análisis se refiere a ellos.

### 3.3.2 RAZÓN DE CONCENTRACIÓN<sup>7</sup>

Una manera de saber que temperaturas se pueden obtener en este tipo de colectores, es a través de la razón de concentración, C. Esta se define como la relación entre el área efectiva de apertura  $A_a$ , y el área del receptor  $A_r$ . El área efectiva de apertura se refiere al área proyectada no sombreada del sistema óptico.

$$C = \frac{A_a}{A_r} \quad (3.3.1)$$

La razón de concentración tiene un límite máximo ( $C_{\max,c}$ ) que depende de si la concentración se hace en un concentrador circular como un paraboloide o en uno lineal como un concentrador cilíndrico parabólico. Viene dada por la siguiente ecuación:

$$C_{\max,c} = \left( \frac{A_a}{A_r} \right) = \frac{1}{\sin^2 \theta_s} \quad (3.3.2)$$

Mientras que para un concentrador lineal o cilíndrico,  $C_{\max}$ , l es igual a:

---

<sup>7</sup> Fórmulas tomadas de [http://www.sabelotodo.org/termicos/calentadorsolar.html#Concentradores\\_solares](http://www.sabelotodo.org/termicos/calentadorsolar.html#Concentradores_solares)

$$C_{\max,l} = \left( \frac{A_a}{A_r} \right) = \frac{1}{\text{sen } \theta_s} \quad (3.3.3)$$

Donde:

$\theta_s$ : es la mitad del ángulo subtendido por el sol y es igual a  $0.27^\circ$

## 3.4 TURBINAS EÓLICAS

Una turbina eólica es un dispositivo mecánico que convierte la energía del viento en electricidad en donde la energía cinética del viento puede convertirse en energía mecánica rotacional en forma directa, cuando se extrae por medio de superficies que están en contacto directo y acopladas a motores mecánicos, o en forma indirecta, cuando interviene un elemento intermedio para su conversión. La energía mecánica rotacional puede ser convertida a eléctrica.

### 3.4.5 CLASIFICACIÓN

#### 3.4.1.1 Por la interacción de sus palas con el viento

- *Por arrastre*: El viento arrastra las palas forzando su rotación. Son de limitada eficiencia, pues la velocidad tangencial del extremo de la pala no puede ser mayor que la velocidad del viento.
- *Por sustentación*: Usan la diferencia de presión generada por la acción del viento en el perfil de la pala, del mismo modo de lo que ocurre en las alas de los aviones. Por efecto del empuje producido por la diferencia de presión, los extremos de la pala se pueden mover a mayor velocidad que la del viento.

#### 3.4.1.2 Por la orientación del eje de rotación con respecto al suelo

- *De eje horizontal*: El plano de rotación debe ser perpendicular al viento para captar la máxima energía.

Las aeroturbinas de eje horizontal pueden tener una, dos o más aspas. A mayor número de aspas corresponde una mayor superficie de contacto con el viento. La razón entre la superficie de contacto con el viento y el área barrida por la superficie de contacto con el viento se denomina solidez.

- *De eje vertical:* Acepta el viento en cualquier dirección con igual resultado y además puede alojar el generador cerca de la superficie pero es menos eficiente que la anterior. Entre las aeroturbinas de eje vertical se pueden distinguir tres tipos, principalmente: Savonius, Darrieus y Ciclogiro.

Las aeroturbinas de eje vertical tienen ciertas ventajas sobre las de eje horizontal, las primeras no requieren de una orientación ni sistema de control para la orientación de las aspas, esto último puede ser también una desventaja ya que no siempre tienen la mejor orientación con respecto al viento.

### 3.4.5 ELEMENTOS DE UN AEROGENERADOR



**Figura 3.20 Aerogenerador de tres aspas**

(A)Rotor, (B) Torre, (C) Palas, (D) Barquilla o Góndola.

#### 3.4.2.1 El rotor

Transforma la energía del viento en energía mecánica. Puede estar colocado de forma horizontal o vertical, aunque actualmente se utilizan aerogeneradores de eje horizontal ya que reducen las cargas mecánicas soportadas por las palas y son más eficientes.

### 3.4.2.2 Torre

Es el elemento que soporta la barquilla y el rotor. Y existen dos clases de torres las torres de celosía y las torres tubulares.

- *Torre de celosía*: Está hecha a partir de perfiles de acero que se arman formando una celosía. Una torre de celosía es muy fuerte y barata de fabricar.



**Figura 3.21 Torres de celosía**

- *Torre tubular*: Están fabricadas en forma de tubo, ligeramente más ancho en la parte inferior que en la superior de forma cónica. Son fabricadas en acero y se ha logrado reducir su peso en un 50% gracias a los nuevos diseños. Su altura es cada vez mayor, con el fin de soportar rotores de mayor diámetro y generar así más energía.



**Figura 3.22 Torre tubular**

### 3.4.2.3 Las palas

Son las encargadas de recoger la energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica. Fabricadas de fibra de vidrio y poliéster, actualmente se utilizan tres por aerogenerador para dar mayor estabilidad a la turbina. En su diseño se tiene en cuenta la resistencia aerodinámica y la pérdida por sustentación, ya que las palas de gran longitud a la alta velocidad producida en los extremos ponen al límite la resistencia de los materiales.

La técnica actual tiene el objeto de reducir su peso, aumentar su resistencia y disminuir el ruido generado.



**Figura 3.23 Palas del rotor**

### 3.4.2.4 La barquilla o góndola

Alberga en su interior los principales elementos mecánicos del aerogenerador como son:



**Figura 3.24 Barquilla o Góndola**

(A) Multiplicador: Es un engranaje de transmisión mecánica que conecta el rotor con el generador eléctrico. Su función es aumentar la baja velocidad a la que gira el rotor a una velocidad mayor requerida por el generador eléctrico.

(B) Anemómetro y Veleta: En la parte superior de la góndola se sitúa la veleta que orienta la barquilla respecto al viento, y el anemómetro que mide la velocidad del viento adaptando todos los sistemas de funcionamiento del aerogenerador.

(C) Generador: Su función es la de generar energía eléctrica transformando la energía mecánica procedente del rotor. Esta energía puede utilizarse de forma aislada o distribuirse a la red eléctrica general.

### 3.4.5 ELECCIÓN DEL TAMAÑO

Para la elección del tamaño del aerogenerador se siguen criterios técnico-económicos, y cada vez se construyen equipos mayores capaces de ofrecer una relación rentabilidad - precio mayor. Actualmente, son de 700-850-1500 kW pero están desarrollando turbinas multimegavatio.

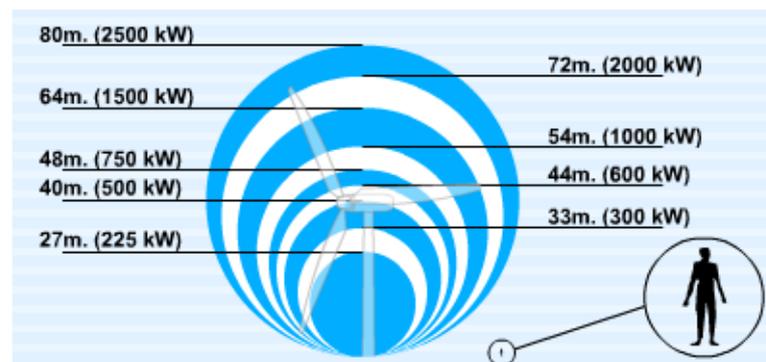


Figura 3.25 Tamaño y Potencia del aerogenerador

### 3.4.4 LOCALIZACIÓN

Las estimaciones exactas de la velocidad del viento son críticas al momento de evaluar el potencial de la energía eólica en cualquier localización. Los recursos eólicos son caracterizados por una escala de clases de viento según su

velocidad, que se extiende de la clase 1 (la más bajo) a la clase 7 (la más alta). Los desniveles de la superficie a través de la cual sopla el viento antes de llegar a una turbina determina la cantidad de turbulencia que ésta turbina experimentará. Los vientos turbulentos ejercen mayores tensiones sobre el rotor y se elevan, reduciendo consecuentemente la expectativa de vida de la turbina. Así, la mayoría de granjas del viento están ubicadas en localizaciones rurales, lejos de edificios, de árboles y de otros obstáculos.

#### **3.4.4.1 Turbulencia**

Es un fenómeno que se presenta con el viento cuando éste tiene un comportamiento irregular y ocurre cuando éste encuentra un obstáculo en su camino, se estima que la turbulencia se inicia a una distancia igual a dos veces la altura del obstáculo y continua por el equivalente a veinte alturas, su mayor altura se estima en dos veces la altura, en los espacios con turbulencia no es conveniente la instalación de máquinas eólicas ya que las puede dañar.

#### **3.4.5 ALTURA DE LA TORRE**

La altura de la torre afecta la cantidad de potencia que se puede obtener del viento con una turbina dada, así como las tensiones sobre el rotor. El viento se mueve más lentamente cuanto mas baja sea la altura, con la máxima reducción de velocidad del viento situada muy cerca de la superficie. Este fenómeno, conocido como rugosidad del viento, es un factor determinante al momento de tomar la decisión sobre la altura de la torre, puesto que con a mayor altura los rotores se exponen a vientos más rápidos.

#### **3.4.4.1 Rugosidad**

A una gran altura de la superficie del suelo, alrededor de un kilómetro, la superficie terrestre apenas ejerce influencia alguna sobre el viento. Sin embargo, en las capas más bajas de la atmósfera, las velocidades del viento se ven afectadas por la fricción con la superficie terrestre. En la industria eólica se

distingue entre rugosidad del terreno, la influencia de los obstáculos, y la influencia del contorno del terreno, también llamada orografía del área.

Para lugares con superficies de diferente rugosidad se puede calcular con la expresión siguiente<sup>8</sup>:

$$\frac{V(z)}{V(zr)} = \frac{\ln\left(\frac{Z}{Zo}\right)}{\ln\left(\frac{Zr}{Zo}\right)} \quad (3.4.1)$$

Donde:

V(z): es la velocidad que se desea saber a una altura Z (m/s).

Zr: es la altura a la cual se ha medido la velocidad de referencia (m).

V(zr): velocidad a la altura de referencia (m/s).

Zo: altura de la rugosidad del lugar (m).

**Tabla 3.4 Valores para rugosidad**

Terreno	Zo (m)
Plano: playa, océano, lago	0,005
Abierto: pasto bajo, aeropuerto, tierra arada	0,030
: pasto alto, sembrados bajos.	0,100
Rugoso: arbustos, hileras altas	0,250
Muy rugosos: huertos, bosques.	0,500
Cerrados: villas, ríos, suburbios	1,000
Pueblos: área central.	>2,000

Fuente: Curso de e. renovables FIME 2004

### 3.5 TURBINAS DE MICROGENERACIÓN

La micro-hidrogenación está destinado a poblaciones aisladas del sistema nacional interconectado. Las turbinas hidráulicas tienen como misión transformar la energía potencial y cinética del agua en energía mecánica de rotación. Las turbinas tipo hélice pueden ser más convenientes para proyectos

<sup>8</sup> Tomada del curso de energías no convencionales FIME 2004

de baja altura (inferiores a los 5 m), utilizando tecnologías sencillas y de bajo costo. Para saltos con alturas entre 1 y 70 m, es usual desarrollar proyectos con microturbinas del tipo Mitchel-Banki, Cross-Flow o de Doble Acción, debido a su fácil construcción, bajo costo y altos rendimientos (aproximadamente 70%). Es fundamental que el mantenimiento y montaje de las microturbinas puedan realizarse mediante procedimientos sencillos, sin necesidad de calibración y ajuste de los soportes de los rodamientos. Para evitar la entrada de agua a la caja de rodamiento, en un principio pueden ser utilizados retenes, o bien el sistema denominado laberinto constituido por discos colocados sobre el eje, que por fuerza centrífuga desplaza el agua hacia fuera.

### **3.5.1 CLASIFICACIÓN**

Por como discurre el agua en la turbina tenemos:

- La energía potencial se transforma en energía cinética, mediante un chorro de gran velocidad, que es proyectado contra unas cazoletas<sup>9</sup>, fijas en la periferia de un disco. A este tipo de turbinas se las conoce como turbinas de acción.
- La presión del agua actúa directamente sobre los alabes del rodete, disminuyendo de valor a medida que avanza en su recorrido. A este tipo de turbinas se las conoce como turbinas de reacción. Al estar el rodete completamente sumergido y sometido a la presión del agua, la carcasa que lo envuelve tiene que ser suficientemente robusta para poder resistirla.

### **3.5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TURBINAS**

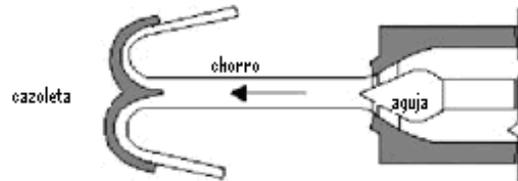
#### **3.5.2.1 Turbinas de acción**

- *Turbinas Pelton*: Son turbinas de acción en las que la tobera o toberas transforman la energía de presión del agua en energía cinética. Cada tobera produce un chorro, cuyo caudal se regula mediante una válvula de aguja. Suelen estar dotadas de un deflector, cuya misión es desviar el

---

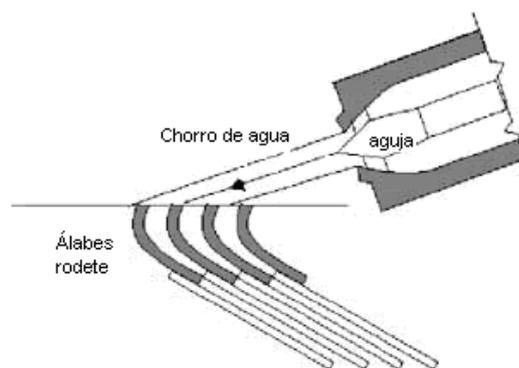
<sup>9</sup> Cazoleta: Pieza redonda de acero

chorro para evitar que, al no incidir sobre las cazoletas, se embale la turbina, sin tener que cerrar bruscamente la válvula de aguja, maniobra que podría producir un golpe de ariete. Se utilizan en saltos entre 40 y 1200 m. El eje de las toberas está siempre situado en el plano meridiano del rodete. El agua sale de las cazoletas a velocidades muy bajas con lo que la carcasa que rodea al rodete no tiene que resistir ninguna presión.



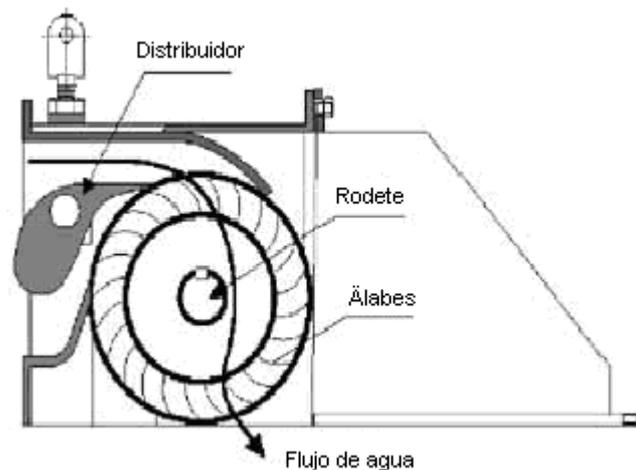
**Figura 3.26 Esquema turbina pelton**

- *Turbinas Turgo*: Puede trabajar en saltos con alturas comprendidas entre 15 y 300 metros. Como la Pelton, se trata de una turbina de acción, pero sus alabes tienen una distinta forma y disposición. El chorro incide con un ángulo de  $20^\circ$  respecto al plano diametral del rodete, entrando por un lado del disco y saliendo por el otro. A diferencia de la Pelton, en la turbina Turgo el chorro incide simultáneamente sobre varios alabes, de forma semejante a como lo hace el fluido en una turbina de vapor. Su menor diámetro conduce, para igual velocidad periférica, a una mayor velocidad angular, lo que facilita su acoplamiento directo al generador, con lo que al eliminar el multiplicador reduce el precio del grupo y aumenta su fiabilidad.



**Figura 3.27 Esquema turbina turgo**

- *Turbinas de flujo cruzado*: Esta turbina, conocida también con los nombres de Michell-Banki (inventores), y de Ossberger (fabricante), con caudales entre 20 l/seg. y 10 m<sup>3</sup> /seg. y una horquilla de saltos entre 1 y 200 m. Su rendimiento máximo es inferior al 87%, pero se mantiene casi constante cuando el caudal desciende hasta el 16% del nominal, y tiene un mínimo técnico inferior al 10% del caudal de diseño. El agua entra en la turbina a través de un distribuidor, y pasa a través de la primera etapa de alabes del rodete, que funciona casi completamente sumergido. Después de pasar por esta primera etapa, el flujo cambia de sentido en el centro del rodete y vuelve a cruzarlo en una segunda etapa totalmente de acción.



**Figura 3.28 Esquema turbina flujo cruzado**

### 3.5.2.2 Turbinas de reacción

- *Turbinas Francis*: Son turbinas de reacción de flujo radial y admisión total, muy utilizadas en saltos de altura media, equipadas con un distribuidor de alabes regulables y un rodete de alabes fijos. La admisión sigue siendo radial, pero la salida tiende a ser axial. Los alabes distribuidores que regulan el caudal de agua que entra al rodete giran accionados mediante bielas accionadas por un anillo exterior que sincroniza su movimiento.



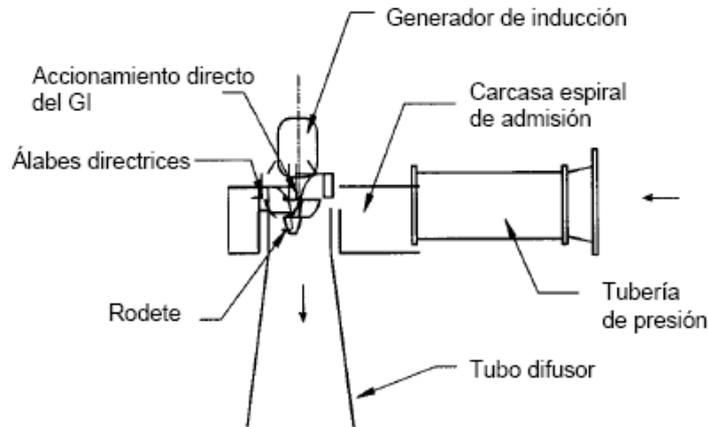
**Figura 3.29 Turbina Francis de eje horizontal**

El volumen de agua que llega a cada álabe del distribuidor es uniforme. Los álabes del rodete, cuando son pequeños suelen fabricarse en fundición de bronce al aluminio formando un solo cuerpo con el cubo.

- *Turbinas Kaplan y de hélice:* Son turbinas de reacción de flujo axial. Los alabes del rodete en las Kaplan son siempre regulables, mientras que los de los distribuidores pueden ser fijos o regulables. Si ambos son regulables la turbina es Kaplan; si solo son regulables los del rodete, la turbina es una Semi-Kaplan. Para su regulación, los alabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manivelas, que son solidarias de unas bielas articuladas a una cruceta, que se desplaza hacia arriba o hacia abajo por el interior del eje hueco de la turbina. Este desplazamiento es accionado por un servomotor hidráulico, con la turbina en movimiento.

Las turbinas Kaplan son de admisión radial mientras que las semi-kaplan pueden ser de admisión radial o axial.

Las turbinas de hélice se caracterizan porque tanto los álabes del rodete como los del distribuidor son fijos, por lo que solo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes.



**Figura 3.30 Esquema turbinas de hélice**

### 3.5.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS TURBINAS

- *Altura del salto:* El salto bruto constituye la altura de salto hidráulico que es la distancia vertical, medida entre los niveles de la lámina de agua en la toma y en el canal de descarga, en las turbinas de reacción, o el eje de toberas en las de turbinas de acción.

**Tabla 3.5 Rangos de altura de salto**

Tipo de turbina	Horquilla de salto en metros
Kaplan y hélice	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Michell-Banki	$3 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

Fuente: [www.cps.unizar.es](http://www.cps.unizar.es)

- *Caudal:* El régimen de caudales preferiblemente representado por la curva de caudales clasificados (CCC) obtenida de los datos procedentes de la estación de aforos o de los estudios hidrológicos, previos a la elección de la turbina. No todo el caudal representado en una CCC puede utilizarse para producir energía eléctrica. En primer lugar hay que

descartar el caudal ecológico que tiene que transitar todo el año por el cauce cortocircuitado.

Con *caudal ecológico* se hace referencia a la cantidad de agua que debe discurrir por un cauce de forma que los distintos organismos vivientes que forman parte del ecosistema fluvial no sufran fuertes daños. En segundo lugar, cada tipo de turbina solo puede trabajar con caudales comprendidos entre el nominal (para el que el rendimiento es máximo) y el mínimo técnico por debajo del cual no es estable.

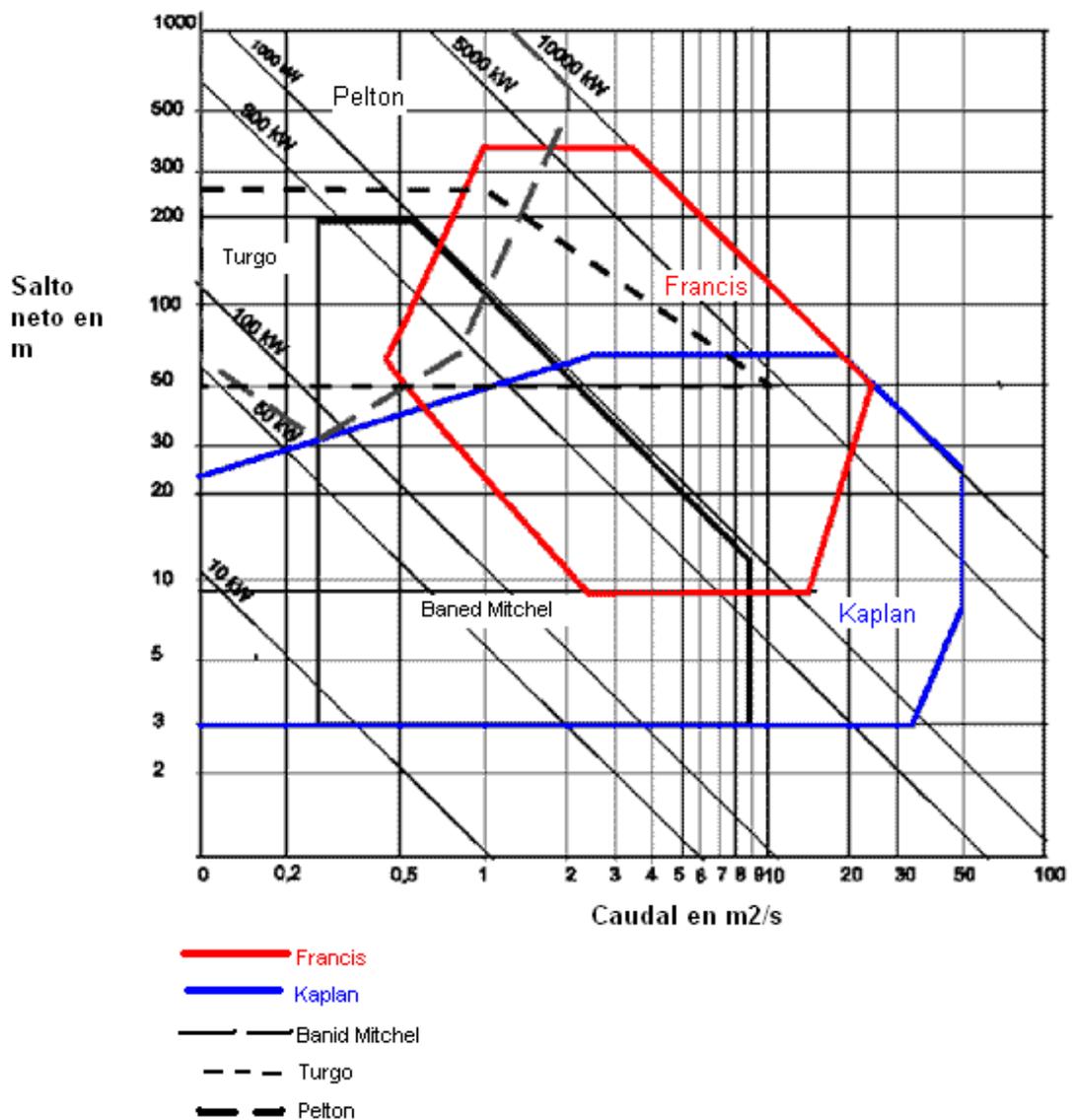


Figura 3.31 Curva de caudales clasificados

Un caudal y una altura de salto definen un punto en el plano. Cualquier turbina dentro de cuya envolvente caiga dicho punto, podrá ser utilizada en el aprovechamiento en cuestión.

- *Velocidad específica*<sup>10</sup> : A velocidad específica se la conoce como  $n_s$ . Todas las turbinas con idénticas proporciones geométricas, aunque los tamaños sean diferentes, tendrán una misma velocidad específica. El rodete girará a la velocidad específica  $n_s$  cuando esté funcionando con un caudal  $Q$  tal que produzca una potencia de 1 kW con una altura de un metro:

$$n_s = n \cdot \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (3.5.1)$$

Donde:

$n$ : número de revoluciones turbina (rpm)

$P$ : potencia turbina (kW)

$H$ : altura de salto (m)

Algunos fabricantes toman como velocidad específica otro parámetro,  $n_q$ , cuya expresión viene dada por:

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (3.5.2)$$

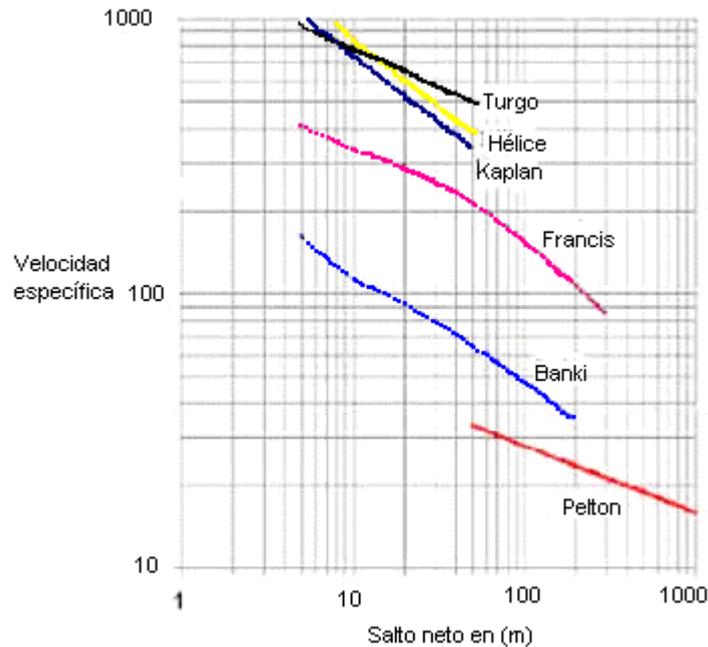
Donde:

$Q$ : caudal (m<sup>3</sup>/seg.)

La velocidad específica constituye un excelente criterio de selección, más preciso sin duda que el más convencional y conocido de las envolventes operacionales.

---

<sup>10</sup> Tomada del curso de energías no convencionales FIME 2004



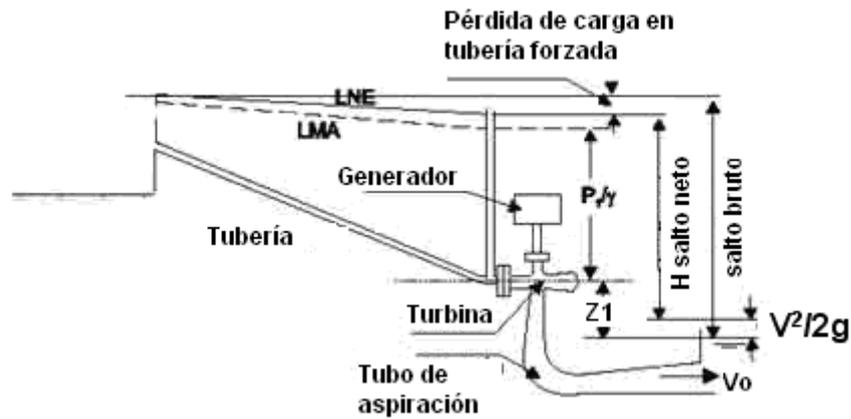
**Figura 3.32 Curva de selección de turbinas**

- *Velocidad de rotación:* La velocidad de rotación de una turbina es función de su velocidad específica, de su potencia y de la altura del aprovechamiento
- *Velocidad de embalamiento:* Cuando, trabajando a plena potencia hidráulica, desaparece súbitamente la carga exterior, bien sea por corte del interruptor o por fallo en la excitación del alternador, la turbina aumenta su velocidad hasta alcanzar lo que se conoce como velocidad de embalamiento. Esa velocidad varía con el tipo de turbina, el ángulo de apertura del distribuidor y la altura de salto.

En las turbinas Kaplan la velocidad de embalamiento puede llegar a ser 3,2 veces superior a la nominal. En las Francis, Pelton, Banki y Turgo, esa relación varía entre 1,8 y 2.

- *Rendimiento de las turbinas:* El rendimiento se define como la relación entre la potencia mecánica transmitida al eje de la turbina y la potencia hidráulica correspondiente al caudal y salto nominales. Dadas las pérdidas que tienen lugar en el conjunto de la turbina de reacción, el

rodete solo utiliza una altura  $H_u$ , inferior al salto neto  $H_n$ , tal y como se define en la figura siguiente:



**Figura 3.33** Esquema turbina con localización de pérdidas

### 3.5.4 ELECCIÓN DE LA TURBINA HIDRÁULICA

Se pueden establecer como criterios de elección de la turbina hidráulica las siguientes características deseables:

- *Facilidad constructiva:* es decir que se pueda abordar la fabricación de la turbina en la zona en la que se pretende desarrollar la implantación de la microcentral
- *Rendimiento estable:* Varía en una mínima cantidad con los cambios de caudal. Se puede asociar con el hecho de que la curva de rendimiento sea lo más plana posible.
- *Rango de operación:* Si se tiene un amplio campo de caudales y alturas a elegir será más sencillo encontrar un lugar apropiado para su instalación. Una vez estimada la potencia demandada por los beneficiarios, se tendrá más libertad en la decisión final de los parámetros del aprovechamiento: Q y H.
- *Robustez:* Trata de que el equipo sea poco sensible al paso de arena, hierbas y otros posibles objetos, debido a que por la necesidad de diseñar una instalación sencilla no existirán equipos que limpien el caudal de forma exhaustiva.

- *Velocidad de embalamiento:* Velocidad que sufre el grupo al desconectar la carga sea lo menor posible con el fin de que las posibilidades de dañar el equipo disminuyan.

## **3.6 BRIQUETADORA DE COMBUSTIBLE SÓLIDO VEGETAL**

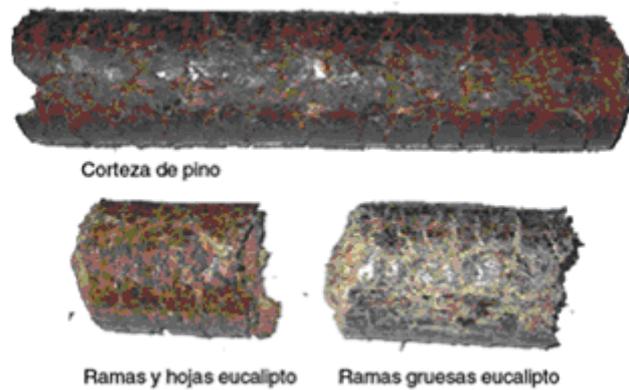
### **3.6.1 BRIQUETA**

Las briquetas son un combustible (de origen lignocelulósico en la mayor parte de los casos) formado por la compactación mecánica de la biomasa.

La materia prima de la briqueta puede ser biomasa forestal procedente de residuos de fábricas de la madera, biomasa residual industrial, biomasa residual urbana, carbón vegetal o simplemente una mezcla de todas ellas.

Estos elementos densificados presentan una serie de ventajas con respecto al material del que provienen, ya que su mayor densidad permite disminuir el coste de transporte y almacenamiento, además de ser productos más homogéneos en características y propiedades, más limpios, y mucho más fáciles de manejar.

La forma de las briquetas es muy variada pero abundan las briquetas de forma cilíndrica con diámetros entre los 5 y 20 cm y longitudes entre los 15 y 50 cm. En otros casos las briquetas tienen forma de ladrillo y las briquetas de carbón vegetal que se obtienen compactando polvo o carbón granulado tienen forma de huevo o de avellana de unos 12-20 cm. de largo. Cada proceso y fabricante produce una briqueta de forma y dimensiones distintas.



**Figura 3.34 Briquetas de biomasa**

Las características de las briquetas son: su alta densidad, tamaño de partícula (muy pequeñas ocluyen el flujo por su cohesividad), adhesividad entre partículas, fluencia y cohesividad, dureza (no deben ser demasiado duras) y debe existir presencia parcial de partículas finas que cementen los espacios entre partículas gruesas

### **3.6.2 BRIQUETAJE**

Es un técnica de compactación a presión media, en la que se densifica el material original y se utiliza para generar trozos sólidos (tipo bloque o barras) a partir de material suelto de baja densidad cuya fácil dispersabilidad y elevado volumen relativo lo tornan inapropiado para transportarse o usarse en hogares de combustión.

Las fuerzas adhesivas que aglomeran las partículas en las briquetas provienen de diversos orígenes. En algunos casos provienen de agentes aglomerantes externos los que se añaden al proceso. En otros casos son agentes físicos y químicos que se generan en la biomasa durante el proceso de compactación.

El briquetado depende de muchos factores como:

- La alimentación.
- La granulometría.
- La humedad.
- La densidad.
- El tipo de aglomerante.

### **3.6.3 PROCESO DE PRODUCCION**

- Recolección de la materia prima.
- Molienda y trituración de la materia prima.
- Proceso de macerado.
- Dosificación de componentes.
- Remolienda para prensado.
- Prensado del material macerado.
- Secado y almacenaje.
- Uso por beneficiarios.
- Embalaje y comercialización.

### **3.6.4 PROCESOS DE BRIQUETADO**

- Densificación por impacto – Briquetadora de pistón: La compactación del material se consigue mediante el golpeteo, producido sobre la biomasa, por un pistón accionado a través de un volante de inercia. Las densidades conseguidas suelen estar entre 1000 y 1200 kg/m<sup>3</sup>.
- Densificación por extrusión – Briquetadora de tornillo: Se trata de un sistema basado en la presión ejercida por un tornillo sinfín especial, que hace avanzar el material hasta una cámara que se estrecha progresivamente (forma cónica). Este tipo de equipos permite realizar briquetas con orificios interiores que favorecen su combustión. Con este sistema se pueden obtener briquetas de mayor densidad que con los sistemas de impacto (1300 - 1400 kg/m<sup>3</sup>), si bien, los consumos energéticos y los costes de mantenimiento son notablemente más elevados.
- Briquetadoras hidráulicas o neumáticas: En estas máquinas la presión es producida por uno o varios cilindros accionados por sistemas hidráulicos o neumáticos. Se suelen utilizar cuando los residuos son de muy mala

calidad, o están húmedos y no se requiere una gran calidad de la briqueta final.



**Figura 3.35 Máquinas briquetadoras**

### **3.6.5 APLICACIONES**

El mercado es amplio para las briquetas orgánicas como se pueden señalar los siguientes:

- Pizzerías (combustible)
- Pizzerías (combustible)
- Panaderías (combustible)
- Medicina (sahumerios aromáticos)
- Hoteles (calefacción aromáticas)

### **3.6.6 VENTAJAS DEL USO DE BRIQUETAS**

- Menos contaminante.
- Fácil y rápido de encender.
- Sustituye a la leña común evitando la presión sobre los bosques.
- No tiene aditivo, es natural.
- No produce alergias.
- La combustión eficiente produce poco residuo.
- Ahorra espacio de almacenaje.

- Fácil transporte.
- El costo de producción esta por debajo del costo de la leña.

### **3.7 BIODIGESTOR**

El biodigestor es un depósito forma cilíndrica o esférica cerrado donde se produce la fermentación sin participación del aire, porque las bacterias son anaeróbicas.

Posee un ducto de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica (por ejemplo, estiércol animal o humano, las aguas sucias de las ciudades, residuos de matadero) en forma conjunta con agua, y un ducto de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el biodigestor. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente y efluente respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás o gas metano.

#### **3.7.1 VENTAJAS**

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

### 3.7.2 DESVENTAJAS

- Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.
- Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles.

### 3.7.3 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

El biogás se obtiene al descomponerse la materia orgánica debido a la acción de cuatro tipos de bacterias, en ausencia de oxígeno: las hidrolíticas, que producen ácido acético, compuestos monocarbonados, ácidos grasos orgánicos y otros compuestos policarbonados; las acidogénicas, productoras de hidrógeno; las homoacetogénicas, que pueden convertir una cantidad considerable de compuestos multicarbonados o monocarbonados en ácido acético; y las metanogénicas, productoras del gas metano, principal componente del biogás.

**Tabla 3.6 Composición del biogás**

Metano, CH <sub>4</sub>	40 – 70 % volumen
Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>	30 – 60 %
Sulfuro de hidrógeno, H <sub>2</sub> S	0 – 3 %
Hidrógeno, H <sub>2</sub>	0 – 1 %

Fuente: [www.tecnologia.mendoza.edu.ar/biogas/conceptos.htm](http://www.tecnologia.mendoza.edu.ar/biogas/conceptos.htm)

### 3.7.4 PROCESO DE FERMENTACIÓN

#### 3.7.4.1 Etapas

La fermentación de la materia orgánica para la producción de biogás, se da en tres etapas: La hidrólisis, la acidificación y la metanización.

a) *Hidrólisis*.- Se refiere al desdoblamiento de las moléculas, de compuestos orgánicos, por acción del agua, ácidos o fermentos. En el biodigestor las bacterias fermentativas o acidogénicas hidrolizan los polímeros (cadenas largas de moléculas orgánicas) y los convierten en ácidos orgánicos solubles a

través de la fermentación (transformación de una sustancia, mientras otra permanece inalterada). Esta etapa puede ser aeróbica o en presencia de aire u oxígeno.

*b) Acidificación.*- La presencia de bacterias acetogénicas causa la metabolización de los ácidos orgánicos en acetatos, dihidrógenos y carbohidróxidos. Esta etapa se realiza en condiciones controladas (sin presencias de aire u oxígeno).

*c) Metanización.*- Las grasas, los aminoácidos, los alcoholes y ácidos grasos formados en etapas anteriores se transforman en metano (CH<sub>4</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y en cantidades poco representativas de amoníaco y ácido sulfhídrico.

#### **3.7.4.2 Tipos de fermentación**

La temperatura en la fermentación es de vital importancia, pues determina el tiempo de retención de la materia orgánica en el digestor, sin embargo debe estar entre determinados límites para que el proceso se logre, con los resultados requeridos es así que se tiene:

*a) Fermentación psicrófila.*- En la que la temperatura se encuentra entre 10 y 20 °C, en estas condiciones el tiempo de retención sobrepasa los 100 días.

*b) Fermentación mesófila.*- En donde la temperatura se halla entre los 20 y 35 °C y el tiempo de retención está sobre los 20 días usualmente entre 30 y 40.

*c) Fermentación termófila.*- Con temperaturas entre 50 y 60 °C y tiempos de retención mayores a 8 días, este tipo de fermentación no es aconsejable para vegetales.

También se debe considerar los siguientes aspectos.

1) *Relación C/N (Carbono / Nitrógeno)*.- En la composición de la materia de fermentación están presentes el carbono y el nitrógeno y su relación es importante para una buena producción de biogás, una relación de 20:1 hasta 30:1 (C/N) es ideal; la mezcla de estiércol de gallina con alto contenido de nitrógeno y tamo de arroz con alto contenido de carbón, da como resultado una elevada producción de biogás.

2) *Nivel de amoníaco*.- El amoníaco dentro del digestor debe mantenerse dentro de ciertos límites, ciertas sustancias lo producen en alto porcentaje (estiércol de aves), por lo que para un correcto funcionamiento debe controlarse para alcanzar niveles menores a 2000mgr/litro, lo que se logra aumentando la dilución del material de entrada.

3) *PH*.- El ph de la mezcla es importante, ya que un nivel alto o bajo es perjudicial. El nivel óptimo se encuentra entre 7 y 7,2 un ph bajo como 6,2 retarda la acidificación y un valor alto como 7,6 retarda la amonización.

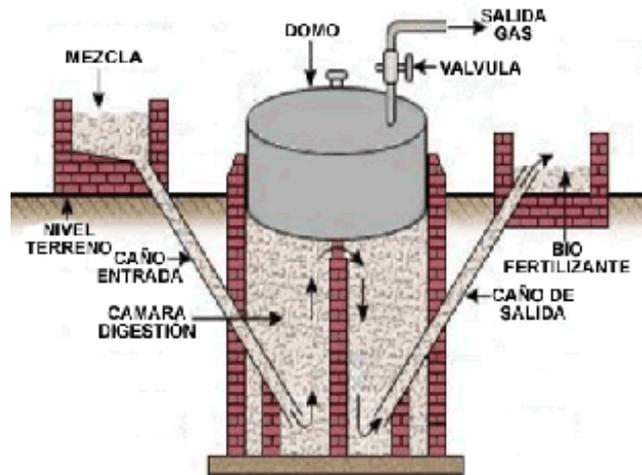
### **3.7.5 CLASIFICACIÓN DE LOS BIODIGESTORES**

Existen dos clasificaciones generales para las plantas de producción de biogás en cuanto a su capacidad: las instalaciones industriales y las de pequeña capacidad o minidigestores. Se pondrá énfasis en las instalaciones de baja capacidad, ya que ayudan a solucionar el problema de la cocción de alimentos en los núcleos pequeños sin afectar el medio ambiente.

Actualmente se conocen dos diseños tradicionales de biodigestores de pequeña capacidad (hasta 50 m<sup>3</sup>) de producción de biogás, en dependencia de su origen: «hindú» y «chino».

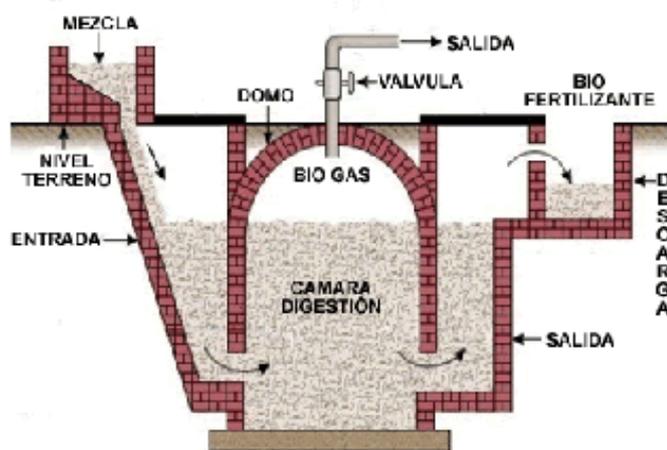
- *Biodigestor hindú o campana flotante*: Se distingue por el uso de una campana móvil, que asciende al aumentar la presión del gas dentro de ella; esta puede ser de metal, hormigón o plástico, la campana corre sobre una guía lo que le permite rotar o al menos oscilar con lo que se consigue romper la nata que se puede formar en la superficie de la mezcla. Además, el digestor está compuesto por un tanque de

almacenamiento en forma cilíndrica, que puede ser construido de piedra, ladrillo y hormigón. Para permitir la entrada de la materia orgánica y la salida del biofertilizante se emplean dos tubos (de plástico, fibrocemento, cerámica u otros) que conectan el tanque de almacenamiento con el de carga y descarga; también cuenta con tuberías, válvulas de corte y seguridad que garantizan el buen funcionamiento del biodigestor.



**Figura 3.36 Biodigestor Hindú o de Campana flotante**

- *Biodigestor del tipo chino o de cúpula fija:* Almacena gas en la parte superior por lo que la presión del gas no es constante, la nata o costra que se forma en la superficie de la mezcla se puede romper en base a oscilaciones de la materia, producidas por un pistón que se desplaza en los tubos de carga. El digestor se construye íntegramente en mampostería y debe ser muy bien masillado para evitar fugas o filtraciones.



**Figura 3.37 Biodigestor del tipo chino o cúpula fija**

- *Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno:* Tiene una estructura semiesférica de polietileno de película delgada en sustitución de la campana móvil y la cúpula fija, y un tanque de almacenamiento de piedra y ladrillo como los empleados en los prototipos tradicionales.



**Figura 3.38 Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno**

- *Instalaciones industriales:* Las instalaciones industriales de producción de biogás emplean tanques de metal que sirven para almacenar la materia orgánica y el biogás por separado. Este tipo de planta, debido al gran volumen de materia orgánica que necesita para garantizar la producción de biogás y la cantidad de biofertilizante que se obtiene, se diseña con grandes estanques de recolección y almacenamiento construidos de ladrillo u hormigón.



**Figura 3.39. Digestores industriales**

### **3.7.6 DIMENSIONAMIENTO DE BIODIGESTORES**

En el dimensionamiento de las plantas para biogás, el tiempo de retención es de importancia capital, al igual que la cantidad de materia para fermentar diariamente, la producción de biogás es función de los dos parámetros mencionados.

La carga de digestores continuos se refiere a la cantidad de materia orgánica que se alimenta diariamente al digestor o la cantidad de materia fermentada por día, se expresa como Kg. de masa orgánica por día.

Cargas diarias de  $1,5 \text{ m}^3$ , constituyen cargas altas para plantas sencillas, sin controles o mecanismos especiales. Plantas con agitación, control de temperatura, ph; se pueden cargar con  $5 \text{ m}^3$  de materia por día. Cargas muy altas de los digestores reduce el ph (la planta queda en la fase de acidificación), ya que hay más materia de fermentación que bacteria de metano.

El poder calórico medio del biogás está entre  $4700 - 7700 \text{ Kcal/m}^3$  y es función de la pureza del gas, lo que a su vez es función de la materia de fermentación. Retirado el  $\text{CO}_2$ , el poder calórico puede alcanzar el valor de  $12000 \text{ Kcal/m}^3$ . Para la combustión demanda  $5,7 \text{ m}^3$  de aire/ $\text{m}^3$  de gas, la densidad relativa del gas se considera 0,94 (densidad del aire  $1,24 \text{ Kg. /m}^3$ ).

En el dimensionamiento de las plantas para biogás dos factores se han mencionado como prioritarios: el satisfacer las necesidades energéticas y la disponibilidad de materia prima.

Para tener datos de referencia se presentan tablas con varios datos.

**Tabla 3.7 Necesidades energéticas**

Necesidades energéticas	
Cocción	0.23 m <sup>3</sup> gas / persona * día
Iluminación	0.12 m <sup>3</sup> gas /hora * lámpara
Motor de combustión interna	0.40 m <sup>3</sup> gas /hp*hora
refrigeración	2.50 m <sup>3</sup> gas /día

Fuente: Curso de e. renovables FIME 2004

**Tabla 3.8 Rendimiento de materia prima por día**

Materia prima	Kg/ día
Bovino adulto estabulado	30.00
Bovino adulto semiestabulado	15.00
Porcino (mas de 50 Kg.)	2.20
Aves (2Kg de peso)	0.12
Equino	12.00

Fuente: Curso de e. renovables FIME 2004

El dimensionamiento sigue la siguiente secuencia:

- Determinar la necesidad energética a satisfacer, en función de la que se calcularán los metros cúbicos de biogás necesarios para cocción, refrigeración, iluminación; a la suma de todos los requerimientos, por seguridad se le aumenta entre un 5 a 10 %.
- Establecida la demanda del biogás, es necesario disponer de materia prima que permita la obtención del mismo, para esto se auscultará de que se dispone: ganado bovino, equino, aves; se determinará la cantidad de carga diaria considerando también el agua para la mezcla, la cual como dato práctico es igual al volumen de la materia prima (vacuno fresco 1:1, seco 1:2, equino 1:1-3, humano 1:1, vegetales 1:0.2-2).
- Con el dato anterior y conociendo la temperatura media para el lugar de análisis se establece el tiempo de retención.

- La multiplicación del tiempo de retención (TR) por el volumen de carga diaria nos dará el volumen del biodigestor

$$TR * Vol. carga = Vol. Digestor \quad (3.7.1)$$

- Conociendo el volumen del digestor se debe encontrar las dimensiones del digestor, por lo general en digestores de pequeña cantidad, se selecciona una forma cilíndrica, por ser consistente, se requiere menor cantidad de materiales y al no tener aristas, se disminuye la posibilidad de fugas. En lugares donde el nivel freático lo permite se debe seleccionar un cilindro donde la altura sea igual al diámetro
- Se debe destacar que el diámetro encontrado es el libre al cual se debe adicionar el espesor de paredes y en el caso de la altura la base y un exceso en la parte superior para el juego de la campana, en ocasiones se debe modificar las dimensiones en función del costo de los materiales, volumen, condiciones del terreno.
- Para el gasómetro se recomienda que tenga un volumen que permita almacenar el 50% de la producción diaria de biogás.

### **3.7.7 INSTALACIÓN – OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

*a) Sitio para instalación.-* En lo posible el sitio donde se instale un biodigestor debe ser accesible, los lugares ventosos deben evitarse, al igual que los lugares inundables y niveles freáticos altos.

Es conveniente que el sitio disponga de agua para la mezcla y limpieza, que este próximo a la materia prima y la utilización (no más de 30m), los sitios con buena insolación son muy adecuados, sitios con declive que permitan la carga y descarga por gravedad facilitan la operación.

*b) Construcción.-* El digestor debe sobresalir del terreno 15 - 20 cm., el diámetro calculado no incluye paredes, enlucidos u otros revestimientos. Al realizar la excavación se debe considerar los tubos de carga y si es el caso el

de descarga (digestores de más de 10 m<sup>3</sup>), la salida de los tubos no debe estar a más de un metro del cilindro.

Si el volumen del digestor es igual o mayor a 10 m<sup>3</sup>, es conveniente una pared divisoria, la que se traba con el cilindro por seguridad en el caso de fugas en un compartimiento, es conveniente realizar una perforación de 20 - 30 mm en la pared divisoria para evitar someterla a presiones desequilibradas.

*c) Prueba de filtración.*- Para detectar filtraciones se llena el digestor con agua, en 8 días se puede permitir el descenso de 20 - 30 cm; si es satisfactoria la prueba, se procede a retirar el agua dejando 1/3 del digestor lleno, lo que dará una mezcla más líquida en el primer llenado. En el caso de tener filtraciones deben ser corregidas.

*d) Primera carga.*- Es conveniente realizar la primera carga con material de otro digestor (1/3), o al menos con materia fermentada al aire. Si existe tabique intermedio se debe llenar uniformemente ambos lados. A los 2 o 3 días luego de cargado se forma una nata o costra en la superficie, la que debe ser retirada con una pala.

Realizada la operación anterior se puede colocar el gasómetro, con la válvula cerrada, si se asienta, existen fugas y deben ser corregidas, de otra manera se abre la llave hasta que se asiente, luego se cierra por 5 - 7 días. A partir del segundo día, se debe agitar diariamente la mezcla en la parte superficial, para lo cual se da un movimiento de vaivén a la campana, desde el quinto día después de agitar, se abre la válvula y se deja asentar la campana, operación que debe repetirse hasta el décimo quinto día.

En lo siguiente se dejará que la campana suba todo lo posible y se iniciarán las pruebas de quemado, si la llama es azul se tiene ya biogás, si el gas no es combustible se deja escapar el contenido y se espera hasta que vuelva a subir la campana y se prueba nuevamente. Si en un período de 35 - 50 días el gas no quema es probable que se tenga problemas de ph bajo, estiércol contaminado, viejo o sin inoculante.

e) *Regulación de presión.*- La presión del biogás debe estar entre 15-18 cm c.a (columna de agua), para determinar la presión puede sumergir una manguera en un recipiente de agua, la profundidad donde deje de burbujear, será la presión en unidades de columna de agua. Si la presión es menor que la indicada se puede colocar pesos en la campana.

f) *Carga diaria.*- Si el gas ha quemado bien, es hora de empezar la carga diaria (generalmente 25-30 días luego de colocada la campana). La carga diaria será estiércol fresco con agua en relación 1:1, la que se depositará en la caja de carga en la mañana y se cubrirá con plástico negro, al medio día se agitará la mezcla, se retirará el tapón y se permitirá el ingreso al digestor. Es conveniente que todos los días se mueva la campana para evitar la costra.

Puesto que el biogás tiene humedad, se debe colocar filtros para agua, los cuales no son más que bolsillos hechos cada cierta distancia en la tubería de conducción. Los filtros para llama a la vez que impiden que la llama avance por la tubería, sirven para controlar el gas sulfhídrico, bastante nocivo para cualquier instalación. Las fugas en la tubería deben corregirse de forma inmediata, se detectan con una solución jabonosa, que se aplica en cada unión.

Cada 2 o 3 años se debe limpiar el interior del digestor, la campana debe ser cuidada convenientemente la larga vida.

3.1 PANELES FOTOVOLTAICOS _____	21
3.1.1 EFECTO FOTOVOLTAICO _____	21
3.1.2 CÉLULA SOLAR _____	22
3.1.2.1 Características _____	22
3.1.2.2 Proceso de elaboración _____	22
3.1.2.3 Tipos _____	23
3.1.2.4 Respuesta espectral de la célula de silicio _____	24
3.1.3 RENDIMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO _____	24
3.1.4 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO _____	25
3.1.4.1 Panel fotovoltaico _____	26
3.1.4.1.1 Elementos _____	26
3.1.4.1.2 Comportamiento del panel fotovoltaico _____	27
3.1.4.2 Baterías _____	28
3.1.4.3 Regulador fotovoltaico _____	29
3.1.4.4 Elementos de seguridad para un sistema fotovoltaico _____	30
3.1.5 CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO _____	30
3.1.6 DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS _____	31
3.2 COLECTORES SOLARES PLANOS _____	32
3.2.1 TIPOS DE COLECTORES SOLARES PLANOS _____	33
3.2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN COLECTOR SOLAR PLANO _____	34
3.2.2.1 Cubiertas transparentes _____	35
3.2.2.2 Placa colectora _____	35
3.2.2.3 Aislantes _____	36
3.2.2.4 Caja exterior _____	36
3.2.3 UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DE COLECTORES SOLARES _____	36
3.2.3.1 Efectos de la sombra en los colectores _____	38
3.2.4 SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO _____	38
3.2.4.1 Estratificación _____	38
3.2.4.2 Subsistema de distribución y consumo _____	39
3.2.4.2.1 Circulación natural o por termosifón _____	39
3.2.4.2.2 Circulación forzada _____	40
3.2.5 CONSIDERACIONES ESPECIALES _____	41
3.2.5.1 Elementos de cierre _____	41

3.2.5.2 Accesibilidad _____	41
3.2.6 BALANCE DE ENERGÍA EN UN COLECTOR SOLAR PLANO _____	41
3.3 COLECTORES CONCENTRADORES _____	46
3.3.1 CLASIFICACIÓN _____	46
3.3.1.1 De enfoque _____	47
3.3.1.1.1 Tipos _____	48
3.3.1.2 Fijos o semifijos _____	49
3.3.2 RAZÓN DE CONCENTRACIÓN _____	49
3.4 TURBINAS EÓLICAS _____	50
3.4.1 CLASIFICACIÓN _____	50
3.4.1.1 Por la interacción de sus palas con el viento _____	50
3.4.1.2 Por la orientación del eje de rotación con respecto al suelo _____	50
3.4.2 ELEMENTOS DE UN AEROGENERADOR _____	51
3.4.2.1 El rotor _____	51
3.4.2.2 Torre _____	52
3.4.2.3 Las palas _____	53
3.4.2.4 La barquilla o góndola _____	53
3.4.3 ELECCIÓN DEL TAMAÑO _____	54
3.4.4 LOCALIZACIÓN _____	54
3.4.4.1 Turbulencia _____	55
3.4.5 ALTURA DE LA TORRE _____	55
3.4.5.1 Rugosidad _____	55
3.5 TURBINAS MICROGENERACIÓN _____	56
3.5.1 CLASIFICACIÓN _____	57
3.5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TURBINAS _____	57
3.5.2.1 Turbinas de acción _____	57
3.5.2.2 Turbinas de reacción _____	59
3.5.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS TURBINAS _____	61
3.5.4 ELECCIÓN DE LA TURBINA HIDRÁULICA _____	65
3.6 BRIQUETADORA DE COMBUSTIBLE SÓLIDO VEGETAL _____	66
3.6.1 BRIQUETA _____	66
3.6.2 BRIQUETAJE _____	67
3.6.3 PROCESO DE PRODUCCION _____	68
3.6.4 PROCESOS DE BRIQUETADO _____	68

3.6.5 APLICACIONES _____	69
3.6.6 VENTAJAS DEL USO DE BRIQUETAS _____	69
3.7 BIODIGESTOR _____	70
3.7.1 VENTAJAS _____	70
3.7.2 DESVENTAJAS _____	71
3.7.3 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS _____	71
3.7.4 PROCESO DE FERMENTACIÓN _____	71
3.7.4.1 Etapas _____	71
3.7.4.2 Tipos de fermentación _____	72
3.7.5 CLASIFICACIÓN DE LOS BIODIGESTORES _____	73
3.7.6 DIMENSIONAMIENTO DE BIODIGESTORES _____	76
3.7.7 INSTALACIÓN – OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO _____	78
Figura 3.1 Efecto fotovoltaico _____	21
Figura 3.2 Proceso de obtención de células solares _____	23
Figura 3.3 Células de silicio _____	23
Figura 3.4 Espectro de radiación solar _____	24
Figura 3.5 Sistema fotovoltaico automática _____	26
Figura 3.6 Panel fotovoltaico _____	26
Figura 3.7 Elementos de un panel fotovoltaico _____	27
Figura 3.8 Comportamiento del panel fotovoltaico _____	28
Figura 3.9 Asociación de baterías _____	29
Figura 3.10 Regulador _____	29
Figura 3.11 Esquema de un colector solar plano _____	33
Figura 3.12 Partes de un colector solar plano _____	34
Figura 3.13 Ángulos solares _____	37
Figura 3.14 a) Efecto termosifón, b) Extracción de agua caliente _____	40
Figura 3.15 Circulación Forzada _____	40
Figura 3.16 Dimensiones tubería del colector _____	43
Figura 3.17 Concentradores por reflexión, refracción y lineales _____	47
Figura 3.18 Lentes de Fresnel _____	48
Figura 3.19 Concentradores parabólicos _____	48
Figura 3.20 Elementos de un aerogenerador _____	51
Figura 3.21 Torres de celosía _____	52
Figura 3.22 Torre tubular _____	52

Figura 3.23	Palas del rotor _____	53
Figura 3.24	Barquilla o Góndola _____	53
Figura 3.26	Esquema turbina pelton _____	58
Figura 3.27	Esquema turbina turgo _____	58
Figura 3.28	Esquema turbina flujo cruzado _____	59
Figura 3.29	Turbina Francis de eje horizontal _____	60
Figura 3.30	Esquema turbinas de hélice _____	61
Figura 3.31	Curva de caudales clasificados _____	62
Figura 3.32	Curva de selección de turbinas _____	64
Figura 3.33	Esquema turbina localiza perdidas _____	65
Figura 3.34	Briquetas _____	67
Figura 3.35	Máquinas para briquetaje _____	69
Figura 3.36	Biodigestor Hindú o de Campana flotante _____	74
Figura 3.37	Biodigestor del tipo chino o cúpula fija _____	75
Figura 3.38	Digestor con tanque de almacenamiento _____	75
Figura 3.39	Digestores industriales _____	76
Tabla 3.1	Transmitancia de materiales para cubiertas transparentes _____	35
Tabla 3.2	Absortancia de algunos materiales _____	36
Tabla 3.3	Aislantes para el colector solar _____	36
Tabla 3.4	Valores para rugosidad _____	56
Tabla 3.5	Rangos de altura de salto _____	61
Tabla 3.6	Composición del biogás _____	71
Tabla 3.7	Necesidades energéticas _____	77
Tabla 3.8	Rendimiento de materia prima por día _____	77

## CAPÍTULO 4

### MAQUINARIAS, EQUIPOS Y NORMATIVAS PARA SU USO

#### 4.1 BRIQUETADORA

##### 4.1.1 DEFINICIÓN

La briquetadora es un equipo utilizado para la elaboración de briquetas de cascarilla de arroz que sirven como combustible para diferentes aplicaciones cuya característica es su alta densidad y potencia calorífica. Su principio de funcionamiento consiste en la molienda, mezcla y compactación del material el cual debe estar mezclado con algún tipo de aglutinante que garantizará que el producto tienda a deshacerse para finalmente ser cortado por un sistema de corte para obtener la briqueta con las dimensiones establecidas en el diseño de la maquina.

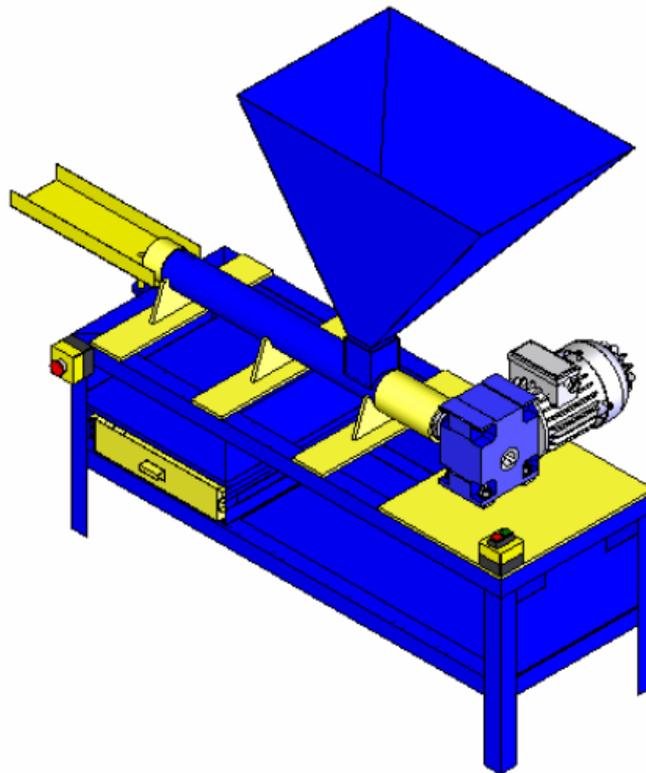


Figura 4.1 Briquetadora

#### 4.1.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

El principal elemento de la máquina es el extrusor monohusillo, el cual se encuentra montado en la estructura soporte y acoplado al moto-reductor el cual transmite la potencia requerida para la compactación de la mezcla (cascarilla-melaza).

La principal función del extrusor es compactar la materia prima, pero a su vez este tipo de maquinas actúan de manera muy eficiente como mezcladoras debido a la geometría particular del tornillo y a la presión ejercida en el interior de este formando así un flujo casi homogéneo entre la cascarilla de arroz molida y el aglutinante.

La carcasa que cubre al eje es estacionaria y consta de un barril unido a la parte exterior con la tolva.

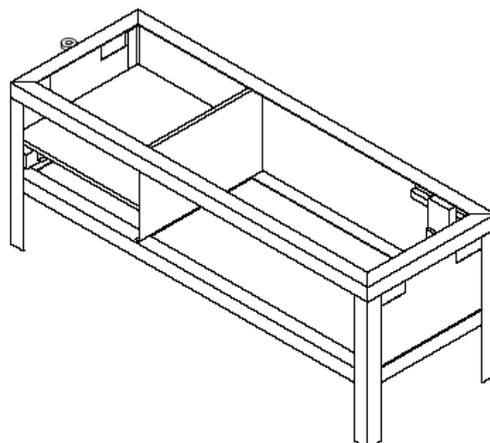
#### 4.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Masa de extrusión: 26.45 kg/h.

Fuerza de extrusión de la briquetadora: 31.2 KN.

Potencia de extrusión de la briquetadora: 1.12 HP.

a) Base soporte.



### Figura 4.2 Base soporte

Largo: 1400 mm.  
Alto: 500 mm.  
Ancho: 500 mm.  
Perfil L de 2" x 2" x 1/16".  
Material: Aluminio.

b) Extrusor.



Figura 4.3 Tornillo extrusor

Diámetro 63mm.  
Longitud del usillo 650 mm.  
Velocidad de rotación 69 RPM.  
Material del usillo Acero AISI 4340 (acero bonificado para maquinar).

c) Barril.

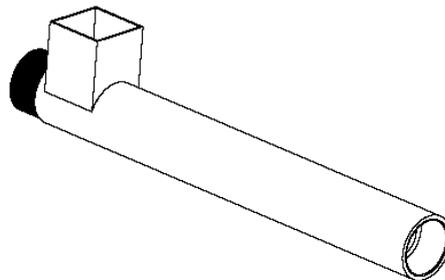
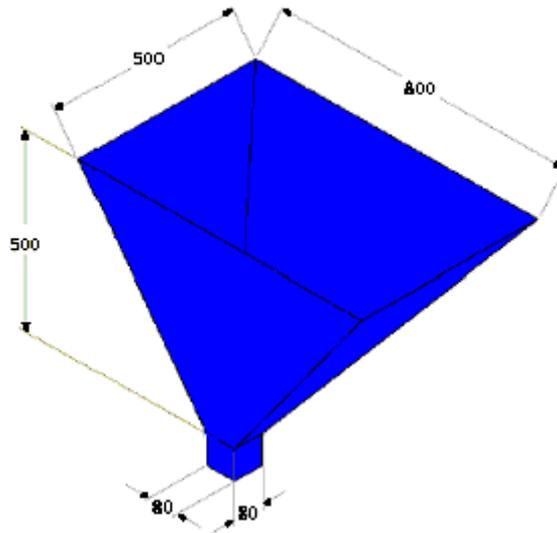


Figura 4.4 Barril

Longitud 750 mm con 50 mm de rosca.  
Diámetro interior 63mm.  
Diámetro exterior 95 mm.  
Material Acero.

d) Tolva.

Volumen 76400 cm<sup>3</sup>.



**Figura 4.5 Tolva**

Material: Acero A 36.

Espesor: 1/32".

e) Moto reductor.

Marca Rossi.

Potencia 3 HP.

Velocidad de giro 69 rpm.

#### **4.1.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Balanza digital.
- Bomba adiabática.
- Termómetro.
- Recipiente para mezclar el producto (cascarilla de arroz, melaza).

#### **4.1.5 NORMATIVAS DE USO**

	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág.:</b>
	Briquetadora de combustible sólido vegetal		<b>Código:</b> LENC-0119
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> 0
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>
<p><b>1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b> <i>LENC-01G</i></p> <p><b>2. CODIGO DEL EQUIPO:</b> <i>LENC-01-E</i></p> <p><b>3. OPERACIÓN</b></p> <p>3.1 Encender el motor.</p> <p>3.2 Dejar funcionar el equipo algunos minutos para eliminar residuos de prácticas anteriores.</p> <p>3.3 Cargar la tolva con los productos previamente mezclados al porcentaje establecido.</p> <p>3.4 Ayudarse de una varilla para hacer fluir mejor la mezcla dentro de la tolva para evitar atascamientos y vacíos en su interior.</p> <p>3.5 Recoger el producto en un recipiente (corte por gravedad).</p> <p>3.6 En caso de emergencia aplastar el pulsador de detención del equipo.</p> <p>3.7 Al finalizar la práctica limpiar completamente el equipo.</p> <p><b>4. PRECAUCIONES</b></p> <p>4.1 Al entrar en operación la máquina no meter las manos en la zona de alimentación ya que podrían causar heridas serias en las manos del operador.</p> <p>4.2 Usar protección visual, nasal y para manos.</p> <p>4.3 Evitar que entre al interior de la briquetadora objetos metálicos y piedras que generalmente están presentes en la cascarilla de arroz.</p> <p>4.4 No manejar de forma irresponsable la máquina.</p>			

## **4.2 COCINA SOLAR**

### **4.2.1 DEFINICIÓN**

La cocina solar es un dispositivo portátil de forma cilíndrica esférica cuyo objetivo es captar radiación directa (longitud de onda corta) para convertirla en radiación de onda larga es decir radiación infrarroja que puede ser utilizado para cocción de alimentos en el campo evitando de esta manera la deforestación, sirve también para el calentamiento de agua y el esterilizado de implementos quirúrgicos.



**Fotografía 4.1 Cocina solar**

### **4.2.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

La cocina solar consta de una base soporte elaborada de tubo de acero y un plato cilíndrico esférico recubierto de película reflejante que permite que rayos solares incidan de mejor manera en la superficie absorbedora, dentro del plato se encuentra una base para colocar los diferentes recipientes a utilizarse.

El diseño cilíndrico esférico de la cocina solar permite que los rayos solares incidentes converjan en un solo punto llamado centro focal donde coinciden los

recipientes colocados en la base. De acuerdo a las necesidades de cocción los recipientes deben tener un recubrimiento negro mate para mejor absorción de la radiación reflejada. Los tiempos de cocción dependen del tipo de alimentos, la irradiación solar local, el microclima y las características del recipiente en que se colocan los alimentos.

### **4.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Potencia: 200W.

Temperatura en el foco: 105°C.

a) Plato.

Diámetro de cocina o diámetro de boca: 70 cm.

Altura focal: 23 cm.

Material: Aleación de aluminio ISO AL 99.8(A).

Espesor: 1.5mm.

Recubrimiento: Cinta adhesiva reflectora.

En el plato se coloca un recipiente que contendrá el producto donde se calienta el agua hasta el punto de ebullición que depende del sitio de incidencia de radiación solar y las condiciones climáticas de la zona.

b) Base soporte.

Material: Acero.

Estructura: tubo de 1".

### **4.2.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Termómetro de -20 a 290 °C.
- Balanza de 30000 gr.
- Cronómetro.
- Recipientes de cocción de 0.5, 1, 1.5 lt.
- Anemómetro.

- Panel Fotovoltaico de 43 W.
- Multímetro.
- Envase graduado para medir volúmenes de 0 a 2 lt.
- Pistola láser de temperaturas de 0 a 900 °C.

#### **4.2.5 NORMATIVAS DE USO**

 <p>ENERGIAS NO CONVENCIONALES</p> <p>L E N C</p> <p>FIME</p>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág:</b>
	Cocina Solar		<b>Código:</b> LENC-0219
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba -Soria	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>
<p><b>1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b> <i>LENC-02G</i></p> <p><b>2. CODIGO DEL EQUIPO:</b> <i>LENC-02-E</i></p> <p><b>3. OPERACIÓN</b></p> <p>3.1 Limpiar cuidadosamente la superficie reflectiva del plato evitando producir rayaduras.</p> <p>3.2 Colocar el plato reflector sobre la base ajustándola correctamente de manera que no se vaya a caer.</p> <p>3.3 Orientar la cocina perpendicular a los rayos solares.</p> <p>3.4 Colocar los recipientes con su determinado producto de acuerdo al ensayo a realizar.</p> <p>3.5 Preparar los instrumentos de medición para las diferentes variables a medirse.</p> <p>3.6 Descargar el producto del recipiente.</p> <p>3.7 Al finalizar la práctica limpiar completamente el equipo y guardarlo.</p> <p><b>4. PRECAUCIONES</b></p> <p>4.1 Manipular con cuidado el equipo y los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.</p> <p>4.2 Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.</p> <p>4.3 No tocar con las manos la superficie reflectiva.</p> <p>4.4 No descuidar el tiempo de toma de datos.</p> <p>4.5 Manipular con protección en las manos los recipientes de cocción.</p> <p>4.6 Hidratarse adecuadamente y usar ropa cómoda preferentemente algodón.</p>			

## 4.3 SISTEMA DE BIORREACCIÓN PARA OBTENER GAS Y ABONO ORGÁNICO

### 4.3.1 DEFINICIÓN

Un biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, es un depósito en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aeróbico o anaeróbico. Los biorreactores son cámaras cilíndricas, que varían en tamaño y son usualmente fabricados de acero al carbono.



Fotografía 4.2 Sistema de Biorreacción

### 4.3.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

**El biorreactor está constituido por una cámara de alta presión que está envuelto por una camisa por la que circula agua caliente que proviene de colectores solares y que transfiere calor al sustrato obteniéndose así la temperatura que se necesita para su degradación.**

En el interior del biorreactor se fermenta el biogás producto de la carga del material en una proporción de 50% de materia sólida y 50% de agua. De la materia sólida el 70% es estiércol y el 30% de producto vegetal (kikuyo). Para

la carga y descarga del material se hace por las bridas respectivas. La fermentación se produce por acción bacteriana que están adheridas en el agua como también en los desechos orgánicos éstas al estar ubicadas en un sitio cerrado o hermético libre de la presencia de oxígeno producen el proceso de biorreacción el cual debe ser controlado. Los parámetros de operación son: temperaturas de operación 38°C y la presión que alcanza el recipiente es de 60 psi aproximadamente, para evitar que la cámara sufra un cambio brusco de temperatura en las heladas o pasada la media noche se ha procedido a ensamblar un sistema de calentamiento mediante agua caliente sanitaria que viene del campo solar constituido por 6 colectores planos de 0.5 kW cada uno, el tiempo de fermentación es de 20 días y el volumen de biogás es de 0.5 m<sup>3</sup> que permite realizar la cocción de alimentos para 2 o 3 personas por día .

#### **4.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Temperaturas de operación: 38°C.

Presión en el recipiente: 60 psi.

Tiempo de fermentación: 20 días.

Volumen biogás: 0.5 m<sup>3</sup>.

**Tipo de fermentación: mesofílica.**

##### **a) Características Biorreactor.**

**Longitud: 1.60 (m).**

**Diámetro: 0.77 (m).**

**Volumen total: 0.866 (m<sup>3</sup>).**

Peso total del tanque: 2492 N.

**Presión máxima externa procedente de la bomba: 50 psi.**

**Cilindro:**

**Material: tol ASTM A36.**

**Espesor: 8 mm.**

**Cabezas:**

**Tipo: torisféricas.**

**Material: tol ASTM A36.**

**Espesor: 8 mm.**

Bridas: ANSI B 16.5.

**Camisa:**

**Presión interna: 50 psi.**

**Espesor cilindro: 4mm.**

**Espesor cabeza torisférica: 6 mm.**

**Material: tol ASTM A36.**

**Peso total de la camisa (Pccc): 2256 N.**

**Distancia entre el biodigestor y la camisa: 170 mm.**

**Peso total del forro Ptf: 372.56 N.**

**Peso total del sistema: 2333 kg.**



**Fotografía 4.3 Biorreactor**

b) Características Colectores planos.

Cantidad: 6.

Potencia: 0.5 KW.

Material: Tol galvanizado 1/20".

Dimensiones:

Largo: 2.10 m.

Ancho: 1.10 m.

Alto: 12 cm.

Aislante: Lana de vidrio de 2" espesor.

Soportes:

Ángulo de 1¼" \* 3 mm.

Inclinación 12 a 15°.

**Cubierta transparente:**

**Vidrio templado de 4 mm de espesor.**

**Placa Absorbedora:**

**Material: aluminio pintado de color negro mate.**

**Tubos absorbedores:**

**Tubo de ¾".**

**Material: cobre.**

**Longitud: 1.2 m.**

**Cantidad: 8.**

**Separación: 8 cm.**



**Fotografía 4.4 Colectores planos**

**c) Estructura soporte para el biorreactor:**

**Número de patas: 4.**

Material: Acero ASTM A-36.

Longitud de la columna: 37.79 pulg.

Perfil tipo ángulo.

**Ancho = 40 mm.**

**Largo = 40 mm.**

**Área = 1.53 cm<sup>2</sup> = 0.235 pulgadas<sup>2</sup>.**

**d) Bomba.**

**Potencia = ½ Hp.**

**Presión máxima = 51 psi.**

**Caudal = 36 l/min.**



**Fotografía 4.5 Bomba**

#### **4.3.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Balanza de 0 a 25 kg.
- Termómetros de 0 a 100 °C.
- Manómetro de 0 100 psi.
- Analizador de acidez.

#### **4.3.5 NORMATIVAS DE USO**

	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág.:</b>
	Sistema de biorreacción		<b>Código:</b> LENC-0319
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba-Soria	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>
<p><b>1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b> <i>LENC-03G</i></p> <p><b>2. CODIGO DEL EQUIPO:</b> <i>LENC-03-E</i></p> <p><b>3. OPERACIÓN</b></p> <p>3.1 Limpiar la cubierta transparente de los colectores y revisar que todo esté bien conectado.</p> <p>3.2 Al iniciar la operación del equipo observar que la llave de paso de agua esté cerrada para que no haya circulación a los colectores y al biorreactor.</p> <p>3.3 Inspeccionar que el biorreactor esté totalmente libre de cualquier otra carga anterior y de agua en su interior destapando la brida de descarga y abriendo la llave de desfogue de agua situadas en la parte inferior del mismo.</p> <p>3.4 Observar que los colectores estén sin agua para lo cual abrir la llave de descarga.</p> <p>3.5 Destapar la brida superior y cargar el biorreactor con la mezcla ya determinada (materia orgánica y agua).</p> <p>3.6 Una vez cargado el biorreactor asegurarse que la brida este bien cerrada, al igual que las demás llaves de descarga de fluido.</p> <p>3.7 Abrir la llave de paso de agua para que fluya el líquido al biorreactor y a los colectores la bomba automáticamente se encenderá y realizará la circulación por todo el sistema.</p> <p>3.8 El tiempo de fermentación del sustrato es de 20 días, período en el cual debe hacerse un seguimiento de presiones y temperaturas del sistema.</p> <p>3.9 Una vez finalizado el período de fermentación descargar el gas y residuos orgánicos.</p> <p>3.10 Limpiar el equipo.</p>			

#### **4. PRECAUCIONES**

- 4.1 En la preparación de la mezcla estiércol - hierba se utilizarán guantes de plástico de un solo uso, que se desecharán después de cargar la mezcla en el biorreactor.
- 4.2 **Para los trabajos en los que sea previsible la insuficiencia del oxígeno u otra causa que pueda afectar a la respiración, se utilizarán los equipos de respiración autónoma con máscara.**
- 4.3 **Se debe utilizar gafas o pantallas de protección cuando exista riesgo de proyección de partículas sólidas o líquidas, producción de gases perjudiciales, deslumbramientos, radiaciones térmicas y/o ultravioletas o cualquier otra circunstancia peligrosa para la vista o el rostro.**
- 4.4 **El biogás es inflamable y produce asfixia (olor a huevo podrido) y cuando exista la posibilidad de tener biogás en la atmósfera de trabajo por la naturaleza de la propia operación o por fallo en la misma, se trabajará de acuerdo con las siguientes recomendaciones, se prohíbe acercarse con llama, producir chispas o fumar en las inmediaciones del área (personal propio o ajeno), se debe tener a mano un extintor.**
- 4.5 **No manipular objetos que puedan dañar las partes sensibles del equipo (colectores y biorreactor).**
- 4.6 **Durante la fermentación no abrir válvulas de desfogue del equipo.**

## **4.4 PANEL FOTOVOLTAICO**

### **4.4.1 DEFINICIÓN**

El panel fotovoltaico es un dispositivo que convierte la energía solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico el cual se produce cuando la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil.

Un panel fotovoltaico está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.

Una de las ventajas importantes de este equipo es que puede trabajar con radiación directa y difusa a diferencia de otros equipos solares que solo lo hacen con radiación directa.

### **4.4.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

El panel fotovoltaico cuya asociación de células de silicio policristalino da una potencia de 43 W consta de un sistema de rotación para hacer un seguimiento en un eje para ponerlos en forma perpendicular a los rayos solares y captar de mejor manera la radiación. Los valores máximos son: de corriente de 4,8 A y 18 V de circuito abierto, pero en el sector la media de obtención es de 3,4 a 3,6 A.



**Fotografía 4.6 Panel Fotovoltaico con rotación en un eje**

#### **4.4.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Células de silicio: Policristalino.

Potencia a 25 °C: 43 W.

Intensidad de cortocircuito: 3,68 A.

Voltaje en circuito abierto: 20 Volts DC.

Potencia máxima a 47 °C: 41,7 W.

Voltaje de operación a 47 °C: 12,8 V.

Intensidad de corriente a 47 °C: 3,26 A.

Irradiancia máxima: 1000 W/m<sup>2</sup>.

Área del panel: 0,3224 m<sup>2</sup>.

Calor cedido por convección y radiación al ambiente: 42 W.

#### **4.4.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Termómetro digital.
- Pistola láser de temperaturas de 0 a 900 °C.
- Cronómetro.
- Multímetro digital.

#### **4.4.5 NORMATIVAS DE USO**

	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág.:</b>
	Panel fotovoltaico con rotación en un eje		<b>Código:</b> LENC -0419
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> 0 <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba-Soria	<b>Fecha:</b>	

**1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:** *LENC-04G*

**2. CODIGO DEL EQUIPO:** *LENC-04-E*

### **3. OPERACIÓN**

3.1 Limpiar la superficie del panel.

3.2 Ubicar el equipo en lugares donde no se produzcan sombras.

3.3 Orientar el panel de acuerdo a la posición del sol haciéndolo girar en su eje.

3.4 Preparar los instrumentos de medición para las diferentes variables a medirse.

3.5 Finalizada la práctica guardar el equipo.

### **4. PRECAUCIONES**

4.1 Tener cuidado con el equipo.

No manipular objetos metálicos sobre la superficie del panel.

Usar protección visual y para la piel.

Hidratarse adecuadamente y usar ropa cómoda preferentemente algodón.

No descuidar el tiempo de toma de datos.

## 4.5 HORNO DE SECADO AL VACÍO

### 4.5.1 DEFINICIÓN

El secado es la separación de un líquido volátil, desde un material sólido, mediante la evaporación del líquido o la remoción de vapor. Usualmente se desplaza el agua desde un material higroscópico, pero también existe el proceso de evacuación de solventes tales como la acetona y el alcohol.

Con el secado al vacío, se conserva la calidad natural del producto como granos, frutas, maderas, legumbres, desechos vegetales, y otras especies, debido a que no se produce estrés mecánico ni sufre decoloración apreciable, se necesita menos aporte de energía térmica para calentar las cámaras, porque se deshidrata a baja temperatura.

Para la evacuación del agua desde el interior de los capilares hacia la periferia, hace falta la transferencia de calor que puede realizarse mediante los fenómenos de conducción y radiación.



**Fotografía 4.7 Horno de secado al vacío**

#### **4.5.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

Al hacer vacío, en el interior de la cámara se produce una depresión, el agua contenida en los materiales higroscópicos, se desplaza a mayor velocidad que en condiciones normales de presión, al suministrar calor se reduce aún más el tiempo de secado, desaparece la transferencia de calor por convección, y solo se transfiere energía térmica por conducción. La baja temperatura de secado reduce sustancialmente la carga térmica total, disminuyen los tiempos de proceso, mejora la calidad del producto, se minimizan las pérdidas de materia prima y de energía

Las pérdidas de calor se producen por las paredes de la cámara, en la fase de generación de vacío, por la evacuación del condensado, en la carga y descarga del producto.

La producción de vacío en el interior de las cámaras, se lo realiza con una bomba o con un venturi que utilice aire comprimido.

El fluido que sale mezclado con el agua condensada arrastra diversas sustancias propias de cada especie.

#### **4.5.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Cámara de secado: Tipo cilíndrico.

2 Válvulas para evacuación de condensado.

Tapa con sello de neopreno.

Sensor de temperatura.

Temperaturas de proceso: 38-60 °C.

Presión de vacío: 76-153 mmHg.

Tiempos de secado: 5 a 10 veces más rápido que cualquier método tradicional.

Criterio ambiental: Mínima emisión de contaminantes.

Transferencia de calor: Por conducción.

#### **4.5.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Termómetro de 0 a 100 °C.
- Balanza digital de 0 a 3000 gr.
- Cronómetro.
- Llaves para ajuste de tapa.
- Bandeja.
- Manómetros
- Cuchillo.
- Bomba de vacío de 0 a 3 CFM.

#### **4.5.5 NORMATIVAS DE USO**

 <p>ENERGIAS NO CONVENCIONALES</p> <p>FIME</p>	Horno de secado al vacío		<b>Código:</b> LENC -0519	
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales			<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba-Soria	<b>Fecha:</b>		

**1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA: LENC-5G**

**2. CODIGO DEL EQUIPO: LENC-05-E**

**3. OPERACIÓN**

- 3.1 Limpiar el interior de la cámara.
- 3.2 Abrir las válvulas de desfogue de condensado para eliminar residuos.
- 3.3 Conectar el horno a una fuente de energía de 110 V para su precalentamiento.
- 3.4 Una vez ingresado el producto a secar, sellar el horno con su tapa.
- 3.5 Conectar la bomba de vacío con sus manómetros a la toma ubicada en la tapa del horno.
- 3.6 Conectar la bomba a una fuente de energía de 110V.
- 3.7 Encender la bomba y verificar que las válvulas de absorción ubicadas en la bomba y en los manómetros estén abiertas.
- 3.8 Una vez alcanzada la presión de vacío requerida apagar la bomba y cerrar las válvulas anteriormente descritas.
- 3.9 Una vez secado el producto (tiempos ya establecidos) apagar el horno.
- 3.10 Desconectar la bomba de vacío a la toma del horno para que recupere la presión atmosférica.
- 3.11 Sacar el producto y limpiar el horno.

**4. PRECAUCIONES**

- 4.1 No sobrecargar la capacidad del horno.
- 4.5 Usar protección para las manos.
- 4.8 No tapar el ducto de salida de aire de la bomba.
- 4.8 Respetar las presiones de vacío requeridas.
- 4.8 No descuidar el tiempo de toma de datos.

**4.6 SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL**

#### **4.6.1 DEFINICIÓN**

Es un sistema de secado indirecto, con un colector que capta la energía solar en una forma más eficiente que la simple exposición del producto al sol calentando al aire que contiene y enviándolo a la cámara de secado por diferencia de densidades, el cual seca los productos para luego salir por la chimenea.



**Fotografía 4.8 Secador solar por convección natural**

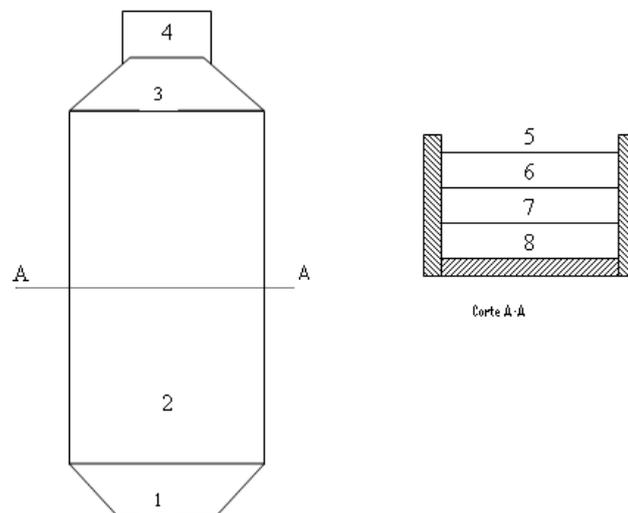
#### **4.6.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

En el secado solar por convección natural los rayos solares atraviesan las cubiertas transparentes del colector, incidiendo sobre la placa colectora, creando un gradiente de temperatura entre estos y el medio que los rodea, en el colector ocurre una transferencia de calor por convección natural entre el aire que se encuentra dentro de él y la placa caliente, con lo que se eleva la

temperatura del aire; este aire caliente disminuye su densidad, con lo que fluye hacia arriba, dejando un espacio que es ocupado por aire fresco que entra al colector. De esta forma se genera una circulación espontánea del aire, y la convección natural tiene lugar en forma continua a lo largo de todo el trayecto del aire dentro del colector, llegando a la cámara de secado, la cual tiene una chimenea para su salida.

#### 4.6.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Temperatura de secado: 25 a 35 °C.
- Capacidad cámara de secado: 5 kg



**Figura 4.6 Esquema colector plano**

- Colector plano
- 1. Ducto de entrada (plenum) 0.9 x 0.12 x 0.13 m.
- 2. Colector solar (Tol de 1 mm) 1 x 2 x 0.11 m.
- 3. Tobera o colector de aire 0.9 x 0.30 x 0.09 m
- 4. Ducto de secado 0.11 x 0.11 x 0.18 m.
- 5. Cubierta vidrio templado de 4 líneas 1 x 2 m.
- 6. Placa observadora. Tol pintado de negro mate.
- 7. Placa posterior del ducto de calentamiento.
- 8. Aislamiento térmico (Lana de vidrio).
- Horno

Material: acero inoxidable

1. Bandejas de 0.3 x 0.4 x 0.04 m. Incluye malla
2. Chimenea 0.2 x 0.4 x 0.02 m.
3. Cubierta transparente 0.4 x 0.5m. Vidrio templado.

- Estructura soporte

Para colector y horno.

Tubo cuadrado de 1".

#### **4.6.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Termómetro digital.
- Termocuplas 0 a 100 °C.
- Balanza 0- 3000 gr.
- Cronómetro.
- Panel Fotovoltaico de 43 W.
- Multímetro.
- Pistola láser de temperaturas 0 a 900 °C.

#### **4.6.5 NORMATIVAS DE USO**

	Secador solar por convección natural		<b>Código:</b> LENC -06I9
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba-Soria	<b>Fecha:</b>	<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>

1. **DOCUMENTOS DE REFERENCIA:** *LENC-06G*
2. **CODIGO DEL EQUIPO:** *LENC-06-E*
3. **OPERACIÓN**
  - 3.1 Limpiar el interior de la cámara de secado y cubierta vidrio en el colector.
  - 3.2 Quitar cualquier residuo de las bandejas de secado.
  - 3.3 Colocar equipos e instrumentos de medición en sus sitios.
  - 3.4 Colocar bandejas con el producto en la cámara de secado.
  - 3.5 Una vez terminada la práctica sacar el producto y guardar equipos e instrumentos.
4. **PRECAUCIONES**
  - 4.1 No sobrecargar la capacidad de la cámara de secado.
  - 4.2 Manipular con cuidado el equipo y los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.
  - 4.3 Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.
  - 4.4 No descuidar el tiempo de toma de datos.
  - 4.5 Hidratarse adecuadamente y usar ropa cómoda preferentemente algodón.
  - 4.7 No tapar el ducto de salida de aire de la cámara de secado.

## **4.7 CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO**

### **4.7.1 DEFINICIÓN**

Los concentradores solares son dispositivos con los cuales se logra gran cantidad de radiación concentrada sobre un absorbedor, suficiente para lograr temperaturas sobre los 200 °C e incluso hasta los 3800 °C.



**Fotografía 4.9 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico**

### **4.7.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

El concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico trabaja en ciclo cerrado en el cual el fluido de trabajo es aceite térmico, este circula desde el tanque de alimentación colocado a una altura de 2.5 m, baja por la tubería de alimentación para entrar al primer absorbedor, al momento que pasa por el su interior el fluido se calienta debido a la concentración de radiación de igual forma ocurre cuando pasa por el absorbedor intermedio y final.

Al salir el fluido de trabajo del tercer concentrador éste se encuentra a una temperatura mayor a la inicial, aproximadamente 160 °C, y se traslada mediante el sistema de tubería conectado a la cocina y el tanque calentador, el fluido de trabajo al momento de fluir por el arreglo de tubos de cobre al interior

de la cocina cede calor a los alimentos, aumentando su temperatura y disminuyendo la del fluido de proceso.

Cuando sale el fluido de la cocina entra al serpentín del tanque calentador cediendo calor al agua que se encuentra dentro del mismo, aumentando su temperatura y disminuyendo aún más su temperatura. El fluido que sale del serpentín del tanque calentador se traslada hacia la bomba enviándolo al tanque alimentador y así se cierra el ciclo para empezar de nuevo el proceso.

En la tubería de alimentación se encuentra una válvula de compuerta de 1" para permitir o cerrar el paso del fluido y un termómetro de carátula para poder censar la temperatura inicial a la que el fluido entra a los absorbedores, también hay un termómetro a la salida del concentrador final en la tubería de conexión al módulo de calentamiento para censar la temperatura del fluido a la salida del concentrador. A la salida del tanque calentador se encuentra una llave de globo que permite regular el flujo.

#### **4.7.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Caudal másico del fluido de trabajo: 12 kg/h.
- Masa de los alimentos a cocinar: 1 kg.
- Volumen del fluido a calentar: 10 GAL.
- Reflejancia: 0.95
- Materiales:
  1. Tanque alimentador: Acero inoxidable SA – 301.
  2. Tanque calentador: Acero inoxidable SA – 301.
  3. Cocina: Acero inoxidable SA – 301.
  4. Bandeja de cocción: Acero inoxidable SA – 301.
  5. Tipo de aislante: Lana de vidrio amarilla con película de aluminio de 1".  
Conductividad térmica: 0.032 W/m°C.
  6. Tubo absorbedor: Cobre tipo K de 1".
  7. Intercambiador de calor de la cocina: Cobre tipo L de 1".
  8. Intercambiador de calor del tanque calentador: Cobre flexible de ½".
  9. Película reflectante: Película aluminizada "Dark Sylver".
  10. Concentradores: Fibra de vidrio.

11. Módulos de soporte: Tubo cuadrado Acero A36 de 25 x 25 x 2 mm.
12. Soporte concentradores: Tubo redondo de acero A36 de 3”.
13. Soporte ductos aislados: Tubo redondo de aluminio de 2 mm espesor.
14. Cubierta tubo absorbedor: Tubo de vidrio de 2 “.
15. Eje de acero de transmisión de 1”.
  - Parámetros dimensionales.

1. Boca de la parábola: 1.2 m.
2. Ancho de la cocina: 0.5 m.
3. Capacidad del tanque alimentador: 15 GAL.
4. Capacidad del tanque calentador: 10 GAL.
5. Diámetro del intercambiador de calor del tanque calentador: ½”.

#### **4.7.4 EQUIPOS AUXILIARES**

- Termómetro digital 0 a 100 °C.
- Termocupla de 0 a 300 °C.
- Balanza de 0 a 3000 gr.
- Cronómetro.
- Panel Fotovoltaico de 43 W.
- Multímetro.
- Pistola láser para medir temperaturas.

#### **4.7.5 NORMATIVAS DE USO**

	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág.:</b>
	Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico		<b>Código:</b> LENC -0719
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba-Soria	<b>Fecha:</b>	
<p><b>1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b> <i>LENC-07G</i></p> <p><b>2. CODIGO DEL EQUIPO:</b> <i>LENC-07-E</i></p> <p><b>3. OPERACIÓN</b></p> <p>3.1 Limpiar cuidadosamente la superficie reflectiva de los concentradores evitando producir rayaduras.</p> <p>3.2 Limpiar y quitar cualquier residuo de la bandeja de cocción.</p> <p>3.3 Orientar los concentradores observando que los rayos reflejados incidan en el tubo absorbedor.</p> <p>3.4 Colocar el producto a cocinar en la bandeja de cocción.</p> <p>3.5 Abrir la válvula de compuerta para permitir el paso del fluido de trabajo.</p> <p>3.6 Abrir la válvula check hasta la marca indicada la cual permite regular el caudal.</p> <p>3.7 Encender la bomba para hacer recircular el fluido.</p> <p>3.8 Seguir orientando los concentradores de acuerdo a las posiciones del sol cada 15 o 30 min.</p> <p>3.9 Una vez terminada la práctica sacar el producto y guardar equipos e instrumentos.</p> <p><b>4. PRECAUCIONES</b></p> <p>4.1 No sobrecargar la capacidad de la cocina (1 Kg).</p> <p>4.2 Manipular con cuidado el equipo y los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.</p> <p>4.3 Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.</p> <p>4.4 No descuidar el tiempo de toma de datos.</p> <p>4.5 Hidratarse adecuadamente y usar ropa cómoda preferentemente algodón.</p> <p>4.6 No topar con las manos desnudas las partes calientes como cocina, tubos,</p>			

tubos absorbedores.

- 4.7 Tener cuidado con el tubo que rodea al absorbedor ya que es de vidrio y por lo tanto frágil.
- 4.8 No quitar los termómetros de carátula que se derrama el fluido.
- 4.9 Tener siempre orientado correctamente el concentrador.

## CAPÍTULO 4

### MAQUINARIAS, EQUIPOS Y NORMATIVAS PARA SU USO

4.1 BRIQUETADORA	81
4.1.1 DEFINICIÓN	81
4.1.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	82
4.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	82
4.1.4 EQUIPOS AUXILIARES	84
4.1.5 NORMATIVAS DE USO	84
4.2 COCINA SOLAR	86
4.2.1 DEFINICIÓN	86
4.2.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	86
4.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	87
4.2.4 EQUIPOS AUXILIARES	87
4.2.5 NORMATIVAS DE USO	88
4.3 SISTEMA DE BIORREACCIÓN PARA OBTENER GAS Y ABONO ORGÁNICO	90
4.3.1 DEFINICIÓN	90
4.3.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	90
4.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	91
4.3.4 EQUIPOS AUXILIARES	94
4.3.5 NORMATIVAS DE USO	94
4.4 PANEL FOTOVOLTAICO	97
4.4.1 DEFINICIÓN	97
4.4.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	97
4.4.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	98
4.4.4 EQUIPOS AUXILIARES	98
4.4.5 NORMATIVAS DE USO	98
4.5 HORNO DE SECADO AL VACÍO	100
4.5.1 DEFINICIÓN	100
4.5.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	101
4.5.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	101
4.5.4 EQUIPOS AUXILIARES	102
4.5.5 NORMATIVAS DE USO	102

<b>4.6 SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL</b>	<b>104</b>
4.6.1 DEFINICIÓN	104
4.6.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	104
4.6.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	105
4.6.4 EQUIPOS AUXILIARES	106
4.6.5 NORMATIVAS DE USO	106
<b>4.7 CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO</b>	<b>108</b>
4.7.1 DEFINICIÓN	108
4.7.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	108
4.7.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	109
4.7.4 EQUIPOS AUXILIARES	110
<b>FIGURA 4.1 BRIQUETADORA</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 4.2 BASE SOPORTE</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 4.3 TORNILLO EXTRUSOR</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 4.4 BARRIL</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 4.5 TOLVA</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 4.6 ESQUEMA COLECTOR PLANO</b>	<b>105</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.1 COCINA SOLAR</b>	<b>86</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.2 SISTEMA DE BIORREACCIÓN</b>	<b>90</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.3 BIORREACTOR</b>	<b>92</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.4 COLECTORES PLANOS</b>	<b>93</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.5 BOMBA</b>	<b>94</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.6 PANEL FOTOVOLTAICO CON ROTACIÓN EN UN EJE</b>	<b>98</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.7 HORNO DE SECADO AL VACÍO</b>	<b>100</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.8 SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL</b>	<b>104</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.9 CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO</b>	<b>108</b>

## **CAPITULO 5**

### **ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO**

En el presente capítulo se ha realizado la elaboración de guías de laboratorio que servirán para recolectar datos con los cuales se hacen cálculos para determinar variables de funcionamiento cada uno de los equipos propuestos.

En la elaboración de las guías se tomó en cuenta aspectos que permita al alumno proceder correctamente al momento de experimentar con los equipos según las normas ver anexo C estos son:

- Tema.
- Objetivo.
- Marco teórico.
- Componentes del equipo.
- Instrumentación y equipos.
- Procedimiento.
- Seguridad operativa.
- Tabulación de datos.
- Cálculos a realizar.
- Análisis de resultados.
- Preguntas
- Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía.

	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 6	
	Briquetadora de combustible sólido vegetal		<b>Código:</b> LENC-01G	
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales			<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>		

1. **TEMA:** Elaboración de briquetas de combustible sólido vegetal.

2. **OBJETIVO:** Calcular el poder calórico de la briqueta.

### 3. MARCO TEORICO

La briquetadora es un equipo utilizado para la elaboración de briquetas de cascarilla de arroz que sirven como combustible para diferentes aplicaciones cuya característica es su alta densidad y potencia calorífica. Su principio de funcionamiento consiste en la molienda, mezcla y compactación del material el cual debe estar mezclado con algún tipo de aglutinante (melaza) que garantizará que el producto no se deshaga para finalmente ser cortado por gravedad para obtener la briqueta con las dimensiones establecidas en el diseño de la máquina.

### 4. COMPONENTES DEL EQUIPO

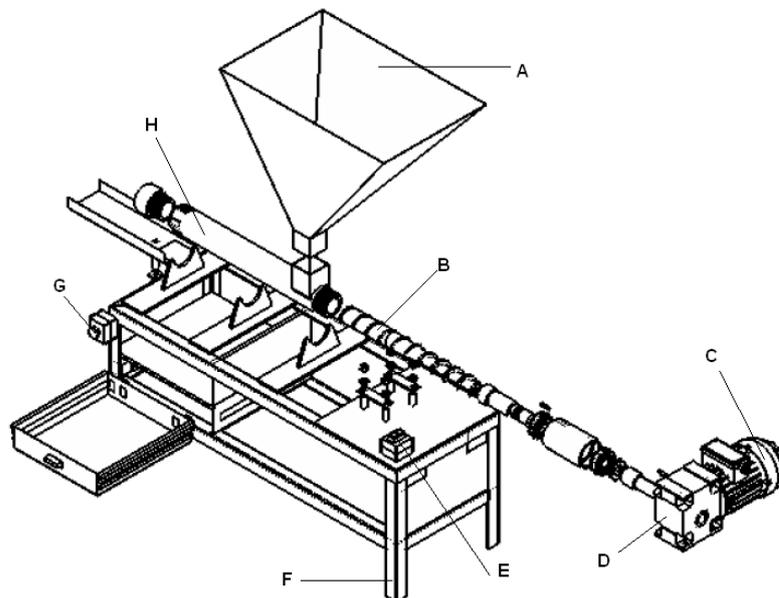


Figura 5.1 Briquetadora

#### DENOMINACIÓN

A: Tolva de carga.

B: Tornillo extrusor.

C: Motor.

D: Motorreductor.

E: Botón On/Off.

F: Mesa soporte.

G: Para de emergencia.

H: Tambor.

## **5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS**

- Balanza: 0-3000 g
- Recipiente para mezcla.
- Guantes de caucho.
- Gafas transparentes.
- Mascarilla.
- Bandeja.
- Bomba calorimétrica. Laboratorio de termodinámica.
- Termómetro: -10 a 27 °C.

## **6. PROCEDIMIENTO**

- Adquirir la materia prima las cuales son cascarilla de arroz (la misma que debe estar bien seca para posteriormente molerla con un tamaño de grano similar a la harina) y la melaza como aglutinante.
- Pesar la cascarilla y melaza y establecer la mejor relación de porcentaje en peso para obtener una buena mezcla.
- Colocar en un recipiente los productos ya mencionados y con la ayuda de la mascarilla, gafas y guantes de caucho mezclarlos hasta obtener una masa homogénea.
- Encender la briquetadora y colocar en la tolva la mezcla pero en cantidades discretas y continuas debido a su densidad.
- Colocar la bandeja al final del tambor para poder recoger la mezcla no compactada y posteriormente las briquetas.
- El sistema de corte es por gravedad por tanto una vez obtenido un

tamaño considerable de briqueta se la debe cortar.

- Una vez terminado el uso de la briquetadora limpiarla debido al aglomerante que es viscoso.
- Pesar la briqueta húmeda.
- Dejar secar la briqueta por un tiempo de 2-3 días al sol.
- Nuevamente pesar la briqueta ya seca.
- En la bomba calorimétrica determinar el poder calórico de la muestra (laboratorio de termodinámica).

## **7. SEGURIDAD OPERATIVA**

- Usar la ropa de trabajo y demás protectores.
- La cascarilla de arroz debe estar seca para poder realizar una correcta molienda.
- Manipular con cuidado los diferentes instrumentos y equipos de medición especialmente los frágiles (balanza, termómetro y bomba calorimétrica).
- Usar los guantes, mascarilla y gafas para el mezclado debido a que la cascarilla al estar molida es muy volátil y puede causar daños a conductos respiratorios.
- No manipular de manera irresponsable la máquina briquetadora debido a que el tornillo sin fin puede causar graves lesiones al operario asimismo no introducir otros materiales que puedan dañar a la máquina.
- Terminado el uso de la máquina dejarla encendida por unos minutos para que salga la materia que todavía se encuentra en su interior y posteriormente limpiarla.
- No descuidar el tiempo de toma de datos.
- No olvidar las mediciones de las variables consideradas expuestas en la tabla.
- Al momento de usar la bomba calorimétrica pedir asesoramiento al laboratorista de termodinámica para evitar daños al operario y equipo.

## **8. TABULACIÓN DE DATOS**

**Tabla 5.1 Datos Briquetadora**

<b>Mezcla</b>		
	(%)	Peso(gr)
Cascarilla		
Melaza		
<b>Peso Briqueta</b>		
Peso inicial (gr)		
Peso final (gr)		
<b>Bomba Calorimétrica</b>		
	<b>Ácido Benzoico</b>	
Temp. Inicial (°C)		
Temp. Final (°C)		
	<b>Cascarilla</b>	
Temp. Inicial (°C)		
Temp. Final (°C)		
	<b>Melaza</b>	
Temp. Inicial (°C)		
Temp. Final (°C)		

## 9. CALCULOS

VARIABLES A DETERMINAR:

- Humedad de la briqueta.

$$H = \frac{P_o - P_f}{P_o} * 100 \quad (5.1)$$

Donde:

P<sub>o</sub>: Peso inicial de la Briqueta (gr).

P<sub>f</sub>: Peso final de la Briqueta (gr).

H: Humedad de la briqueta (%).

- Energía liberada del ácido benzoico.

$$Ea = Vc * \text{Peso}_{\text{ácido}} \quad (5.2)$$

Donde:

Vc: Poder calórico del ácido (J/gr).

Ea: Energía liberada por el ácido (J).

- Capacidad Calorífica total del aparato.

$$Ccta = \frac{Ea}{\Delta Ta} \quad (5.3)$$

Donde:

$\Delta Ta$ : Diferencia de temperaturas del ácido benzoico (°C).

Ccta: Capacidad Calorífica total del aparato (J/°C).

- Energía total liberada por la melaza y la cascarilla.

$$Et(c/m) = Ccta * \Delta T(c/m) \quad (5.4)$$

$$PCS(c/m) = \frac{Et(c/m)}{W(c/m)} \quad (5.5)$$

Donde:

Et(c/m): Energía total liberada por la cascarilla o melaza (J).

$\Delta T(c/m)$ : Diferencias de temperaturas de la cascarilla o melaza (°C).

PCS(c/m): Poder calórico de la cascarilla o melaza (J/gr).

W(c/m): Peso de la cascarilla o melaza (gr).

- Poder calórico superior de la briqueta:

$$PCSbr = c * PCSc + m * PCSm \quad (5.6)$$

Donde:

c y m: Fracción en un tanto por uno de la cascarilla y melaza respectivamente.  
PCSbr: Poder calorífico superior de la briqueta (J/gr).

## **10. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- Comparar el poder calórico de la briqueta con otros combustibles y describir aplicaciones de las briquetas.

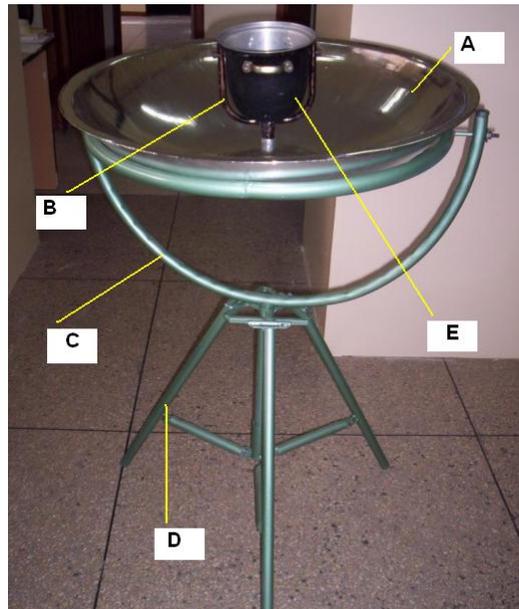
## **11. PREGUNTAS**

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **13. BIBLIOGRAFÍA**

	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 7
	Concentrador solar de tipo parabólico esférico		<b>Código:</b> LENC-02G
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>
<p>1. <b>TEMA:</b> Aplicación de la energía solar térmica de media temperatura.</p> <p>2. <b>OBJETIVO:</b> Determinar las características energéticas y tiempos de cocción de varios productos en la cocina solar de 200 W.</p> <p>3. <b>MARCO TEORICO</b></p> <p>La cocina solar es un dispositivo portátil de forma parabólica esférica cuyo objetivo es captar radiación directa (longitud de onda corta) para convertirla en radiación de onda larga es decir radiación infrarroja que puede ser utilizado para cocción de alimentos en el campo evitando de esta manera la deforestación, se usa también para el calentamiento de agua y el esterilizado de implementos quirúrgicos.</p> <p>La cocina solar consta de una base soporte elaborada de tubo de aluminio redondo y un plato parabólico esférico recubierto de cinta para polarizar vidrio que refleja de mejor manera los rayos solares, dentro del plato se coloca una base para colocar los diferentes recipientes a utilizarse.</p> <p>El diseño de la cocina solar permite que los rayos solares incidentes converjan en un solo punto llamado foco. De acuerdo a las necesidades de cocción los recipientes deben tener un recubrimiento negro mate para mejorar la absorción de la radiación reflejada. Los tiempos de cocción dependen del tipo de alimentos, la radiación y las características del recipiente en que se colocan los alimentos.</p>			

#### 4. COMPONENTES DEL EQUIPO



Fotografía 5.1 Cocina solar portátil

#### DENOMINACIÓN

- A: Plato reflector.
- B: Soporte de recipiente de cocción.
- C: Base giratoria.
- D: Base fija.
- E: Recipiente de cocción.

#### 5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS

- Recipientes de cocción.
- Panel fotovoltaico: 43 W.
- Termómetro: 0-100 °C
- Termómetro digital: 0-100°C.
- Anemómetro.
- Balanza: 0-3000 g.
- Cronómetro.
- Pistola láser de temperaturas: 0-900 °C.
- Multímetro digital.

## **6. PROCEDIMIENTO**

- Limpiar cuidadosamente la superficie reflectiva del concentrador.
- Disponer del equipo e instrumentos de medición para las diferentes variables a medirse.
- Preparar los productos acorde a la práctica a realizarse.
- Medir masa o volumen de los productos al inicio de la práctica.
- Con el termómetro de mercurio medir temperatura del producto cada 5 minutos.
- Con el termómetro digital determinar la temperatura ambiente cada 5 minutos.
- Medir cada 5 minutos la temperatura del recipiente y del reflector con la pistola láser en el foco y un barrido de la superficie reflectiva respectivamente.
- Con el anemómetro medir la velocidad del viento cada 5 minutos.
- La radiación solar se medirá con el panel fotovoltaico en el cual se determinará la intensidad de corriente con el multímetro y mediante una regla de tres se determinará su valor con el dato especificado en el panel. También se realizará en períodos de 5 minutos.
- Tomar el tiempo total de cocción del producto.
- Analizar resultados.
- En el caso del agua determinar su volumen evaporado determinando su masa al final de la práctica.

## **7. SEGURIDAD OPERATIVA**

- Manipular con cuidado los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.
- Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.
- No tocar con las manos la superficie reflectiva del concentrador.
- Usar guantes al momento de manipular los recipientes de cocción.
- Hidratarse y usar ropa cómoda (algodón).

- No descuidar el tiempo de toma de datos.
- Comenzar la prueba en una hora oportuna cuando las condiciones climáticas son favorables debido que para la realización de la práctica se necesita radiación solar directa.
- Orientar el plato parabólico en dirección perpendicular a los rayos solares.

## 8. TABULACIÓN DE DATOS

**Tabla 5.2 Datos cocina solar**

<b>PRODUCTO:</b>								
<b>Masa (gr.):</b>	<b>Volumen (lt):</b>	Fecha:						
		Tiempo de inicio:						
		Tiempo de finalización:						
Mediciones	Tiempo	Intensidad	Voltaje	T. Cocina	T. Producto	T. Recipiente	T. ambiente	Velocidad Viento
#	(mín.)	(A)	(V)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(m/s)
1	0							
2	5							
3	10							
4	15							
5	20							
6	25							
7	30							
8	35							
9	40							
10	45							
n	n							

## 9. CALCULOS

Variables a determinar:

- Eficiencia óptica del concentrador.

$$\eta_o = \rho_R * \tau * \alpha * \lambda * F * f_t \quad (5.7)$$

Donde:

$\eta_o$ : Eficiencia óptica del concentrador.

$\rho_R$ : Reflejancia del espejo.

$\tau$ : Transmitancia del envoltente del absorbedor.

$\alpha$ : Absortancia del absorbedor.

$\gamma$ : Factor de forma que depende de los errores en la pendiente del espejo y de la dispersión que sufre la radiación solar directa incidente.

F: Error de seguimiento del concentrador.

$f_t$ : Fracción de apertura no sombreada por soportes y absorbedor.

- Calor absorbido por el recipiente.

$$q_{abs} = A_a * Ir * \eta_o \quad (5.8)$$

Donde:

$q_{abs}$ : Calor absorbido por el recipiente (W).

$A_a$ : Área de apertura del concentrador ( $m^2$ ).

$Ir$ : Irradiación directa.

- Calor perdido por el absorbedor (recipiente de cocción).

$$q_p = U_c.(T_c - T_a).A_\gamma \quad (5.9)$$

Donde:

$q_p$ : Calor perdido por el absorbedor (W).

$U_c$ : Coeficiente global de transferencia de calor ( $W/m^2.\text{°C}$ )

$T_c$ : Temperatura del absorbedor ( $\text{°C}$ ).

$T_a$ : Temperatura ambiente ( $\text{°C}$ ).

$A_\gamma$ : Área del absorbedor ( $m^2$ ).

- Calor Útil.

$$q_u = q_{abs} - q_p \quad (5.10)$$

Donde:

$q_u$ : Calor útil (W).

- Eficiencia instantánea del concentrador.

$$\eta_c = \frac{q_u}{A_a * I_r} * 100 \quad (5.11)$$

Donde:

$\eta_c$ : Eficiencia instantánea del concentrador (%).

- Potencia de cocción del concentrador.

$$P_c = \frac{C_p * m * (T_{i+1} - T_i)}{\Delta t} \quad (5.12)$$

Donde:

$P_c$ : Potencia de cocción (W).

$C_p$ : Capacidad calorífica del producto (agua) (J/Kg.°C)

$\Delta t$ : Intervalo de tiempo entre una y otra toma de datos (seg.)

$T_{i+1}$ : Temperatura al tiempo que se desea obtener la potencia de cocción (°C).

$T_i$ : Temperatura al tiempo anterior que se desea obtener la potencia de cocción (°C).

$m$ : Masa del producto (Kg).

- Potencia de cocción estándar.

La potencia de cocción para cada intervalo debe corregirse por una irradiación estándar de 700 [W/m<sup>2</sup>], multiplicando la potencia de cocción observada por 700 [W/m<sup>2</sup>] y dividiendo por el promedio de irradiación registrada durante el intervalo correspondiente. La razón es facilitar la comparación de resultados para diferentes localidades y fechas.

$$P_{ca} = \frac{P_c * 700}{\frac{I_r}{2}} \quad (5.13)$$

Donde:

Pca: Potencia de cocción estándar (W).

## **10. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- Graficar la potencia de cocción en función de la diferencia de temperatura entre el producto y recipiente de cocción para cada intervalo.
- Graficar la relación entre la potencia de cocción y la diferencia de temperatura entre el agua y el ambiente.
- Graficar la relación entre la eficiencia de la cocina y el calor útil.
- Analizar los tiempos de cocción de diferentes productos con técnicas de cocción tradicional.

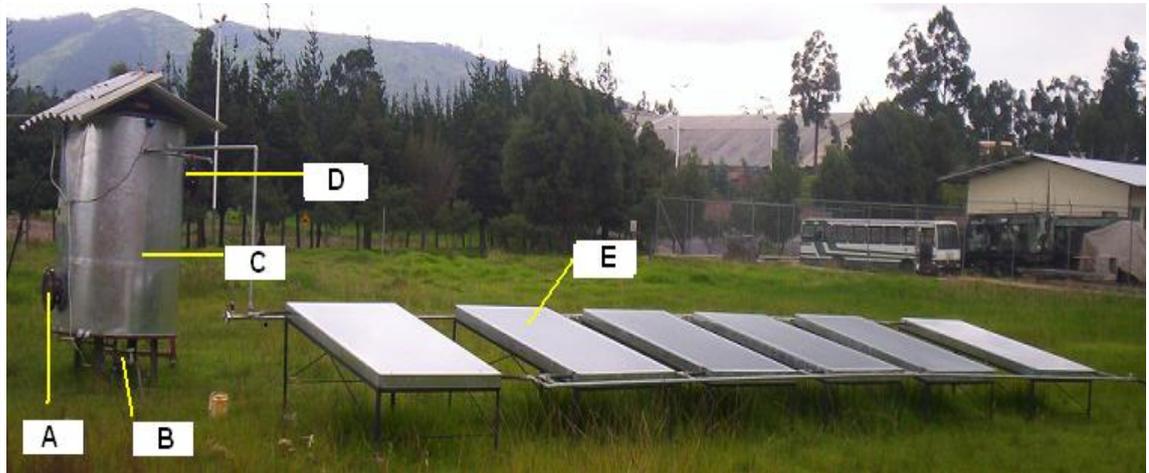
## **11. PREGUNTAS**

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **13. BIBLIOGRAFÍA**

	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 4
	Biorreactor		<b>Código:</b> LENC-03G9
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	
<p><b>1. TEMA:</b> Planta de obtención de biogás y abono orgánico líquido.</p> <p><b>2. OBJETIVO:</b> Obtener biogás a partir de diferentes cargas de materia orgánica.</p> <p><b>3. MARCO TEORICO</b></p> <p>Un biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, un biorreactor es un recipiente en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aeróbico o anaeróbico. Los biorreactores son comúnmente cilíndricos, variando en tamaño desde y son usualmente fabricados de acero inoxidable. Está constituido por un recipiente de alta presión que está envuelto por una camisa por la que circulará agua caliente que proviene de colectores solares y que transfiere calor al sustrato obteniéndose así la temperatura que se necesita para su degradación.</p>			

#### 4. COMPONENTES DEL EQUIPO



Fotografía 5.2 Biorreactor

#### DENOMINACIÓN

- A: Brida de descarga.
- B: Bomba.
- C: Biorreactor.
- D: Brida de descarga.
- E: Colectores solares.

#### 5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS

- Balanza: 0-25 Kg.
- Termómetros: 0 a 100 °C.
- Manómetros para gas: 0 a 100 psi.
- Manómetros para líquidos: 0 a 100 psi.
- Bomba: ½ Hp y 36 l/min.
- Colectores solares planos.
- Analizador de acidez (PH).

#### 6. PROCEDIMIENTO

- Adquirir la materia prima (materia orgánica).
- Limpiar la cubierta transparente de los colectores y revisar que todo esté

conectado de forma adecuada.

- Al iniciar la operación del equipo observar que la llave de paso de agua esté cerrada para que no haya circulación a los colectores y al biorreactor.
- Inspeccionar que el biorreactor esté totalmente libre de cualquier otra carga anterior y de agua en su interior destapando la brida de descarga y abriendo la llave de desfogue de agua situadas en la parte inferior del mismo.
- Observar que los colectores estén sin agua abriendo la llave de descarga.
- Destapar la brida superior y cargar el biorreactor con la mezcla ya determinada (materia orgánica y agua).
- Una vez cargado el biorreactor asegurarse que la brida este bien cerrada, al igual que las demás llaves de descarga de fluido.
- Abrir la llave de paso de agua para que fluya el líquido al biorreactor y a los colectores la bomba automáticamente se encenderá y realizará la circulación por todo el sistema.
- El tiempo de fermentación del sustrato es de 20 días, período en el cual debe hacerse un seguimiento diario de presiones y temperaturas del sistema.
- Una vez finalizado el período de fermentación descargar el gas y residuos orgánicos.
- Limpiar el equipo.

## **7. SEGURIDAD OPERATIVA**

- En la preparación de la mezcla estiércol -hierba se utilizarán guantes de plástico de un solo uso, que se desecharán después de cargar la mezcla en el biorreactor.
- Se utilizarán gafas o pantallas de protección cuando exista riesgo de proyección de partículas sólidas o líquidas, producción de gases perjudiciales, deslumbramientos, radiaciones térmicas y/o ultravioletas o cualquier otra circunstancia peligrosa para la vista o el rostro.
- El biogás es inflamable y asfixiante (olor a huevo podrido) y cuando exista la posibilidad de tener biogás en la atmósfera de trabajo por la naturaleza

de la propia operación o por fallo en la misma, se trabajará de acuerdo con las siguientes recomendaciones, se prohíbe acercarse con llama, producir chispas o fumar en las inmediaciones del área (personal propio o ajeno), se debe tener a mano un extintor.

- No manipular objetos que puedan dañar las partes sensibles del equipo (colectores y biorreactor).
- Durante la fermentación no abrir válvulas de desfogue del equipo.

## 8. TABULACIÓN DE DATOS

**Tabla 5.3 Datos biorreactor**

Fecha	Hora	T. Sustrato	P.Biogás	P.Camis	T. Ingreso	T. Salida	P. Colectores
					Colectores	Colectores	
dd/mm/a	hora	°C	PSI	PSI	°C	°C	PSI

## 9. CALCULOS

Determine el peso de la mezcla que sea el correcto.

Nota: Al momento se esta optimizando el funcionamiento del biorreactor por lo que será necesario determinar la relación C/N y la acidez.

## 10. ANALISIS DE RESULTADOS

- Observar el cambio de presiones del biogás de acuerdo al incremento de la temperatura.
- Hacer las pruebas de llama con el biogás.

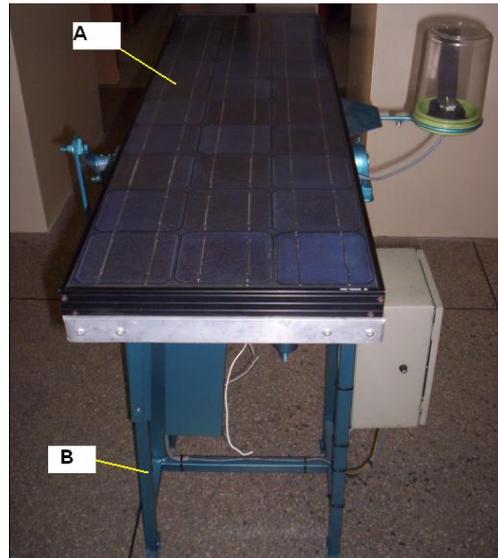
## 11. PREGUNTAS

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 13. BIBLIOGRAFÍA

	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 5
	Panel Fotovoltaico		<b>Código:</b> LENC-04G
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	
<p><b>1. TEMA:</b> Valoración de la irradiación solar local mediante el uso del panel fotovoltaico de 43 W.</p> <p><b>2. OBJETIVO:</b> Determinar las características energéticas del panel fotovoltaico de 43 W.</p> <p><b>3. MARCO TEORICO</b></p> <p>El panel fotovoltaico es un dispositivo que convierte la energía solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico el cual se produce cuando la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del voltaje o de potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil.</p> <p>El panel esta constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre si, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.</p>			

#### 4. COMPONENTES DEL EQUIPO



Fotografía 5.3 Panel fotovoltaico

#### DENOMINACIÓN

A: Panel.

B: Base.

#### 5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS

- Cronómetro.
- Pistola láser de temperaturas: 0-900°C.
- Multímetro digital.

#### 6. PROCEDIMIENTO

- Limpiar cuidadosamente la superficie del panel fotovoltaico.
- Disponer del equipo e instrumentos de medición para las diferentes variables a medirse.
- Comenzar la práctica de mañana recomendable 10 a.m.
- Orientar el panel de acuerdo a la posición del sol, puede ser cada 30 minutos.
- Medir voltaje, intensidad de corriente, temperatura ambiente cada 5 minutos utilizando el multímetro y termómetro digital.
- Medir temperatura de operación del panel para lo cual tomar cuatro medidas tres en la parte superior y una en la posterior estas mediciones se hacen cada 5 minutos.

- La radiación solar se medirá con el mismo panel fotovoltaico en el cual se determinará la intensidad de corriente con el multímetro y mediante una regla de tres se determinará su valor con el dato especificado en el panel. También se hará en períodos de 5 minutos.
- Tomar el tiempo total de la práctica.
- Analizar resultados.

## 7. SEGURIDAD OPERATIVA

- Manipular con cuidado los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.
- Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.
- No tocar con las manos la superficie del panel.
- No descuidar el tiempo de toma de datos.
- Comenzar la prueba en una hora oportuna cuando las condiciones climáticas sean favorables debido que hay cambios bruscos en el clima del sector.
- No descuidar la orientación del panel.
- No manipular objetos metálicos u otros que puedan dañar el panel.

## 8. TABULACION DE DATOS

**Tabla 5.4 Datos panel fotovoltaico**

Fecha:									D: Directa		
Tiempo de inicio:		Temperatura en el panel							d: difusa		
Tiempo de finalización:		Superior			T inferior		T. ambiente				
Mediciones	Tiempo	Intensidad	Voltaje	T1	T2	T3	T inferior	T. ambiente	Tipo de radiación	Hora	
#	(mín.)	(A)	(V)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)			
1	0										
2	5										
3	10										
4	15										
5	20										
6	25										
7	30										
8	35										
9	40										
10	45										
11	50										
n	n										

## 9. CALCULOS

VARIABLES A DETERMINAR:

- Irradiancia.

$$I_r = \frac{I \cdot I_{r_{cnp}}}{I_{cc}} \quad (5.14)$$

Donde:

$I_r$ : Irradiancia ( $W/m^2$ ).

$I$ : Intensidad de corriente (A).

$I_{r_{cnp}}$ : Irradiancia en condiciones normales de operación ( $W/m^2$ ).

$I_{cc}$ : Intensidad de corto circuito (A).

- Temperatura de operación del panel.

$$T_{op} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \quad (5.15)$$

Donde:

$T_{op}$ : Temperatura de operación ( $^{\circ}C$ ).

$T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$ : Temperaturas medidas en la parte superior del panel ( $^{\circ}C$ ).

- Eficiencia nominal del panel.

$$\eta_{cnp} = \frac{W_p}{A \cdot I_{r_{cnp}}} \quad (5.16)$$

Donde:

$\eta_{cnp}$ : eficiencia nominal del panel (%).

$W_p$ : Potencia pico del panel (W).

$A$ : Área del panel ( $m^2$ ).

- Eficiencia del panel.

$$\eta = \eta_{cnp} * [1 - 0.003 * (T_{op} - T_{cnp})] \quad (5.17)$$

Donde:

$\eta$ : Eficiencia del panel (%).

$T_{cnp}$ : Temperatura del panel en condiciones normales de operación ( $^{\circ}\text{C}$ ).

## **10. ANALISIS DE RESULTADOS**

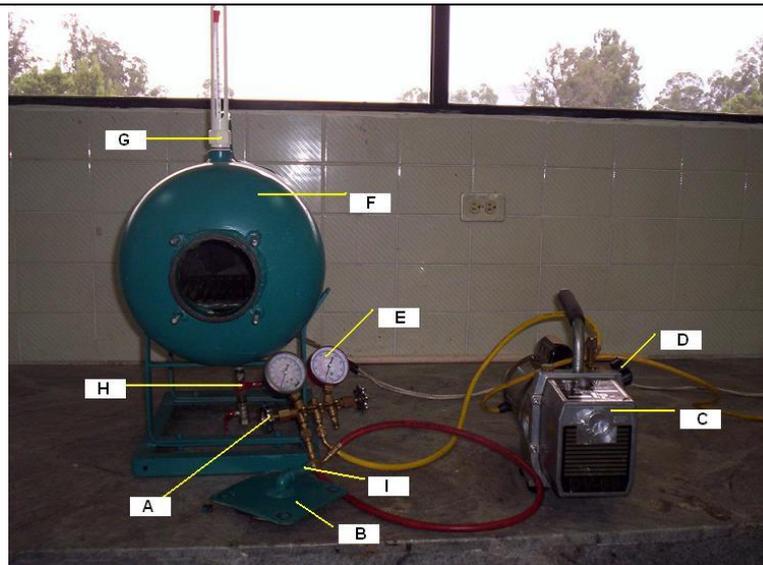
- Graficar y analizar la variación de intensidad de corriente y voltaje en función de la irradiancia.
- Graficar y analizar la eficiencia en función de la temperatura de operación del panel.
- Comparar resultados de eficiencia del panel en días con radiación directa y con radiación difusa.
- Graficar la curva característica del panel.

## **11. PREGUNTAS**

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **13. BIBLIOGRAFÍA**

	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 5
	Horno de secado al vacío		<b>Código:</b> LENC-05G
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	
<p><b>1. TEMA:</b> Secado de materiales higroscópicos con tecnología de vacío.</p> <p><b>2. OBJETIVO:</b> Determinación de regimenes de secado de granos y frutas.</p> <p><b>3. MARCO TEORICO</b></p> <p>El secado es la separación de un líquido volátil, desde un material sólido, mediante la evaporación del líquido o la remoción de vapor. Usualmente se desplaza el agua desde un material higroscópico, pero también existe el proceso de evacuación de solventes tales como la acetona y el alcohol.</p> <p>Al hacer vacío, en el interior de la cámara del horno se produce una depresión, el agua contenida en los materiales higroscópicos, se desplaza a mayor velocidad que en condiciones normales de presión, al suministrar calor se reduce aún mas el tiempo de secado, desaparece la transferencia de calor por convección, y solo se transfiere energía térmica por conducción. La baja temperatura de secado reduce sustancialmente la carga térmica total, disminuyen los tiempos de proceso, mejora la calidad del producto, se minimizan las perdidas de materia prima y de energía</p> <p>La producción de vacío en el interior de las cámaras, se lo realiza con una bomba o con un venturi que utilice aire comprimido.</p> <p><b>4. COMPONENTES DEL EQUIPO</b></p>			



**Fotografía 5.4 Horno de secado al vacío**

### **DENOMINACIÓN**

- A: Llave de manómetro.
- B: Tapa de horno.
- C: Bomba de vacío.
- D: Válvula de bomba de vacío.
- E: Manómetros.
- F: Horno de secado al vacío.
- G: Termómetro.
- H: Válvulas de salida de condensado.
- I: Toma para entrada de bomba de vacío.

### **5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS**

- Cronómetro.
- Termómetro: 0-100 °C.
- Termómetro digital : -10 a 100°C
- Balanza digital: 0- 1000 g.
- Bomba de vacío: 0 a 2 cfm.
- Manómetros: 90 PSI.

### **6. PROCEDIMIENTO**

- Verificar presencia de humedad en las paredes del horno.
- Limpiar el interior de la cámara y bandeja.
- Preparar el producto (cortar, rebanar, lavar) de tal forma que pueda entrar en el interior del horno.
- Pesar el producto de 0.5 a 1 kg en la balanza digital y anotar su valor. Abrir las válvulas de desfogue de condensado del horno para eliminar residuos en caso de ser necesario.
- Conectar el horno a una fuente de energía de 110 V para su precalentamiento.
- Una vez ingresado el producto a secar sellar el horno con su tapa de manera correcta evitando que haya fugas.
- Con el termómetro medir la temperatura inicial y anotar su valor.
- Conectar la bomba de vacío con sus manómetros a la toma ubicada en la tapa del horno.
- Conectar la bomba a una fuente de energía de 110V.
- Encender la bomba y verificar que las válvulas de absorción ubicadas en la bomba y en los manómetros estén abiertas.
- Una vez alcanzada la presión de vacío requerida (76 – 153 mm Hg.) apagar la bomba y cerrar las válvulas anteriormente descritas.
- Tomar datos de temperatura del horno y ambiente cada 10 minutos hasta cuando el producto esté seco completamente. (Ver tiempos de secado al vacío para diferentes productos en anexos.)
- Una vez secado el producto apagar el horno y observar el tiempo de secado.
- Desconectar la bomba de vacío a la toma del horno para que recupere la presión atmosférica.
- Sacar el producto y limpiar el horno.
- Pesar el producto en la balanza digital.
- Determinar el porcentaje de humedad retirada del producto.

## **7. SEGURIDAD OPERATIVA**

- No sobrecargar la capacidad del horno.

- Usar protección para las manos.
- No tapar el ducto de salida de aire de la bomba.
- Respetar las presiones de vacío requeridas.
- No descuidar el tiempo de toma de datos.
- Controlar que la temperatura de secado y la presión de vacío esté entre 38 a 60 °C y 76 a 153 mm Hg. Caso contrario reiniciar la práctica.
- No sobrepasar el tiempo de secado de cada producto (referencial)

## 8. TABULACION DE DATOS

Tabla 5.5 Tabla de datos horno de secado al vacío

<b>Producto:</b>			
<b>Po (gr)</b>			
<b>Pf (gr)</b>			
<b>P.vacío (mmHg)</b>			
<b>#</b>	<b>tiempo (min)</b>	<b>T.ambiente (°C)</b>	<b>T.horno (°C)</b>
1	0		
2	10		
3	20		
4	30		
5	40		
6	50		
7	60		
8	70		
9	80		
10	90		
11	100		
12	110		
n	n		

## 9. CALCULOS

- Humedad retirada

$$H = \frac{Po - Pf}{Po} * 100 \quad (5.18)$$

Donde:

Po: Peso inicial del producto (gr).

Pf: Peso final del producto (gr).

H: Humedad retirada (%).

## **10. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Comparar tiempos de secado tradicional con los tiempos de secado al vacío.

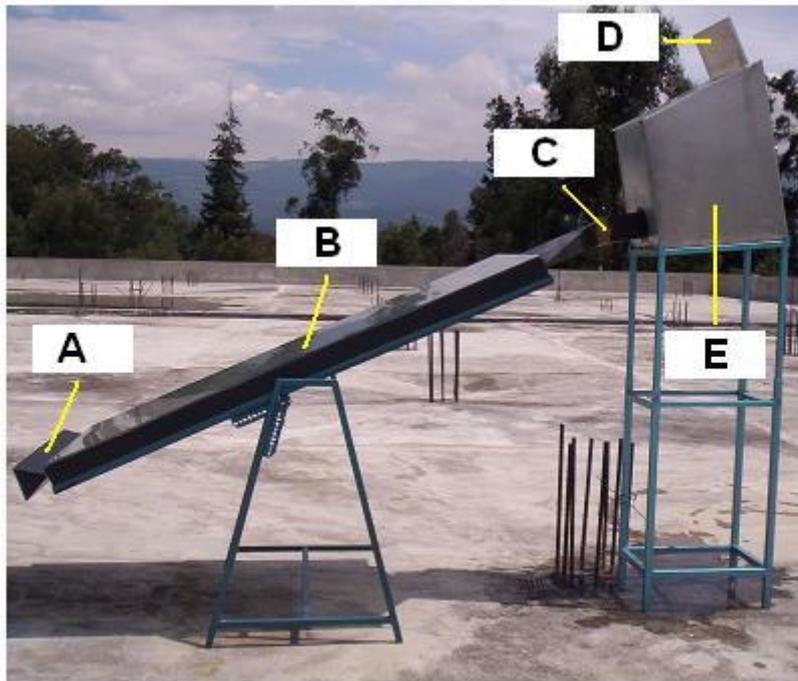
## **11. PREGUNTAS**

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **13. BIBLIOGRAFÍA**

	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 7
	Secador solar por convección natural		<b>Código:</b> LENC-06G
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales		<b>Revisión No:</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	
<p><b>1. TEMA:</b> Secado solar de productos agrícolas por convección natural.</p> <p><b>2. OBJETIVO:</b> Determinación de regímenes de secado de plantas medicinales.</p> <p><b>3. MARCO TEORICO</b></p> <p>El secado es la separación de un líquido volátil, desde un material sólido, mediante la evaporación del líquido o la remoción de vapor. Usualmente se desplaza el agua desde un material higroscópico, pero también existe el proceso de evacuación de solventes tales como la acetona y el alcohol.</p> <p>En el secado solar por convección natural los rayos solares atraviesan las cubiertas transparentes del colector, incidiendo sobre la placa colectora, creando un gradiente de temperatura entre estos y el medio que los rodea, en el colector ocurre una transferencia de calor por convección natural entre el aire que se encuentra dentro de él y la placa caliente, con lo que se eleva la temperatura del aire; este aire caliente disminuye su densidad, con lo que fluye hacia arriba, dejando un espacio que es ocupado por aire fresco que entra al colector. De esta forma se genera una circulación espontánea del aire, y la convección natural tiene lugar en forma continua a lo largo de todo el trayecto del aire dentro del colector, llegando a la cámara de secado, la cual tiene una chimenea para su salida.</p>			

#### 4. COMPONENTES DEL EQUIPO



Fotografía 5.5 Secador solar por convección natural

#### DENOMINACIÓN

- A: Ducto de entrada (plenum)
- B: Colector solar
- C: Ducto de entrada de aire.
- D: Chimenea.
- E: Horno.

#### 5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS

- Termómetro digital.
- Termocuplas: 0 a 100 °C.
- Balanza digital: 0- 1000 gr.
- Cronómetro.
- Panel Fotovoltaico: 43 W.
- Multímetro.
- Pistola láser para temperatura: 0-900°C.

## **6. PROCEDIMIENTO**

- Limpiar el interior de la cámara de secado y bandejas.
- Preparar el producto (cortar, rebanar, lavar).
- Pesar el producto de 1 a 2 kg máximo 4 kg. en la balanza digital y registrar su valor.
- Colocar la termocupla en el interior de la cámara para censar la temperatura.
- Colocar el producto en las bandejas y estas en la cámara de secado.
- Cerrar la cámara de secado y verificar que la chimenea este destapada.
- Tomar datos iniciales y en períodos de 10 minutos (Temperatura ambiente, amperaje, voltaje, temperatura de placa y temperatura de entrada).
- El tiempo de secado para este tipo de productos es de dos días mínimo por lo cual dentro de este tiempo se recoge datos durante dos horas verificando su estado.
- Al finalizar la practica limpiar el equipo.

## **7. SEGURIDAD OPERATIVA**

- No sobrecargar la capacidad del horno.
- Manipular con cuidado los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.
- Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.
- No tocar la superficie del colector.
- Hidratarse y usar ropa cómoda (algodón).
- No descuidar el tiempo de toma de datos.
- No abrir reiteradamente la puerta de la cámara para que no se enfríe.
- No tapar la chimenea de la cámara.

## 8. TABULACION DE DATOS

Tabla 5.6 Datos secador solar por convección natural

Fecha:		Producto:		Temperaturas				
Tiempo de inicio:		Peso inicial (g):		Temperaturas				
Tiempo de finalización:		Peso fina (g):		Colector		T.horno (°C)	T.ambiente (°C)	VelocidadViento (m/s)
Mediciones #	Tiempo (mín.)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	T. entrada (°C)	T. placa (°C)			
1	0							
2	10							
3	20							
4	30							
5	40							
6	50							
7	60							
8	70							
9	80							
10	90							
11	100							
12	110							
13	120							
n	n							

## 9. CALCULOS

- Contenido de humedad

$$CHI = \frac{Po - Pf}{Po} * 100 \quad (5.19)$$

Donde:

Po: Peso inicial del producto (Kg).

Pf: Peso final del producto (Kg).

CHI: Humedad retirada (%).

- Cp del producto a secar

$$Cp = 1.57 + 0.025CHI \quad (5.20)$$

Donde:

Cp: Calor específico del producto (Kcal/Kg.°C).

- Calor para calentar por el producto.

$$Q_s = m.C_p.(T_2 - T_1) \quad (5.21)$$

Donde:

Qs: Calor sensible (Kcal)

m: Masa del producto a calentar (Kg).

T2: Temperatura del horno (°C).

T1: Temperatura ambiente (°C).

- Masa de agua que se evapora.

$$m' = P_f \cdot \left( \frac{CH_i}{100 - CH_i} - \frac{CH_f}{100 - CH_f} \right) \quad (5.22)$$

$$CH_f = \frac{CH_i}{100 - CH_i} \quad (5.23)$$

Donde:

m': Masa de agua que se evapora desde el producto (Kg).

CHi: Contenido inicial de humedad, base húmeda (porcentaje)

CHf: Contenido final de humedad, base húmeda (porcentaje)

- Calor para evaporar el agua contenida en el producto.

$$Q_L = m'.H_{fg} \quad (5.24)$$

Donde:

QL: Calor latente (Kcal).

Hfg: Calor latente de vaporización, 540 (Kcal /Kg) para el H2O.

- Calor perdido por el colector.

$$Q_p = U.A.(T_p - T_a) \quad (5.25)$$

Donde:

Qp: Calor perdido por el colector (Kcal).

U: Coeficiente global de transferencia de calor (W/m<sup>2</sup>.°C).

Tp: Temperatura del colector (°C).

Ta: Temperatura ambiente (°C).

A: Área de colección (m<sup>2</sup>).

- Pérdidas.

$$U = U_t + U_b + U_e \quad (5.26)$$

Donde:

Ut: Pérdidas cubierta transparente: placa absorbente de 6 a 8 (W/m<sup>2</sup>.°C).

Ub: Pérdidas inferiores (W/m<sup>2</sup>.°C).

Ue: Pérdidas laterales (W/m<sup>2</sup>.°C).

- Pérdidas Inferiores

$$U_b = \frac{K.aisl}{Laisl} \quad (5.27)$$

Donde:

K.aisl: Conductividad térmica del aislante (W/m.K). Lana de vidrio 0.032

Lasil: Longitud aislante (m).

- Pérdidas laterales

$$U_e = \frac{\frac{K.aisl}{L.aisl.lateral} * A_L}{Ac} \quad (5.28)$$

Donde:

Laislante.lateral: longitud lateral del aislante (m).

AL: Área lateral del colector (m<sup>2</sup>).

Ac: Área de colección (m<sup>2</sup>).

- Calor útil.

$$Q_u = Q_s + Q_L - Q_p \quad (5.29)$$

- Eficiencia.

$$\eta = \frac{Q_u}{I_r.Ac} \quad (5.30)$$

Donde.

Qu: Calor útil (KJ).

Ir: Irradiancia ( $W/m^2$ ).

## **10. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- Graficar la eficiencia en función del calor útil.
- Graficar la temperatura del horno en función de irradiación.

## **11. PREGUNTAS**

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **13. BIBLIOGRAFÍA**

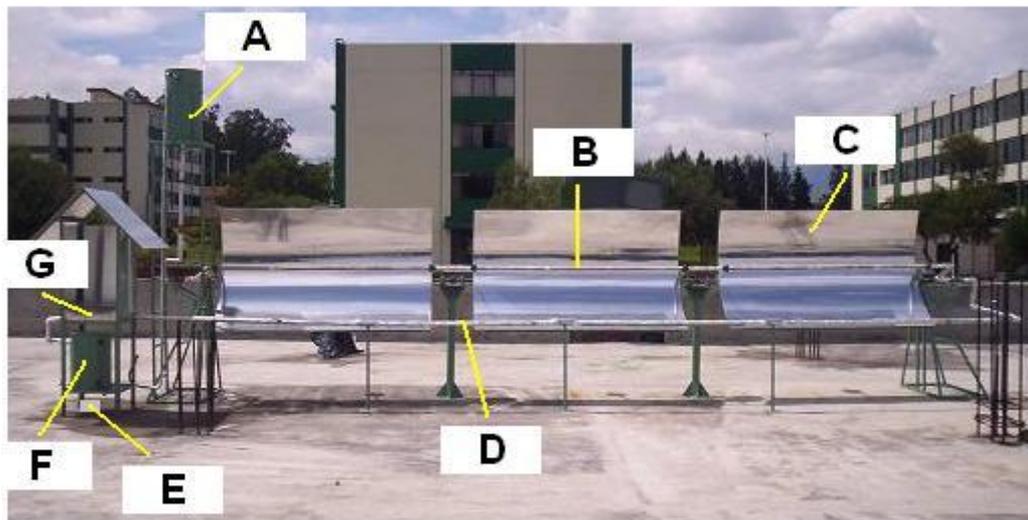
<p>ENERGIAS NO CONVENCIONALES</p> 	<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		<b>Págs.:</b> 5	
	Concentrador solar		<b>Código:</b> LENC-07G	
	<b>Elaborado por:</b> Roberto Lascano & Luis Morales			<b>Revisión No:</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guasumba - Soria	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	

- 1. TEMA:** Aplicaciones del concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico.
- 2. OBJETIVO:** Determinar las características energéticas y tiempos de cocción de varios productos en el Concentrador solar de tipo Cilíndrico Parabólico.

### 3. MARCO TEORICO

Los concentradores solares son dispositivos con los cuales se logra gran cantidad de radiación concentrada sobre un absorbedor, suficiente para lograr temperaturas sobre los 200 °C hasta los 3800 °C. Para lograr altas temperaturas mayores que 200 °C, se requieren mecanismos para seguir el movimiento virtual del Sol que sean muy precisos su objetivo es captar radiación directa (longitud de onda corta) para convertirla en radiación de onda larga es decir radiación infrarroja

### 4. COMPONENTES DEL EQUIPO



**Fotografía 5.6 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico**

## **DENOMINACIÓN**

A: Tanque alimentador

B: Tubo absorbedor.

C: Concentrador cilíndrico parabólico.

D: Tubería de circulación del aceite.

E: Bomba.

F: Intercambiador de calor.

G: Cocina.

## **5. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS**

- Panel fotovoltaico: 43 W.
- Termómetro: 0-100 °C y 0-300°C.
- Termómetro digital: 0-100°C.
- Anemómetro.
- Balanza: 0-1000 g.
- Cronómetro.
- Multímetro digital.
- Pistola láser de temperatura: 0 -900°C
- Termocupla.

## **6. PROCEDIMIENTO**

- Limpiar cuidadosamente las superficies reflectivas de los concentradores.
- Disponer del equipo e instrumentos de medición para las diferentes variables a medirse.
- Preparar los productos acorde a la práctica a realizarse.
- Medir masa o volumen de los productos al inicio de la práctica.
- Con el termómetro digital y pistola láser medir la temperatura ambiente y de tubo absorbedor cada 5 minutos respectivamente.
- Tomar temperaturas de entrada y salida del fluido de trabajo cada 5 minutos, al igual que la velocidad del viento.
- La radiación solar se medirá con el panel fotovoltaico en el cual se determinará la intensidad de corriente con el multímetro y mediante una

regla de tres se determinará su valor con el dato de referencia en el panel. También se hará en períodos de 5 minutos.

- Tomar el tiempo total de cocción del producto.
- Analizar resultados.

## 7. SEGURIDAD OPERATIVA

- Manipular con cuidado los diferentes instrumentos de medición especialmente los frágiles.
- Usar protección visual y para partes sensibles contra la radiación solar.
- No tocar con las manos la superficie reflectiva del plato ni los absorbedores.
- Usar guantes al momento de manipular la cocina.
- Hidratarse y usar ropa cómoda (algodón).
- No descuidar el tiempo de toma de datos.
- Comenzar la prueba en una hora oportuna cuando las condiciones climáticas son favorables debido que para la realización de la práctica se necesita radiación solar directa entre las 10- 14 horas.
- Orientar el los concentradores en dirección perpendicular a los rayos solares en períodos de 15-30 minutos.

## 8. TABULACIÓN DE DATOS

**Tabla 5.7 Datos concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico**

PRODUCTO:		Fecha:							
Masa (gr.):	Volume n (lt):	Tiempo de inicio:							
		Tiempo de finalización:							
Mediciones	Tiempo	Intensidad	Voltaje	T. Cocina	T. Ambiente	T. Entrada	T. Salida	T. Tubo absorbedor	Velocidad Viento
#	(mín.)	(A)	(V)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(m/s)
1	0								
2	5								
3	10								
4	15								
5	20								
6	25								
7	30								
8	35								
9	40								
10	45								
n	n								

## 9. CALCULOS

Variables a determinar:

- Eficiencia óptica del concentrador cilíndrico parabólico.

$$\eta_o = \rho_R * \tau * \alpha * \gamma * F \quad (5.31)$$

Donde:

$\eta_o$ : Eficiencia óptica del concentrador cilíndrico parabólico.

$\rho_R$ : Reflejancia del espejo.

$\tau$ : Transmitancia del envolvente del absorbedor.

$\alpha$ : Absortancia del absorbedor.

$\gamma$ : Factor de forma que depende de los errores en la pendiente del espejo y de la dispersión que sufre la radiación solar directa incidente.

F: Error de seguimiento de los concentradores cilíndricos parabólicos.

- Eficiencia instantánea del concentrador cilíndrico parabólico

$$\eta_c = \frac{\text{Energía útil que absorbe el fluido de trabajo}}{\text{Energía captada}} = \frac{Q_{ut}}{G_b \cdot A_a} \quad (5.32)$$

Donde:

$\eta_c$ : Eficiencia del concentrador (%)

$Q_{ut}$ : Calor útil que absorbe el fluido de trabajo ( W ).

$G_b$ : Irradiación solar directa incidente sobre el concentrador ( W/m<sup>2</sup> ).

$A_a$ : Área de apertura del concentrador (m<sup>2</sup> ).

- Calor útil.

$$Q_{ut} = Q_e - Q_p = Q_e - (U_c * A_t * (T_t - T_{amb})) \quad (5.33)$$

Donde la energía recibida por el absorbedor ( $Q_e$ ) está dada por:

$Q_p$ : Calor cedido al ambiente (W).

$$Q_e = \eta_o \cdot A_a \cdot G_b \quad (5.34)$$

Donde:

$A_t$  : Área del tubo absorbedor (  $m^2$  ).

$T_{amb}$  : Temperatura del medio ambiente ( K ).

$T_t$ : Temperatura del tubo absorbedor ( K ).

$U_c$ : Coeficiente global de transferencia de calor (  $W/m^2 \cdot K$  ). Que depende de la radiación, convección, caudal.

## **10. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- Graficar la relación entre la eficiencia instantánea de los concentradores cilíndricos parabólicos y el calor útil.
- Analizar los tiempos de cocción de diferentes productos con técnicas de cocción tradicional.

## **11. PREGUNTAS**

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **13. BIBLIOGRAFÍA**

# **CAPITULO 5**

## **ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO**

**Guías de Laboratorio**

BRIQUETADORA DE COMBUSTIBLE SÓLIDO VEGETAL _____	114
COCINA SOLAR _____	120
BIORREACTOR _____	127
PANEL FOTOVOLTAICO _____	131
HORNO DE SECADO AL VACÍO _____	136
SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL _____	141
CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO _____	148

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 5.1 Esquema Briquetadora _____	115
---------------------------------------	-----

### **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 5.1 Esquema cocina solar _____	121
Fotografía 5.2 Esquema biorreactor _____	128
Fotografía 5.3 Esquema panel fotovoltaico _____	132
Fotografía 5.4 Esquema horno de secado al vacío _____	137
Fotografía 5.5 Esquema secador solar por convección natural _____	142
Fotografía 5.6 Esquema concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	150

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 5.1 Tabla de datos briquetadora _____	115
Tabla 5.2 Tabla de datos cocina solar _____	121
Tabla 5.3 Tabla de datos biorreactor _____	128
Tabla 5.4 Tabla de datos panel fotovoltaico _____	132
Tabla 5.5 Tabla de datos horno de secado al vacío _____	137
Tabla 5.6 Tabla de datos secador solar por convección natural _____	142
Tabla 5.7 Tabla de datos concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico _____	150

## **CAPÍTULO 6**

### **PROTOCOLO DE PRUEBAS**

#### **6.1 PRUEBAS**

Una vez que se desarrollaron las guías de laboratorio para los diferentes equipos propuestos se procedió a ponerlas en práctica y obtener datos que podrán servir de referencia para futuros ensayos. La tabulación de todos los datos y ejemplo de cálculo de las variables a determinar para los diferentes equipos se los puede observar en el anexo D. En este capítulo solo se presentan los cuadros de resultados y gráficas para el análisis de los mismos.

##### **6.1.1 PRUEBAS EN LA BRIQUETADORA**

Los resultados de la tabla 6.1 corresponden a pruebas realizadas en tres tipos de briquetas elaboradas en la cual se realizó una variación del porcentaje de mezcla que la conforma (cascarilla de arroz – melaza). Posteriormente se las deja secar tres días mínimo al ambiente en días soleados, lo cual sirve para determinar el porcentaje de humedad retirada de la briqueta que debe ser menor al 5% para poder ser quemadas y que sirvan como combustible. Para determinar el poder calórico de las briquetas se recurre a la bomba adiabática cuyo manejo se lo debe realizar con el laboratorista de termodinámica ya que este equipo pertenece a dicho laboratorio.

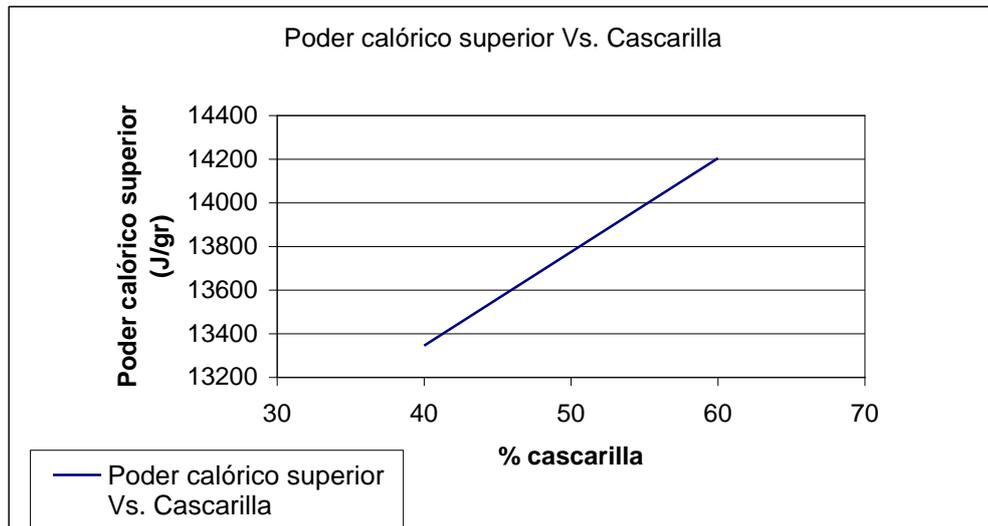
**Tabla 6.1 Resultados obtenidos en la briquetadora**

<b>Cascarilla 60%</b>			
<b>Melaza 40%</b>			
<b>Tiempo de secado: 2 días</b>			
<b>Briqueta</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso Final</b>	<b>Humedad</b>
<b>#</b>	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	<b>(%)</b>
1	211	203.1	3.74
2	187	178.8	4.39
3	147.5	141.2	4.27
4	174	167.4	3.79
5	153.5	148.8	3.06
<b>Cascarilla 50%</b>			
<b>Melaza 50%</b>			
<b>Tiempo de secado: 3 días</b>			
<b>Briqueta</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso Final</b>	<b>Humedad</b>
<b>#</b>	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	<b>(%)</b>
1	452	441.8	2.26
2	425.4	415.1	2.42
3	56.7	55.4	2.29
<b>Cascarilla 40%</b>			
<b>Melaza 60%</b>			
<b>Tiempo de secado: 3 días</b>			
<b>Briqueta</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso Final</b>	<b>Humedad</b>
<b>#</b>	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	<b>(%)</b>
1	286	281.6	1.54
2	263.7	258	2.16
3	273.6	268.7	1.79
<b>Bomba adiabática</b>			
<b>Cap. Calórica total (J/°C)</b>		9690.84	
<b>Poder calórico superior de las briquetas</b>			
<b>Cascarilla</b>	<b>Melaza</b>	<b>PCS</b>	
<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(J/gr)</b>	
<b>60</b>	<b>40</b>	<b>14204.01</b>	
50	50	13774.84	
40	60	13345.67	

- El rango de poder calorífico considerado para que la briqueta sea un buen combustible varía aproximadamente de 13800 a 17500 (J/gr). De lo

cual determinamos que la briqueta que esta en el rango adecuado es la de porcentaje 60% de cascarilla y 40% de melaza.

En la gráfica 6.1 se representa la variación del poder calórico superior en función del % de cascarilla presente en la briqueta.



**Figura 6.1 Poder calórico superior Vs. % de cascarilla de arroz**

- Los resultados obtenidos nos dan a entender que el poder calórico es más alto en briquetas con mayor contenido de cascarilla de arroz y es entendible ya que ésta tiene mayor poder calórico que la melaza, además se requiere menos tiempo de secado.
- Hay que tener en cuenta que el porcentaje de melaza no debe ser menor a 25 % ya que de otro modo no se logrará obtener briquetas compactas que es un factor determinante en la elaboración e briquetas.

### 6.1.2 PRUEBAS EN LA COCINA SOLAR

Los resultados de la tabla 6.2 corresponden a la práctica realizada con el agua (1 litro) para un período de tiempo de 2 horas y 15 minutos para el día 25 de febrero del 2006. Se tabularon las variables descritas en la guía de laboratorio y para un período de 2 horas debido a que las velocidades de viento aumentaron siendo mayores a 1m/s y por la presencia de lluvia.

**Tabla 6.2 Resultados obtenidos en la cocina solar**

Tiempo (min)	Irradiancia (W/m <sup>2</sup> )	Calor absorbido por el recipiente (W)	Calor perdido (W)	Calor útil (W)	Eficiencia instantánea (%)	Potencia de cocción (W)	Potencia de cocción estándar (W)
0	894.02	158.51	4.10	154.42	57.57	0	0.00
5	937.50	166.22	5.48	160.74	57.15	153.49	229.21
10	913.04	161.88	6.32	155.56	56.79	97.67	149.77
15	888.59	157.55	7.22	150.32	56.39	97.67	153.89
20	875.00	155.14	8.84	146.30	55.73	139.53	223.25
25	923.91	163.81	10.35	153.46	55.36	41.86	63.43
30	1010.87	179.23	10.75	168.48	55.55	41.86	57.97
35	1019.02	180.67	12.62	168.05	54.97	83.72	115.02
40	937.50	166.22	13.46	152.76	54.31	41.86	62.51
45	902.17	159.96	13.36	146.60	54.17	41.86	64.96
50	861.41	152.73	13.78	138.95	53.77	41.86	68.03
55	1032.61	183.08	14.47	168.61	54.43	27.91	37.84
60	910.33	161.40	14.91	146.49	53.64	13.95	21.46
65	961.96	170.55	14.93	155.62	53.93	13.95	20.31
70	959.24	170.07	15.44	154.64	53.74	5.58	8.15
75	983.70	174.41	15.62	158.79	53.81	8.37	11.92
80	894.02	158.51	15.56	142.95	53.30	5.58	8.74
85	1024.46	181.64	15.06	166.58	54.20	5.58	7.63
90	619.57	109.85	15.48	94.37	50.77	2.79	6.31
95	989.13	175.37	15.46	159.92	53.89	13.95	19.75
100	997.28	176.82	15.56	161.26	53.90	6.98	9.79
105	1021.74	181.15	15.69	165.47	53.98	6.98	9.56
110	809.78	143.57	16.00	127.57	52.51	13.95	24.12
115	1019.02	180.67	16.36	164.31	53.75	13.95	19.17
120	1065.22	188.86	16.91	171.96	53.81	13.95	18.34
125	978.26	173.45	16.72	156.73	53.40	-13.95	-19.97
130	989.13	175.37	16.34	159.03	53.59	-27.91	-39.50
135	959.24	170.07	16.00	154.07	53.54	-13.95	-20.36
<b>Promedios</b>	<b>942.06</b>	<b>167.03</b>	<b>13.31</b>	<b>153.71</b>	<b>54.36</b>		

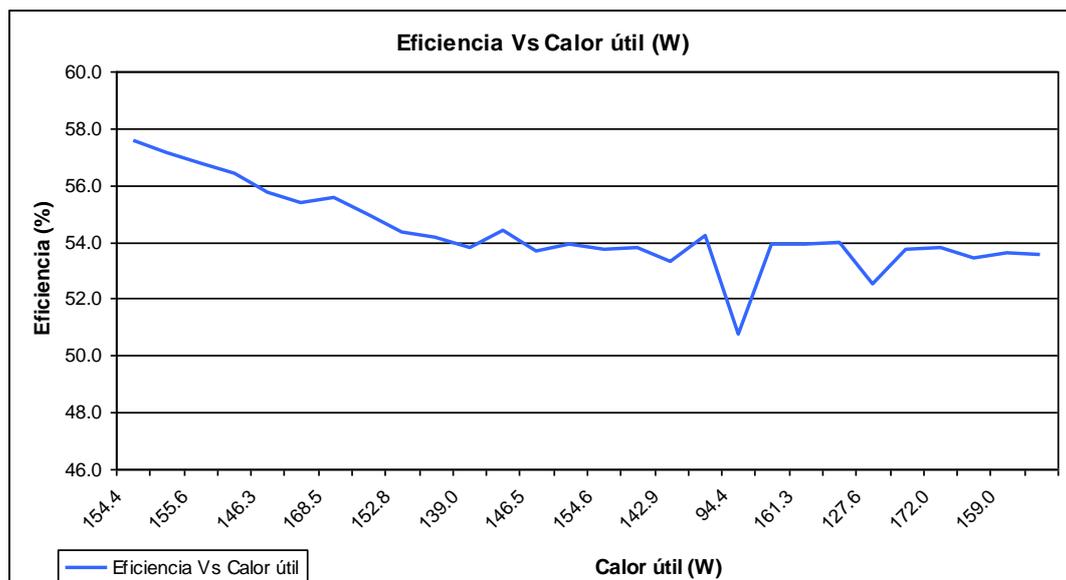
- Los valores de potencia de cocción negativos se debe a que una vez alcanzada la temperatura máxima en el producto esta tiende a bajar.

Además de la prueba del agua se procedió a preparar algunos alimentos de los cuales se determinó sus tiempos de cocción que se detalla a continuación.

**Tabla 6.3 Tiempos de cocción de huevos, sopa y papas.**

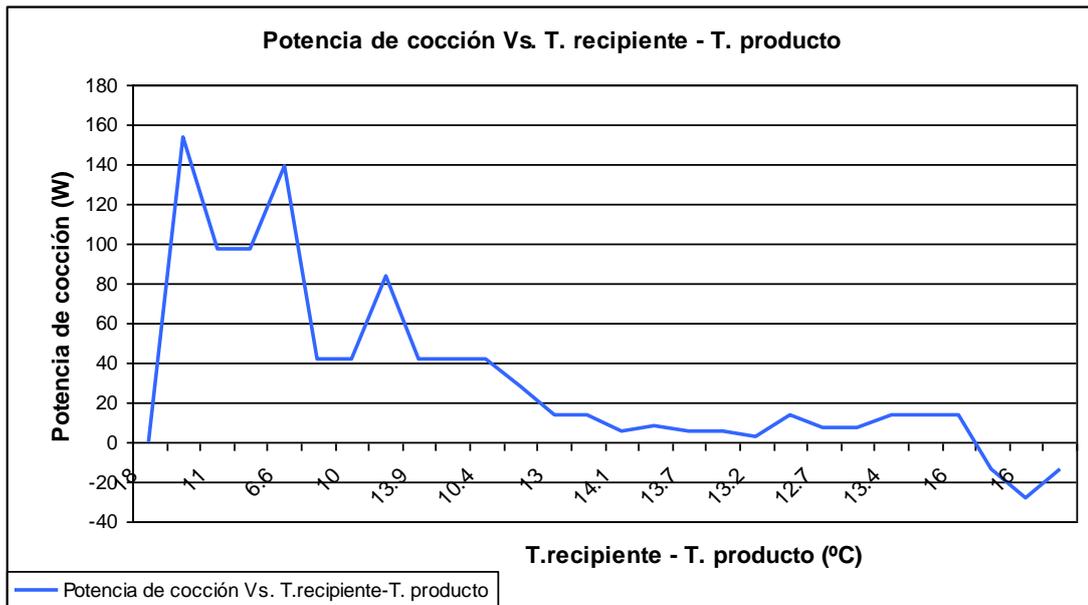
Productos	Cantidad	Tiempos de cocción (min)	Cantidad de Agua (lt)
Huevos	2	50-60	0.5
Sopa maggi	1 sobre	60-75	1
Papas	2	70-85	0.5

Conforme a la guía de laboratorio se elaboró las gráficas de comparación entre las variables más importantes para determinar su variación. Las gráficas se presentan a continuación.



**Figura 6.2 Gráfica Eficiencia Vs. Calor útil**

- La eficiencia instantánea de la cocina al inicio de la práctica es alta debido a que las pérdidas de calor son bajas y por lo tanto el calor útil es mayor pero en el transcurso del tiempo esta tiende a estabilizarse.



**Figura 6.3 Potencia de cocción Vs. Temperatura del recipiente menos Temperatura del producto**

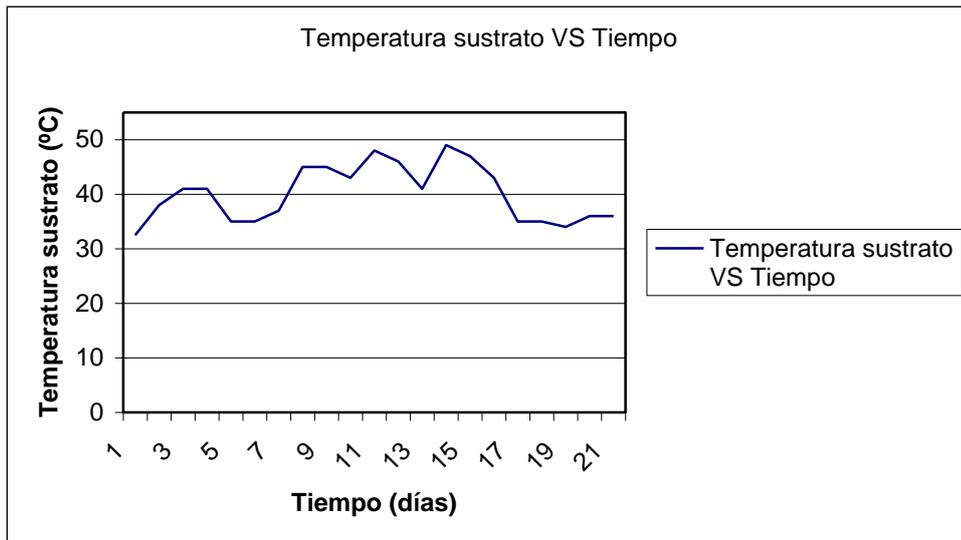
- La potencia de cocción depende especialmente del incremento de temperatura del producto en cada intervalo razón por la cual en los primeros datos de la experiencia realizada hay incrementos grandes de temperatura que dan potencias de cocción altas pero de igual manera que la eficiencia en el transcurso del tiempo tiende a estabilizarse debido a que el agua alcanza su punto de ebullición.
- Una vez que la potencia de cocción tiende a estabilizarse ésta sufre un descenso debido a un fenómeno característico en las propiedades del agua para luego ascender hasta lograr la ebullición (92°C Sangolquí).
- Las pérdidas de calor aumentan con la diferencia en temperaturas entre el interior de la cocina solar y los alrededores de la cocina, la temperatura del contenido del recipiente se correlaciona con la temperatura interna de la cocina.

### 6.1.3 PRUEBAS DEL BIORREACTOR

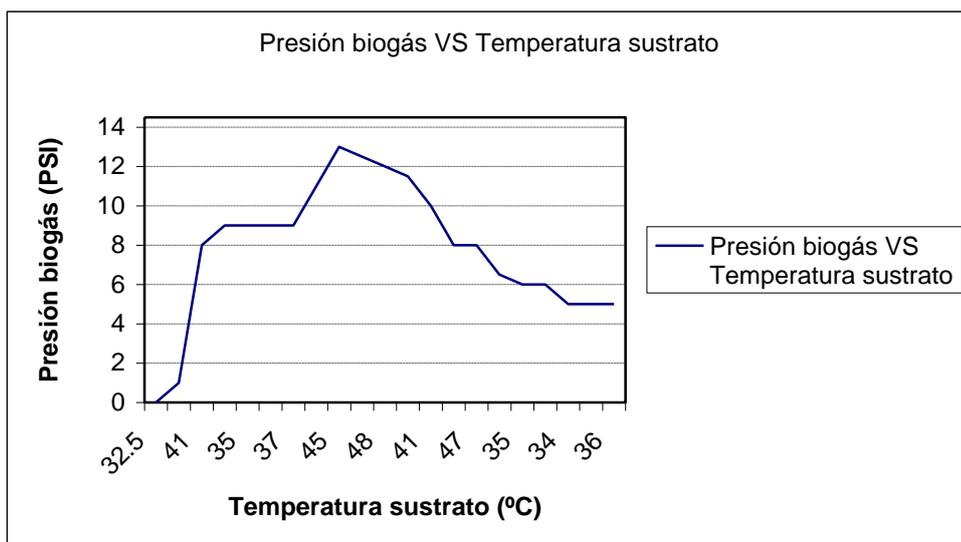
Debido a que este equipo esta siendo mejorado no se pudo realizar las pruebas por lo cual se presentan los resultados que se obtuvieron en las pruebas iniciales en la tesis del biorreactor de los ingenieros Rodríguez y Vega.

**Tabla 6.4 Resultados obtenidos del biorreactor**

Fecha	Hora	T sustrato	P biogás	P camisa	T ingreso colectores	T salida colectores	P colectores
dd/mm/aa		°C	PSI	PSI	°C	°C	PSI
30/11/05	16:30	32,5	0	27	25	25	29
01/12/05	16:30	38	1	35	39	40	39,5
02/12/05	16:30	41	8	28	18	28	28
03/12/05	16:30	41	9	26	43	41	30
04/12/05	16:30	35	9	23,5	36	36	31
05/12/05	16:30	35	9	30	35	35	33
06/12/05	16:30	37	9	30	39	38	31
07/12/05	16:30	45	11	20	47	46	23
08/12/05	16:30	45	13	50	48	46	52
09/12/05	16:30	43	12,5	25	42	43	30
10/12/05	16:30	48	12	25	51	50	25
11/12/05	16:30	46	11,5	40	47	46	43
12/12/05	16:30	41	10	44	42,5	43	48
13/12/05	16:30	49	8	28	49	48	30
14/12/05	16:30	47	8	38	49	49	40
15/12/05	16:30	43	6,5	24	45	46	28
16/12/05	16:30	35	6	27	33	32	32
17/12/05	16:30	35	6	33	28	30	33
18/12/05	16:30	34	5	24	34	33	25
19/12/05	16:30	36	5	36	37	37	40
20/12/05	16:30	36	5	30	34	32	35



**Figura 6.4 Tiempo de fermentación Vs. T. sustrato**



**Figura 6.5 T. sustrato Vs. Presión del biogás**

- La presión del biogás llega a un máximo 13 psi y de ahí empieza a decrecer, esto quiere decir que la población bacteriana no soportó altas temperaturas que se generan en ciertos días cuando la insolación es muy elevada.
- No existió un control del PH dentro del sistema, por tanto se requiere instalar dicho control.

- En la carga no se adicionó ningún tipo de nutrientes para facilitar la reproducción de las bacterias productoras de metano.

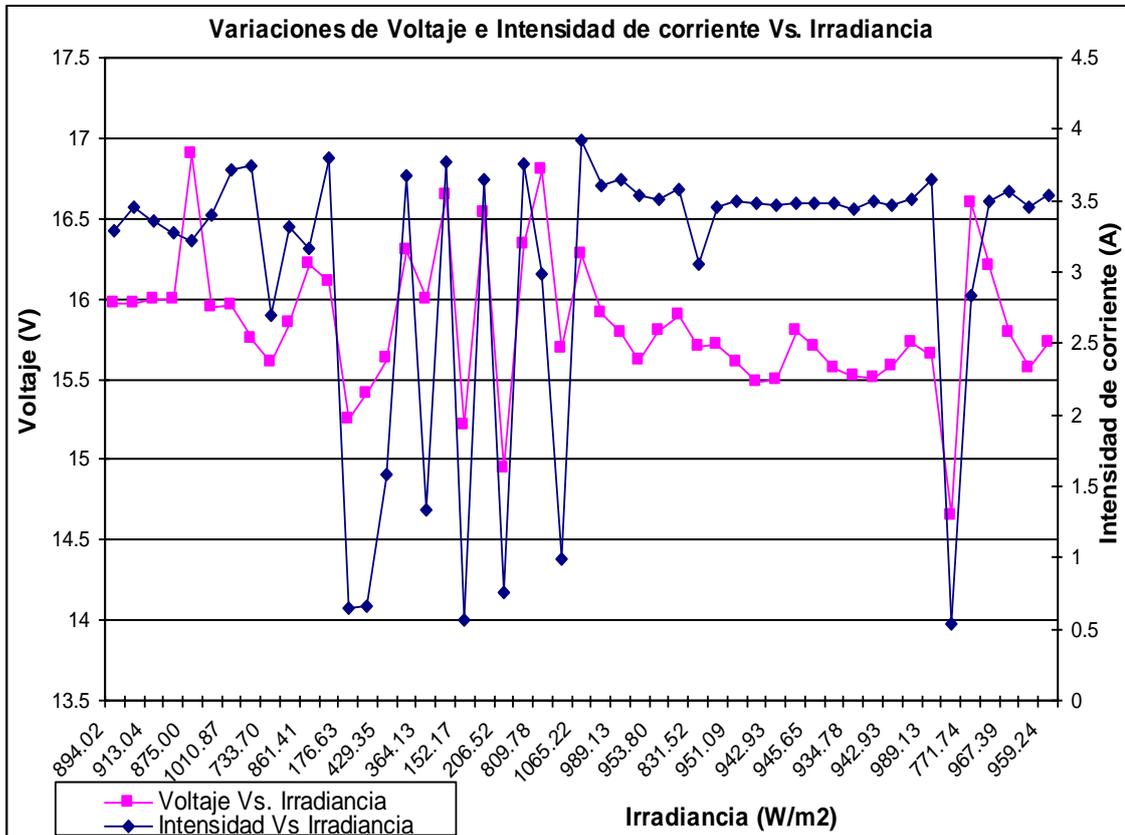
#### 6.1.4 PRUEBAS EN EL PANEL FOTOVOLTAICO

Los resultados de la tabla 6.4 corresponden a la práctica realizada el día 24 de Marzo del 2006 para un período de tiempo de 4 horas aunque solo se hace referencia para dos horas ( 11:00 – 13.00 ). Se tabularon las variables descritas en la guía de laboratorio y a partir de ellos se calculó las variables que representan las características energéticas del panel.

**Tabla 6.5 Resultados obtenidos en el panel fotovoltaico**

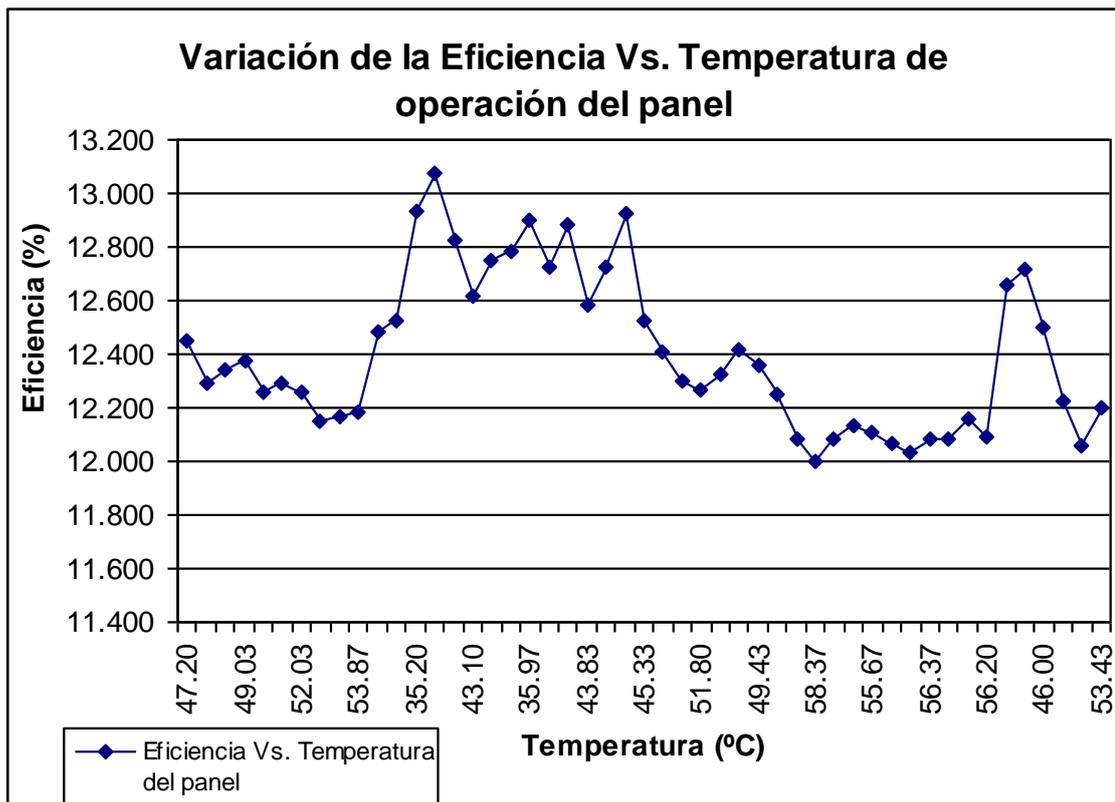
<b>Tiempo (mín.)</b>	<b>Irradiación (W/m2)</b>	<b>Temperatura Operación (°C)</b>	<b>Eficiencia panel %</b>
0	176.63	35.2	12.929
5	179.35	31.47	13.079
10	429.35	37.87	12.823
15	1000	43.1	12.613
20	364.13	39.67	12.751
25	1024.46	38.87	12.783
30	152.17	35.97	12.899
35	989.13	40.33	12.724
40	206.52	36.4	12.881
45	1021.74	43.83	12.584
50	809.78	40.3	12.725
55	269.02	35.33	12.924
60	1065.22	45.33	12.524
65	978.26	48.13	12.412
70	989.13	50.9	12.301
75	959.24	51.8	12.265
80	953.8	50.33	12.324
85	972.83	48	12.417
90	831.52	49.43	12.360
95	937.5	52.1	12.253
100	951.09	56.33	12.084
105	951.09	46	12.497
110	967.39	52.77	12.226
115	937.5	57.03	12.056
120	959.24	53.43	12.200
<b>Promedios</b>	<b>826.14</b>	<b>48.42</b>	<b>12.400</b>

Conforme a la guía de laboratorio se elaboró las gráficas de comparación entre las variables más importantes para determinar como fluctúan. Las gráficas se presentan a continuación.



**Figura 6.6 Variación de Intensidad de corriente y Voltaje en función de la irradiancia**

- Tanto la intensidad de corriente como el voltaje varían conforme al cambio de radiación incidente en panel en forma considerable tal como se puede observar en la figura 6.6.
- Estos cambios se deben generalmente a la presencia de nubes que obstruyen la radiación directa solar.



**Figura 6.7 Eficiencia Vs. Temperatura de operación del panel**

- De la figura 6.7 se puede observar que las eficiencias más altas corresponden a temperaturas de operación más bajas debido a que el panel trabaja con luz más no con calor. Por lo tanto para mejorar la eficiencia del panel es recomendable disminuir por algún método la temperatura de operación del mismo.

### 6.1.5 PRUEBAS EN EL HORNO DE SECADO AL VACIO

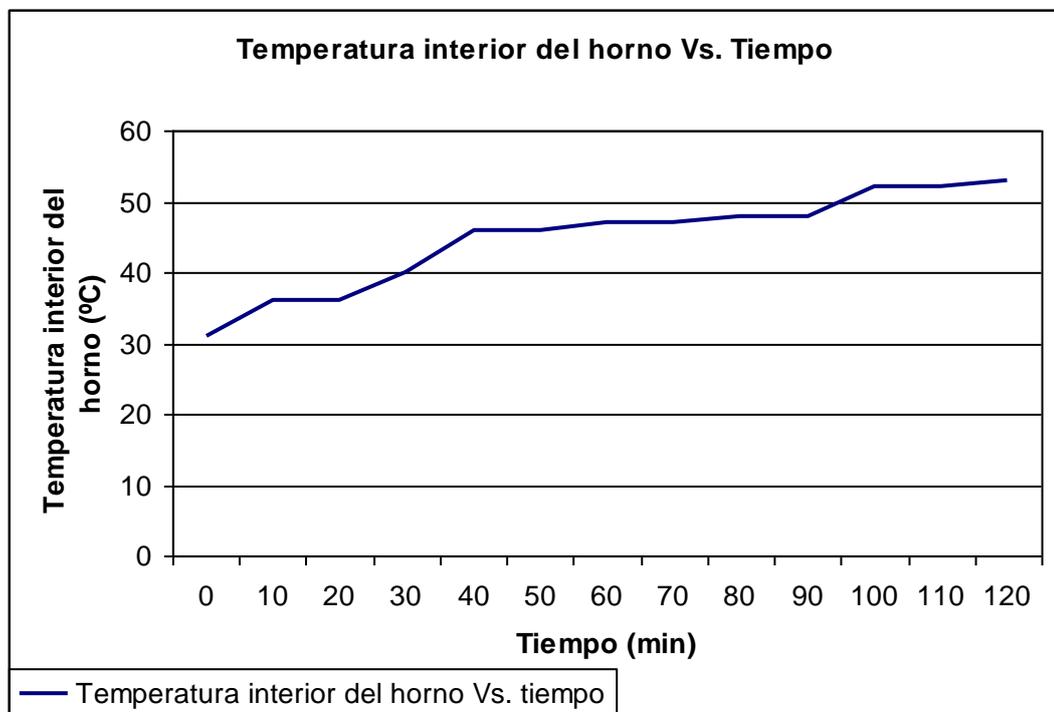
Los resultados de la tabla 6.6 corresponden a la prueba realizada para el secado de plátano verde, para lo cual se lo cortó en rodajas con un peso no más allá de ½ kg y se lo distribuyó en la bandeja en forma uniforme, se tomaron medidas de temperatura ambiente y temperatura de cámara para verificar que de encuentren en los rangos aceptables.

**Tabla 6.6 Resultados obtenidos en el horno de secado al vacío**

Producto:	Plátano Verde
Po (gr)	227
Pf (gr)	104.8
P.vacío (mmHg)	150
H (%)	53.83
Tiempo de secado (h)	2.00

- De los resultados se obtuvo el porcentaje de humedad retirada 53.83% y el tiempo de secado de 2 horas, por lo que nos permite concluir que el tiempo de secado disminuye de 5 a 10 veces frente a métodos tradicionales de secado.
- Al hacer vacío, la transferencia de calor por convección desaparece, y solo se transfiere energía térmica por conducción y por radiación y en alto vacío la conducción tiende a un valor insignificante.

En la figura 6.8 podremos determinar si la temperatura del horno está en el rango requerido.



**Figura 6.8 Temperatura interior del horno Vs. Tiempo de secado**

- Analizando la gráfica se aprecia que el horno entra en el rango requerido de secado a partir del minuto 30.

**Tabla 6.7 Tiempos de secado de diversas especies higroscópicas, obtenidos en el horno cilíndrico al vacío<sup>11</sup>**

ORDEN	ESPECIE	TIEMPO DE SECADO (Horas)
1	Plátano seda	1,5
2	Plátano verde	2
3	Maqueño	3
4	Maduro	3
5	Manzana Emilia	2,2
6	Manzana Delicia	2
7	Pera blanca	4
8	Manzana chilena	3(pierde propiedades)
9	Maní forrajero	5
10	Papa chola	3,5
11	Yuca	4
12	Arroz	4
13	Fréjol	4
14	Pimienta	Difícil secar
15	Café	4
16	Alfalfa	3
17	Culantro	5
18	Hiervas aromáticas	3,5
19	Forraje	3
20	Pasto azul	4
21	Rosas	4-6
22	Testigos de madera	9-15
23	Abono orgánico	3

<sup>11</sup> Guasumba José, secado al vacío, CICTE 2000 - 2003

Estos resultados fueron obtenidos en anteriores investigaciones que nos permiten tener rangos de comparación.

### 6.1.6 PRUEBAS EN EL SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL

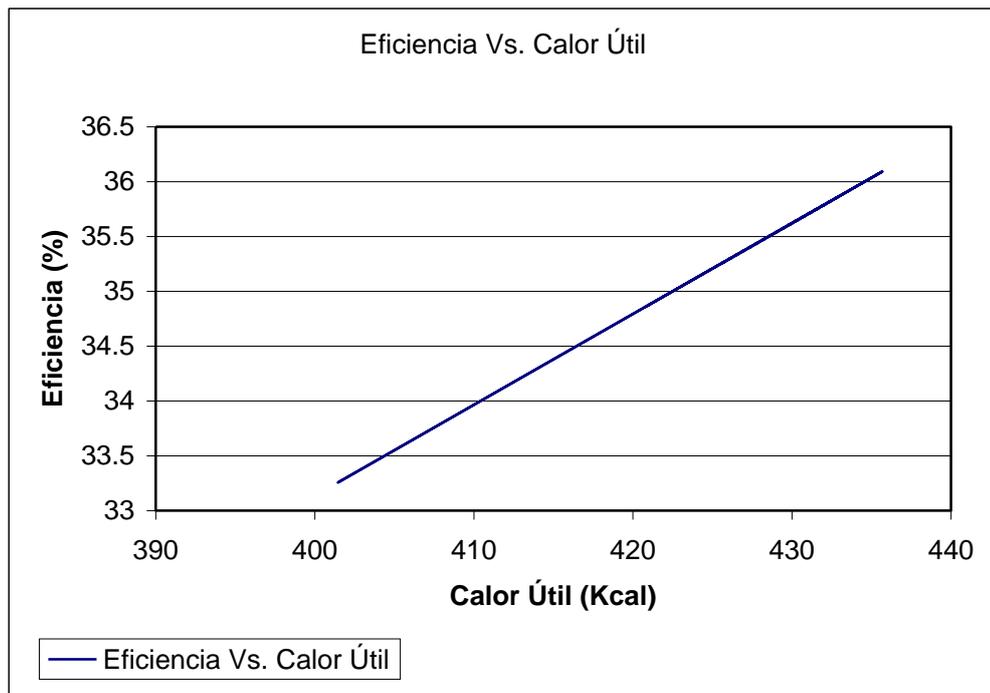
Los resultados de la tabla 6.8 corresponden a la práctica realizada en el secado de 0.95 kg de menta para un período de tiempo de 2 horas para el día 10 de Mayo del 2006, dicha práctica duró dos días para el secado del producto en la cual se tabularon las variables descritas en la guía de laboratorio.

**Tabla 6.8 Resultados obtenidos en el secador solar**

<b>CHi</b>	75.6	%			
<b>CHf</b>	3.1	%			
<b>m'</b>	0.7080	Kg			
<b>Cp</b>	3.4598	Kcal/Kg.°C			
<b>Hfg</b>	540	Kcal/Kg			
<b>QL</b>	382.3294	Kcal			
<b>Ut</b>	6	W/m <sup>2</sup> K			
<b>Ub</b>	1.0667	W/m <sup>2</sup> K			
<b>Ue</b>	0.2347	W/m <sup>2</sup> K			
<b>Perdidas</b>	7.3013	W/m <sup>2</sup> K			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Irradiancia (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Calor Sensible (Kcal)</b>	<b>Pérdidas (Kcal)</b>	<b>Calor útil (Kcal)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
0	959.2391	63.5224	20.3970	425.4547	35.2447
10	959.2391	71.7082	23.0255	431.0121	35.7051
20	1040.7609	74.6551	23.9717	433.0128	35.8709
30	888.5870	56.6462	18.1891	420.7865	34.8580
40	945.6522	78.5844	25.2334	435.6803	36.0918
50	1002.7174	69.7436	22.3946	429.6783	35.5946
60	983.6957	71.0534	22.8152	430.5675	35.6683
70	1010.8696	78.5844	25.2334	435.6803	36.0918
80	260.8696	63.5224	20.3970	425.4547	35.2447
90	353.2609	73.6728	23.6563	432.3459	35.8156
100	277.1739	55.6639	17.8737	420.1196	34.8028
110	220.1087	38.9647	12.5116	408.7826	33.8636
120	179.3478	28.1594	9.0420	401.4468	33.2559
<b>Promedios</b>	<b>698.5786</b>	<b>63.4216</b>	<b>20.3647</b>	<b>425.3863</b>	<b>35.2391</b>

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la eficiencia de este equipo es más bajo que los colectores para ACS (agua caliente sanitaria), pero útil para el propósito para el cual es destinado.

En la figura 6.9 se puede apreciar la variación de la eficiencia en función del calor útil.



**Figura 6.9 Eficiencia Vs. Calor útil**

- De la gráfica se determina que la eficiencia es directamente proporcional al calor útil.

### **6.1.7 PRUEBAS EN EL CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO**

Debido a que este equipo está en proceso de readecuación no se pudo realizar las pruebas por lo cual se adjuntan los cálculos realizados en base a datos obtenidos de las características del equipo. Ver Anexo D.

## **6.2 DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS**

### **6.2.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS BRIQUETADORA**

#### **6.2.1.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para este tipo de ensayo es el siguiente:

- Disponer de la materia prima (cascarilla – melaza) en cantidades suficientes para hacer la mezcla mínimo 1 kg.
- La cascarilla de arroz debe ser previamente molida para reducir el tamaño de grano, de esta manera se reduce la presión de compactación.
- La mezcla debe ser homogénea para la elaboración de las briquetas.
- Las pruebas se las puede realizar en cualquier hora del día (horas hábiles).
- Dependiendo del uso que se le dé a la briqueta su longitud oscila entre los 15 y 50 cm.
- El tiempo de secado de la briqueta debe indicarse siempre y en que condiciones.
- Con la ayuda de una balanza determinar los pesos inicial y final de la briqueta luego de su secado.
- Se obtendrá el poder calórico de las briquetas para determinar si cumple con las condiciones de buen combustible.

#### **6.2.1.2 Registro de variables**

- Mezcla: Un rango adecuado para formar briquetas con melaza es que esta varíe entre 25 y 40% de proporción en la mezcla, ya que conforme se aumenta este porcentaje la humedad también se incrementa y un secado de estas es más prolongado, además se disminuye el poder calórico y se dificulta el proceso de briquetado.

- Pesos: Se determinara los pesos más adecuados para las proporciones de la mezcla, como también los pesos inicial y final de las briquetas al final del secado.
- Medición de temperatura: Las mediciones de temperatura se efectuarán con termómetros que se colocan en la bomba adiabática. Para registrar la temperatura inicial y final de la combustión del ácido benzoico, cascarilla y melaza.

### **6.2.1.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados**

- Registro. El peso de cada componente de la mezcla, el peso inicial y final de la briqueta, las temperaturas en la bomba adiabática y los tiempos de secado deben ser registradas.
- Calculo de la humedad (H). Para dicho cálculo se toma en cuenta los pesos inicial y final de la briqueta.
- Energía liberada del ácido benzoico ( $E_a$ ). Para dicho cálculo se considera el peso del ácido y su poder calórico.
- Capacidad Calorífica total del aparato ( $C_{cta}$ ). Toma en cuenta la energía liberada del ácido benzoico y su diferencia de temperatura.
- Energía total liberada por la melaza y la cascarilla  $E_{t(c/m)}$ . Toma en cuenta la capacidad calorífica total del aparato y su diferencia de temperaturas.
- Poder calórico superior de la cascarilla y melaza ( $PCS(c/m)$ ). Considera la energía total liberada por la melaza y cascarilla con sus pesos.

- Poder calórico superior de la briqueta (PCSbr). Considera el poder calórico de cada componente y la fracción en un tanto por uno de los mismos.

## **6.2.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS COCINA SOLAR**

### **6.2.2.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para los ensayos térmicos en la cocina solar es el siguiente:

- Todas las cocinas a utilizarse deben probarse bajo las mismas condiciones.
- La temperatura ambiente debe permanecer entre 15 °C y 35 °C.
- La radiación solar deberá ser mayor de 700 W/m<sup>2</sup> en el plano del colector. Si no fuera así, se debe indicar en el ensayo.
- La reorientación hacia la posición del sol, de ser necesaria, debe realizarse cada 15 a 30 minutos.
- Se requieren días soleados con nublados mínimos a fin de contar con resultados aceptables.
- La velocidad del viento debe indicarse siempre, y de ser posible las experiencias deben efectuarse cuando tal velocidad sea de 1m/s como máximo.
- El sensor de temperatura (termómetro) debe colocarse a través de la tapa del recipiente de cocción (nunca levantándola) para lo cual hacer una perforación.
- Los tests deben ejecutarse entre las 10 y las 14 hr. Horas en las cuales existe la mayor radiación solar.

### 6.2.2.2 Registro de variables

- Velocidad del viento: Ejecutar los ensayos de cocinas solares con velocidades de viento menores a 1.0 m/s a la altura de la cocina solar que está siendo probada. Si el viento está por sobre 2.5 m/s durante más de 10 minutos, descartar el ensayo. La razón radica en que las pérdidas de calor están fuertemente influenciadas por la velocidad de viento. Velocidades de viento menores de 1 m/s ayudan a mantener un coeficiente de pérdidas de calor cercano al coeficiente de convección natural, produciendo resultados que son más consistentes. Si fuera necesario colocar pantallas de protección laterales que no afecten la radiación incidente en la cocina.
- Temperatura ambiente: Realizar el ensayo con temperaturas ambientes entre 15°C y 35°C. En vista de que la potencia de cocción está influenciada por la diferencia de temperatura entre la cámara interna y la temperatura ambiente. Un rango de 20°C mantiene una variabilidad moderada.
- Irradiación Solar: La irradiación solar debe medirse en el plano horizontal, utilizando instrumentación adecuada (piranómetro). Se deberá tratar de lograr una irradiación solar mayor a 700 W/m<sup>2</sup> sobre el concentrador. Si no se cuenta con el piranómetro utilizar el panel fotovoltaico y calcularla con el método indicado en el ejemplo del anexo D.
- Medición de temperatura: Las mediciones de temperatura se efectuarán con termómetros o termocuplas las cuales deberán ser adaptadas. Para la medición de la temperatura de superficie de la cocina se colocará una termocupla en el centro geométrico de la misma ensamblada por la parte inferior, de manera que no esté sometida a radiación o en su defecto utilizar una pistola láser de medición de temperatura. La medición en el recipiente de cocción debe hacerse en el foco es decir donde los rayos reflejados inciden. En cuanto a la medición de temperatura del producto se lo puede hacer con un termómetro de mercurio o de alcohol.

### 6.2.2.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados

Para la cocción de alimentos es fundamental el agua para lo cual el ensayo se realizará para determinar el tiempo en que demora en hervir y mantenerse en esta situación.

- Registro. La temperatura promedio del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el recipiente de cocción debe ser registrada cada 5 o 10 min. De igual manera la irradiación solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), velocidad de viento, la temperatura ambiente, temperaturas de pared del recipiente de cocción y superficie de cocina son otras variables que deben ser tomados en cuenta y registrarlas frecuentemente en el período de tiempo ya indicado. Registrar la fecha en que se realiza. La razón de medir cada cinco o diez minutos es que es un periodo suficientemente largo de tiempo que minimiza las fluctuaciones en pérdidas de calor debido a la temperatura ambiente y variabilidad del viento, esperándose una diferencia despreciable.
- Cálculo de la eficiencia óptica de la cocina ( $\eta_o$ ). Para dicho cálculo se toma en cuenta la reflejancia del espejo, transmitancia del envolvente del absorbedor, absortancia del absorbedor, factor de forma que depende de los errores en la pendiente del espejo y de la dispersión que sufre la radiación solar directa incidente, error de seguimiento de la cocina y fracción de apertura no sombreada por soportes y absorbedor.
- Cálculo del calor absorbido por el recipiente de cocción ( $q_{\text{abs}}$ ). Toma en cuenta variables como: área de apertura de la cocina, eficiencia óptica de la cocina e irradiación.
- Cálculo del calor perdido por el recipiente de cocción ( $q_p$ ). Toma en cuenta al coeficiente global de transferencia de calor, temperatura del recipiente de cocción, temperatura ambiente y área del recipiente de cocción.

- Cálculo del calor útil ( $q_u$ ). Que es la diferencia entre el calor absorbido y el calor perdido por el recipiente de cocción.
- Cálculo de la eficiencia instantánea de la cocina ( $\eta_c$ ). El cálculo relaciona al calor útil, área de apertura de la cocina e irradiación.
- Cálculo de la potencia de cocción, ( $P_c$ ). El cambio en la temperatura del agua cada cinco o diez minutos debe ser multiplicado por la masa en kilogramos y calor específico del agua  $4186 \text{ [J/kg}^\circ\text{C]}$  contenida en el recipiente, dividiendo este producto por 300 o 600 segundos contenidos en el intervalo de tiempo para obtener la potencia en Watts.
- Estandarización de la potencia de cocción. También conocida como potencia de cocción ajustada  $P_{ca}$ . La potencia de cocción para cada intervalo debe corregirse por una radiación estándar de  $700 \text{ (W/m}^2\text{)}$ , multiplicando la potencia de cocción observada por  $700 \text{ (W/m}^2\text{)}$  y dividiendo por el promedio de irradiación registrada durante el intervalo correspondiente. La razón radica en facilitar la comparación de resultados para diferentes localidades y fechas.
- Graficar la potencia de cocción en función de la diferencia de temperatura entre el producto y recipiente de cocción para cada intervalo
- Graficar la relación entre la potencia de cocción y la diferencia de temperatura entre el agua y el ambiente.
- Graficar la relación entre la eficiencia de la cocina y el calor útil.

### **6.2.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS BIORREACTOR**

#### **6.2.3.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para el ensayo es el siguiente:

- El ensayo puede realizarse en días nublados o despejados.
- La temperatura en el interior del biorreactor debe estar entre 20-35 °C con tiempo de retención mayor a 20 días.
- La toma de datos debe ser diaria y a la misma hora para apreciar los cambios de las variables.
- Siempre deben incluirse curvas de temperatura del sustrato contra tiempo y temperatura del sustrato contra presión del biogás en la presentación de resultados.
- Debe indicarse la proporción de materia vegetal, estiércol y agua, utilizada en el experimento.

### **6.2.3.2 Registro de variables**

- Temperatura en el interior del biorreactor. Realizar el ensayo con temperaturas entre 20-35 °C tomada con un termómetro. La razón radica en que las temperaturas extremas experimentadas matan a la población bacteriana provocando una caída en la presión del biogás y en consecuencia el fracaso de la práctica.
- Relación Carbono/Nitrógeno. Esta relación debe estar entre el 20-30 % de Carbono y 1% de Nitrógeno para lo cual de debe hacer un análisis de estos dos compuestos.
- PH (potencial hidrógeno). Esta variable debe comprender valores entre 7-7.2, para ser considerada como neutro.
- Mezcla.- con la ayuda de una balanza se determinará las proporciones adecuadas para realizar la carga al biorreactor.
- Nivel de amoníaco. Este valor se debe mantener menor a 2000 mgr/lt.
- Irradiación Solar: La irradiación solar debe medirse utilizando instrumentación adecuada e indicar si ésta es directa o difusa.

- Presiones. Esta variable se efectuará con los manómetros instalados en el equipo.

### **6.2.3.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados**

- Registro. El tiempo, las presiones y temperaturas deben ser registradas diariamente y a la misma hora para poder apreciar los cambios que sufren de las variables consideradas asimismo la fecha en que se realiza.
- **Mezcla. Utilizando una proporción de 30 a 40 % de materia vegetal (kikuyo) y un 60 a 70% de estiércol bovino, produce un biogás de muy buenas características.**
- Graficar. Temperatura de sustrato (°C) contra tiempo de retención (días) y Temperatura de sustrato (°C) contra presión del biogás (PSI) en la presentación de resultados.

## **6.2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS PANEL FOTOVOLTAICO**

### **6.2.4.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para el ensayo es el siguiente:

- El ensayo puede realizarse en días nublados o despejados.
- La temperatura ambiente debe permanecer entre 15 °C y 35 °C.
- La orientación hacia la posición del sol, de ser necesaria, debe realizarse cada 15 a 30 minutos.
- Siempre deben incluirse curvas de intensidad contra voltaje y eficiencia contra temperatura de operación en la presentación de resultados.
- Se debe registrar la velocidad del viento.

- Los tests deben ejecutarse entre las 10 y las 14 hr. Horas en las cuales existe la mayor radiación solar.

#### **6.2.4.2 Registro de variables**

- Temperatura ambiente: Realizar el ensayo con temperaturas ambientes entre 15°C y 35°C tomada con un termómetro digital. La razón radica en que al aumentar la temperatura se reduce la eficiencia del panel fotovoltaico.
- Irradiación Solar: La irradiación solar debe medirse utilizando instrumentación adecuada e indicar si ésta es directa o difusa.
- Medición de temperatura en el panel fotovoltaico: Las mediciones de temperatura se efectuarán con instrumentación adecuada (pistola láser), en cuatro puntos diferentes del panel (inferior, medio, superior y posterior). Esta medición permite determinar la temperatura de operación del panel.
- Medición de intensidad y voltaje: Se realiza mediante la adaptación de dos cables en los terminales del panel (+ y -) en los cuales se les conecta el multímetro.

#### **6.2.4.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados**

- Registro. La temperatura promedio del panel (°C) debe ser registrada cada 5 o 10 min. La intensidad, voltaje y la temperatura ambiente, son otras variables que deben ser tomados en cuenta y registrarlas frecuentemente en el mismo intervalo indicado anteriormente. La fecha en que se realiza la práctica debe ser registrada lo que permite tener datos para diferentes épocas del año.
- Cálculo de la eficiencia en condiciones normales de prueba del panel ( $\eta_{CNP}$ ). La potencia pico del panel 43 (W) debe ser dividida por el

producto de su área ( $m^2$ ) multiplicada por la irradiación en condiciones normales de prueba  $1000 (W/m^2)$ .

- Cálculo de intervalos promedios. Las temperaturas tomadas en la parte superior del panel para cada intervalo deben ser promediadas para obtener la temperatura de operación del panel.
- Cálculo de la eficiencia del panel ( $\eta$ ). Este cálculo involucra a la eficiencia nominal del panel en condiciones normales, temperatura de operación del panel para cada intervalo y la temperatura de operación del panel a condiciones normales indicada por el fabricante.
- Graficar la Intensidad (I) y voltaje (V) en función de la irradiación.
- Graficar la eficiencia (%) del panel contra temperatura de operación ( $^{\circ}C$ ).
- Graficar las curvas características del panel ( I Vs. V) y compararlas con las del fabricante del panel.

## **6.2.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS HORNO DE SECADO AL VACIO**

### **6.2.5.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para el ensayo es el siguiente:

- El ensayo puede realizarse a cualquier hora del día (horas hábiles).
- Se debe realizar un precalentamiento del horno conectándolo a una fuente energética
- Determinar peso inicial y final del producto como también su tiempo de secado.
- La presión de vacío se debe supervisar hasta que alcance la presión requerida entre 76-153 mmHg.

- Las temperaturas de proceso deben estar entre 38-60 °C.
- Se debe incluir curvas de tiempo contra temperatura del horno en la presentación de resultados.
- La presión de vacío, temperaturas y tiempo de secado deben indicarse siempre.

#### **6.2.5.2 Registro de variables**

- Medición de temperatura. Las mediciones de temperatura se efectuarán con instrumentación adecuada (termómetro).
- Presión de vacío. Se realiza mediante la adaptación de válvulas de la bomba de vacío al horno donde están instalados unos manómetros que nos permiten apreciar esta variable.
- Tiempo. Con la ayuda de un cronómetro se toma el período en el cual el producto cumple con las exigencias requeridas de secado.

#### **6.2.5.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados**

- Registro. El tiempo promedio de secado debe ser registrado según los datos facilitados en las pruebas, período en el cual se sacará el producto y se verificará si cumple o no con los requisitos deseados al igual que la presión, la temperatura de la cámara deberá ser registrada cada 10 min.
- Cálculo de intervalos. Las temperaturas, los tiempos y presiones tomadas en el horno para cada intervalo deben ser registrados para obtener los datos totales de secado del producto en caso de que al mismo se la haya sacado antes de tiempo.
- Graficar la temperatura de cámara (°C) contra tiempo de secado (min) en la presentación de resultados.

## **6.2.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL**

### **6.2.6.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para el ensayo es el siguiente:

- El ensayo puede realizarse en días nublados o despejados (horas hábiles).
- Se debe realizar una previa instalación de los instrumentos de medición para su registro.
- Las pruebas deben ejecutarse entre las 10 y las 14 hr. Horas en las cuales existe la mayor radiación solar.
- La temperatura ambiente debe variar entre 15 °C y 35 °C.
- Determinar peso inicial y final del producto como también su tiempo de secado.
- Las temperaturas de proceso deben estar entre 25-35 °C.
- Las velocidades de viento no influyen de manera significativa para el normal desarrollo de la práctica.
- Se debe incluir la curva de eficiencia del equipo contra calor útil en la presentación de resultados.

### **6.2.6.2 Registro de variables**

- Medición de temperatura. Las mediciones de temperatura se efectuarán con instrumentación adecuada (termocuplas).
- Tiempo. Con la ayuda de un cronómetro se toma el período en el cual el producto cumple con las exigencias requeridas de secado.
- Irradiación Solar: La irradiación solar debe medirse utilizando instrumentación adecuada e indicar si ésta es directa o difusa.

- Medición de intensidad y voltaje: Se realiza mediante la adaptación de dos cables en los terminales del panel (+ y -) en los cuales se les conecta el multímetro.

### **6.2.6.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados**

- Registro. El tiempo promedio de secado debe ser registrado según los datos facilitados en las pruebas, período en el cual se sacará el producto y se verificará si cumple o no con los requisitos deseados, las variables descritas en la guía deberán ser registradas cada 10 min.
- Cálculo de intervalos. Las temperaturas y los tiempos tomadas en el horno para cada intervalo deben ser registrados para obtener los datos totales de secado del producto en caso de que al mismo se la haya sacado antes de tiempo.
- Cálculo de la eficiencia. Es el calor útil entregado al producto dividido por su área ( $m^2$ ) y la irradiación promedio de los días de toma de datos.
- Graficar. Eficiencia del equipo (%) contra calor útil (kcal) en la presentación de resultados.

## **6.2.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO**

### **6.2.7.1 Procedimiento general**

El procedimiento general para los ensayos térmicos en el concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico es el siguiente:

- La temperatura ambiente debe permanecer entre 15 °C y 35 °C.
- La radiación solar deberá ser mayor de 700 W/m<sup>2</sup> en el plano del colector. Si no fuera así, se debe indicar en el ensayo.

- La orientación hacia la posición del sol, de ser necesaria, debe realizarse cada 15 a 30 minutos.
- Se requieren días soleados con nublados mínimos a fin de contar con resultados reproducibles.
- La velocidad del viento debe indicarse siempre, y de ser posible las experiencias deben efectuarse cuando la velocidad sea de 3m/s como máximo.
- Las pruebas deben ejecutarse entre las 10 y las 14 hr Horas en las cuales existe la mayor radiación solar.

#### **6.2.7.2 Registro de variables**

- Velocidad del viento: Ejecutar los ensayos con velocidades de viento menores a 10 m/s Si el viento está por sobre 10 m/s durante más de 10 minutos, descartar el ensayo. La razón radica en que las pérdidas de calor están fuertemente influenciadas por la velocidad de viento. Velocidades de viento menores de 3 m/s ayudan a mantener un coeficiente de pérdidas de calor cercano al coeficiente de convección natural, produciendo resultados que son más consistentes.
- Temperatura ambiente: Realizar el ensayo con temperaturas ambientes entre 15°C y 35°C.
- Irradiación Solar: La irradiación solar debe medirse en el plano horizontal, utilizando instrumentación adecuada (piranómetro). Se deberá tratar de tener irradiación solar mayor de 700 W/m<sup>2</sup>. Si no se cuenta con el piranómetro utilizar el panel fotovoltaico y calcularla con el método indicado en el ejemplo de cálculo del anexo D
- Medición de temperatura: Las mediciones de temperatura del fluido de trabajo se efectuarán con termómetros los cuales ya están instalados tanto a la entrada como a la salida de los concentradores. Para la medición de la temperatura de superficie de cocina se colocará una termocupla en cualquiera de los tubos de la misma soldada a un costado

o por debajo, de manera que no esté sometida a sol directo o interrumpa con la cocción del producto o en su defecto utilizar una pistola láser de medición de temperatura. Asimismo se medirá la temperatura del absorbedor con la pistola láser al final del mismo es decir en el tercer concentrador.

### **6.2.7.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados**

Para la cocción de alimentos o hervir agua el ensayo se realizará para determinar el tiempo de cocción del producto o el tiempo en que demora hervir el agua.

- Registro. Irradiación solar ( $W/m^2$ ), velocidad de viento, el tiempo de cocción, la temperatura ambiente, de entrada y salida del fluido de trabajo, de cocina y del tubo absorbedor estas variables deben ser medidas cada 5 o 10 minutos. Registrar la fecha en que se realiza. La razón de medir cada cinco o diez minutos es que es un periodo suficientemente largo de tiempo que minimiza las fluctuaciones en pérdidas de calor debido a la temperatura ambiente y variabilidad del viento, esperándose una diferencia despreciable.
- Cálculo del calor útil ( $Q_{ut}$ ). Es la diferencia entre el calor absorbido por el aceite térmico y el calor perdido por los colectores.
- Cálculo de la eficiencia instantánea de los concentradores ( $\eta_c$ ). El cálculo relaciona al calor útil, área de apertura de los concentradores e irradiación.
- Graficar la eficiencia de los concentradores contra calor útil, en la presentación de resultados.

# CAPÍTULO 6

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

6.1 PRUEBAS	153
6.1.1 PRUEBAS EN LA BRIQUETADORA	153
6.1.2 PRUEBAS EN LA COCINA	155
6.1.3 PRUEBAS EN EL BIORREACTOR	159
6.1.4 PRUEBAS EN EL PANEL FOTOVOLTAICO	161
6.1.5 PRUEBAS EN EL HORNO DE SECADO AL VACIO	163
6.1.6 PRUEBAS EN EL SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL	166
6.1.7 PRUEBAS EN EL CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO	167
6.2 DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS	168
6.2.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS BRIQUETADORA	168
6.2.1.1 Procedimiento general	168
6.2.1.2 Registro de variables	168
6.2.1.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	169
6.2.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS COCINA SOLAR	170
6.2.2.1 Procedimiento general	170
6.2.2.2 Registro de variables	171
6.2.2.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	172
6.2.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS BIORREACTOR	173
6.2.3.1 Procedimiento general	173
6.2.3.2 Registro de variables	174
6.2.3.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	175
6.2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS PANEL FOTOVOLTAICO	175
6.2.4.1 Procedimiento general	175
6.2.4.2 Registro de variables	176
6.2.4.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	176
6.2.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS HORNO DE SECADO AL VACIO	177
6.2.5.1 Procedimiento general	177
6.2.5.2 Registro de variables	178
6.2.5.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	178

6.2.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS SECADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL	179
6.2.6.1 Procedimiento general	179
6.2.6.2 Registro de variables	179
6.2.6.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	180
6.2.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CILÍNDRICO PARABÓLICO	180
6.2.7.1 Procedimiento general	180
6.2.7.2 Registro de variables	181
6.2.7.3 Metodología de cálculo y tratamiento de resultados	182
Figura 6.1 Poder calórico superior Vs. % de cascarilla de arroz	155
Figura 6.2 Gráfica eficiencia Vs. Calor útil	157
Figura 6.3 Potencia de cocción Vs. T.recipiente – T.producto	158
Figura 6.4 Tiempo de fermentación Vs. T. sustrato	160
Figura 6.5 T. sustrato Vs. Presión del biogás	160
Figura 6.6 Variación de Intensidad de corriente y Voltaje en función de la irradiancia	162
Figura 6.7 Eficiencia Vs. Temperatura de operación del panel	163
Figura 6.8 Temperatura interior del horno Vs. Tiempo de secado	164
Figura 6.9 Eficiencia Vs. Calor útil	167
Tabla 6.1 Cuadro de resultados de pruebas en las briquetas	154
Tabla 6.2 Cuadro de resultados cocina solar	156
Tabla 6.3 Tiempos de cocción de algunos productos	157
Tabla 6.4 Datos obtenidos del biorreactor	159
Tabla 6.5 Tabla de resultados panel fotovoltaico	161
Tabla 6.6 Tabla de resultados horno de secado al vacío	164
Tabla 6.7 Tiempos de secado de diversas especies higroscópicas, obtenidos en el horno cilíndrico al vacío	165
Tabla 6.8 Resultados de prueba en el secador solar	166

# CAPÍTULO 7

## PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO

### 7.1 ESTUDIO DE SELECCIÓN DEL ÁREA DISPONIBLE

En la selección del área disponible se considera una serie de características o parámetros que debe reunir el sitio en el cual se implementará el laboratorio los cuales permitirán una elección correcta, los aspectos necesarios se indican a continuación:

Características:

- Seguridad.
- Razón de cercanía.
- Desplazamiento.
- Facilidad de transporte.
- Riesgos.
- Servicios básicos.

Además de los aspectos ya mencionados también debe considerarse el área mínima requerida ( $m^2$ ) que debe tener el sitio para lo cual en la tabla 7.1 y 7.2 se a estimado también el espacio necesario de los equipos y departamentos que tendrá el laboratorio.

**Tabla 7.1 Áreas para equipos**

<b>Área de equipos solares</b>				
<b>Código</b>	<b>Equipo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cantidad Nº</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>
LENC-02-E	Cocina solar	0.7225	6	4.335
LENC-04-E	Panel fotovoltaico	0.77	2	1.54
			<b>Total</b>	<b>5.875</b>
<b>Área de equipos que van al laboratorio de biomasa</b>				
<b>Código</b>	<b>Equipo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cantidad Nº</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>
LENC-01-E	Briquetadora de combustible sólido vegetal.	1.44	1	1.44
LENC-05-E	Horno de secado al vacío.	0.4	1	0.4
			<b>Total</b>	<b>1.84</b>
<b>Área de equipos que van instaladas en el sitio de pruebas</b>				
<b>Código</b>	<b>Equipo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cantidad Nº</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>
LENC-03-E	Biorreactor	87.48	1	87.48
LENC-07-E	Concentradores cilíndricos parabólicos	21.16	1	21.16
LENC-06-E	Horno de secado solar.	3.84	1	3.84
			<b>Total</b>	<b>112.48</b>

Se debe mencionar que el dimensionamiento de los equipos se los hace como bloque tomando sus medidas más extremas.

**Tabla 7.2 Área mínima requerida para el laboratorio**

<b>Departamento Nombre</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Equipos solares.	200
Registro de datos.	9
Depósito de equipos solares e instrumentos.	36
Oficina para el laboratorista.	20
Laboratorio de biomasa.	30
Aula de tutorías.	30
Espera.	9
Baño (Hombre y Mujer).	4
<b>Total</b>	<b>338</b>

En el cálculo del área mínima para el laboratorio de energías no convencionales primero se determinó que departamentos debe tener, esto se hizo observando a otros afines que posee la facultad y necesidades propias que debe tener el mismo. Una vez determinado los departamentos que se detallan más adelante se hace su dimensionamiento considerando los elementos que van en cada uno de ellos.

Con lo analizado anteriormente se determinó el área mínima que se necesita para el laboratorio es 338 m<sup>2</sup>, considerando un error por otros factores por ejemplo nuevos equipos, sombras, circulación y otros aproximamos a 400 m<sup>2</sup> que es lo que debe tener el sitio a elegir.

## **7.2 MATRIZ DE SELECCIÓN**

Con el área mínima requerida se selecciona mínimo tres sitios que cumplan con este requerimiento para luego realizar una matriz de selección con los aspectos ya mencionados los cuales deben ser ponderados de acuerdo a su importancia.

### **7.2.1 SITIOS CONSIDERADOS**

#### **Sitio A**

Lugar ubicado entre el área de materiales - transportes y el club canino.  
Con un área aproximada de 1000 m<sup>2</sup>.



**Fotografía 7.1 Área verde cercana a trasportes y club canino**

**Sitio B**

Lugar ubicado a un costado de la gasolinera dirigiéndose al club canino.

Tiene un área aproximada de 800 m<sup>2</sup>.



**Fotografía 7.2 Área verde localizada entre club canino y gasolinera**

**Sitio C**

Lugar ubicado en la terraza del laboratorio de termodinámica.

Tiene un área aproximada de 750 m<sup>2</sup>.



**Fotografía 7.3 Terraza del laboratorio de Termodinámica**

## **7.2.2 SELECCIÓN DEL LUGAR ADECUADO**

**Para seleccionar el lugar más adecuado se consideró las características ya mencionados separándolos en aspectos técnicos y económicos de las tres alternativas propuestas.**

### **Aspectos técnicos.**

- Facilidad de construcción.
- Mantenibilidad.
- Cercanía a aulas de clase.
- Sombras.
- Viento.

### **Aspectos económicos.**

- Costo de construcción.

Estos criterios se valoran dándoles una ponderación de acuerdo a su importancia que se puede observar en la tabla 7.3

Tabla 7.3 Ponderación de parámetros

Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	Puntaje	%	Ponderación
Cercanía al aula	-	1	1	1	1	1	1	6	28.57	<b>0.28</b>
Sombras		-	1	1	1	1	1	5	23.81	<b>0.24</b>
Vientos			-	1	1	1	1	4	19.05	<b>0.19</b>
Costo de la construcción				-	1	1	1	3	14.29	<b>0.14</b>
Facilidad de construcción					-	1	1	2	9.52	<b>0.1</b>
Mantenibilidad laboratorio						-	1	1	4.76	<b>0.05</b>
<b>Total</b>								<b>21</b>		

Con los factores de ponderación se hace la matriz de selección del sitio más adecuado.

Tabla 7.4 Matriz de selección

Parámetros	Ponderación	LOCALIZACIÓN					
		Sitio A		Sitio B		Sitio C	
		Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación
Cercanía al aula	0.28	3	0.84	4	1.12	8	2.24
Sombras	0.24	10	2.4	6	1.44	10	2.4
Vientos	0.19	10	1.9	10	1.9	9	1.71
Costo de construcción	0.14	8	1.12	6	0.84	10	1.4
Facilidad construcción	0.1	10	1	9	0.9	7	0.7
Mantenibilidad laboratorio	0.05	3	0.15	4	0.2	10	0.5
		<b>Total</b>	<b>7.41</b>	<b>Total</b>	<b>6.4</b>	<b>Total</b>	<b>8.95</b>

Por tanto el área más conveniente para la construcción del laboratorio es la opción C.

### 7.3 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO

Para este análisis se comenzará realizando una distribución de planta del laboratorio tomando en cuenta los diferentes departamentos que lo componen ya mencionados anteriormente.

De los diferentes tipos de distribución básicos de planta<sup>12</sup> se seleccionó la que es por proceso ya que agrupa personal y equipo por funciones similares (de la misma naturaleza). Se realiza trabajos rutinarios a bajos volúmenes de producción, con trabajo intermitente guiados por órdenes individuales de trabajo. También se aplica cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieran la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto.

Y para este tipo de distribución se utilizará el método SLP (Systematic Layout Planning) es una técnica ideal para el planeamiento de interrelación entre cualquier grupo de actividades afines, tiene como objetivo la integración de las áreas con el flujo general, de tal forma que las instalaciones queden convenientemente situadas.

Este método utiliza una técnica poco cuantitativa, al proponer distribuciones con base en la conveniencia de cercanía entre los departamentos.

El método se realiza en los siguientes pasos:

1. Identificación de las actividades de la planta (Zonificación).

De acuerdo a las actividades que realiza el laboratorio los departamentos y áreas se han incluido en una zonificación general.

## ÁREAS REQUERIDAS

---

<sup>12</sup> Evaluación de proyectos “Gabriel Baca Urbina” pág. 108

- Pruebas.- Sitio donde se colocan los equipos térmicos para la toma de datos.
- Registro.- Lugar donde se digitan los datos obtenidos., para el control y seguimiento del trabajo hecho en laboratorio, asimismo para tener datos estadísticos, de las variables que involucran a los equipos.
- Depósito de equipos solares e instrumentación.- Almacenamiento de las cocinas solares y paneles, al igual que los instrumentos de medición, asimismo dentro de ésta área se incluye un sitio para el mantenimiento de los equipos solares.
- Oficina.- Área de trabajo del encargado del laboratorio.
- Laboratorio de biomasa.
- Aula.- Aula de tutorías e indicaciones.
- Espera.- Lugar sombreado para evitar insolación durante la práctica.
- Baño.- Para hombres y mujeres.

**2. Construcción de una matriz diagonal en la que constan los nombres de los distintos departamentos de acuerdo a su grupo de actividad. Por medio de esta se relacionan todos los departamentos de la empresa. Se debe llenar cada uno de los cuadros de la matriz (diagrama de correlación) con la letra del código de proximidades que se considere más acorde con la necesidad de cercanía entre los departamentos.**

**Los departamentos han sido incluidos en cada una de las diferentes zonas enunciadas, y posteriormente se desarrolló el diagrama de correlación, tomando en cuenta grados de cercanía y razones de proximidad. Este diagrama se puede observar en el Anexo E.**

**3. Se debe construir un diagrama de hilos a partir del diagrama de proximidad, cuando el número de zonas no sea elevado. Este diagrama de hilos debe coincidir con el de correlación en lo referente a la proximidad de los departamentos.**

**El diagrama de hilos se puede considerar un plano, y es la base para proponer la distribución final.**

#### **4. Distribución en planta (LAYOUT)**

**Basándonos en el diagrama de correlación se ubicarán las distintas áreas en la localización establecida. La distribución propuesta es óptima cuando las proximidades coinciden en el diagrama y en el plano de la planta.**

**En la elaboración de la distribución de planta interviene en gran medida el ingenio del investigador, pues no es forzoso que todos los departamentos tengan ni lados iguales ni una superficie regular.**

**El plano de distribución de planta o Layout se puede observar en el Anexo E**

## **7.4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS**

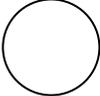
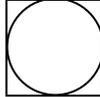
Para este estudio de movimientos se consideró los diagramas de operación y diagrama de flujo ya que son los más aplicables a este proyecto.

1. Diagrama de proceso de operación<sup>13</sup>.- Es la representación gráfica de un trabajo en el que sólo intervienen operaciones y, en forma aislada, inspecciones y entrada o salida del material. Este diagrama usa simbología internacionalmente aceptada para representar las operaciones efectuadas, dicha simbología es la siguiente.

---

<sup>13</sup> Evaluación de proyectos “Gabriel Baca Urbina” págs. 103-104

**Tabla 7.5 Simbología de flujo del proceso**

Símbolo	Descripción
	<p>Operación.- Significa que se efectúa un cambio o transformación en algún componente del producto, ya sea por medios físicos, mecánicos o químicos, o la combinación de cualquiera de los tres.</p>
	<p>Transporte.- Es la acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento en determinada operación o hacia algún punto de almacenamiento o demora.</p>
	<p>Demora.- Se presenta generalmente cuando existen cuellos de botella en el proceso y hay que esperar turno para efectuar la actividad correspondiente. En otras ocasiones, el propio proceso exige una demora.</p>
	<p>Almacenamiento.- Tanto de materia prima, de producto en proceso o producto terminado.</p>
	<p>Inspección.- Es la acción de controlar que se efectúe correctamente una operación, un transporte o verificar la calidad del producto.</p>
	<p>Operación combinada.- Ocurre cuando se efectúa simultáneamente dos de las acciones mencionadas.</p>

Fuente: Evaluación de proyectos. Gabriel Baca Urbina.

Las reglas mínimas para su aplicación son:

- Empezar en la parte superior derecha de la hoja y continuar hacia abajo, y a la derecha o en ambas direcciones.
- Numerar cada una de las acciones en forma ascendente; en caso de que existan acciones agregadas al ramal principal del flujo en el curso de proceso, asignar el siguiente número secuencial a estas acciones en cuanto aparezcan. En caso de que existan maniobras repetitivas se formará un bucle o rizo y se hará una asignación supuesta de los números.
- Introducir los ramales secundarios al flujo principal por la izquierda de éste, siempre que sea posible.
- Poner el nombre de la actividad a cada acción correspondiente.

El diagrama de flujo de procesos para cada uno de los equipos se los puede observar en el anexo E

2. Diagrama de flujo<sup>14</sup>.- Muestra el itinerario recorrido por un componente desde la recepción a los almacenes, la fabricación, los subensambles, ensambles, empaques, almacenaje y empaque. Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Se realiza sobre un plano físico de las instalaciones.
- El diagrama es realizado para cada componente.
- El recorrido se hace sobre distancias reales, las distancias pueden ser medidas para acercarlas, tomando en cuenta los espacios de seguridad y operación del operario.

El diagrama de flujo se lo puede observar en el anexo E

## **7.5 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO**

En esta parte se consideraron un conjunto de elementos mínimos necesarios para la creación y funcionamiento del laboratorio, las cuales se presentan a continuación:

En la tabla 7.6 se detallan los equipos básicos que necesitan cada uno de los departamentos que conforman el laboratorio para desempeñarse sin problemas.

**Tabla 7.6 Requerimientos básicos de los departamentos**

<b>Requerimientos Básicos</b>
-------------------------------

---

<sup>14</sup> Curso de organización y control de la producción FIME 2005

Departamento	Elementos	Cantidad
Oficina	Escritorio	1
	Sillón	1
	Libreros	1
	Computadora	1
	Sillas	3
Aula de capacitación	Mesas	17
	Sillas	17
	Pizarrón	1
Baño	Inodoro	2
	Urinario	1
	Lavabo	2
Espera	Sillas	5
Registro	Mesa de computadora	2
	Sillas	2
	Equipo informático	2
Depósito	Estanterías	1
	Lavabo	1
	Mesa	1
Laboratorio de Biomasa	Mesa	1
	Lavabo	1

Haciendo un análisis más detallado de los instrumentos y equipos que se necesita para operar correctamente y con todas las garantías de seguridad que exigen las prácticas se los ha descrito en la tabla 7.7

**Tabla 7.7 Instrumentos y equipos necesarios**

Instrumentos de medición	
Nombre	Cantidad
Balanza	2
Termómetro	6
Cronómetro	6
Anemómetro	2
Pistolas láser	2
Termómetro digital	2
Multímetro	2
Vaso graduado	2
Termocuplas	4
Heliógrafo	1
Barómetro	1

Rosa de los vientos	1
Radiómetro	1
Hidrómetro	1
<b>Equipos complementarios</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Cuchillos	4
Baldes	2
Bandeja	4
Recipientes de cocción	6
Juego de llaves de ajuste	6
<b>Equipos de Seguridad</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>
Gafas negras N°12	10
Guantes cuero	10
Gafas de seguridad	2
Mascarilla	4
Guantes caucho	6
Extintor	1

En lo referente a instalaciones eléctricas debe instalarse una toma trifásica de 220 V para el funcionamiento de la briquetadora.

Cabe destacar que una vez que el laboratorio funcione se harán las adquisiciones oportunas de nuevos equipos e instrumentos en base a las necesidades presentadas.

## **7.6 PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS**

Los planos de distribución de equipos se puede observar en el anexo E en el cual se detalla los espacios donde van a estar almacenados así como también sus espacios para pruebas las cuales tienen delimitado su área de trabajo y espacios de circulación.

En el caso del biorreactor está ubicado en otro sitio fuera de la terraza del laboratorio de termodinámica por seguridad y que es un equipo que produce biogás.

## **CAPÍTULO 7**

### **PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO**

7.1 ESTUDIO DE SELECCIÓN DEL ÁREA DISPONIBLE _____	183
7.2 MATRIZ DE SELECCIÓN _____	185
7.2.1 SITIOS CONSIDERADOS _____	185
7.2.2 SELECCIÓN DEL LUGAR ADECUADO _____	187
7.3 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO _____	188
7.4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS _____	191
7.5 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO _____	193

7.6 PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS	195
---------------------------------------	-----

#### **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 7.1 ÁREAS PARA EQUIPOS	184
TABLA 7.2 ÁREA MÍNIMA REQUERIDA PARA EL LABORATORIO	184
TABLA 7.3 PONDERACIÓN DE PARÁMETROS	187
TABLA 7.4 MATRIZ DE SELECCIÓN	188
TABLA 7.5 SIMBOLOGÍA DE FLUJO DEL PROCESO	191
TABLA 7.6 REQUERIMIENTOS BÁSICOS DE LOS DEPARTAMENTOS	193
TABLA 7.7 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS NECESARIOS	194

#### **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

FOTOGRAFÍA 7.1 SITIO A	185
FOTOGRAFÍA 7.2 SITIO B	186
FOTOGRAFÍA 7.3 SITIO C	186

# **CAPÍTULO 8**

## **PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

### **7.1 PLAN DE MANTENIMIENTO**

En este capítulo se tratará el plan de mantenimiento de los equipos que incluye la planificación, mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos.

#### **8.1.1 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

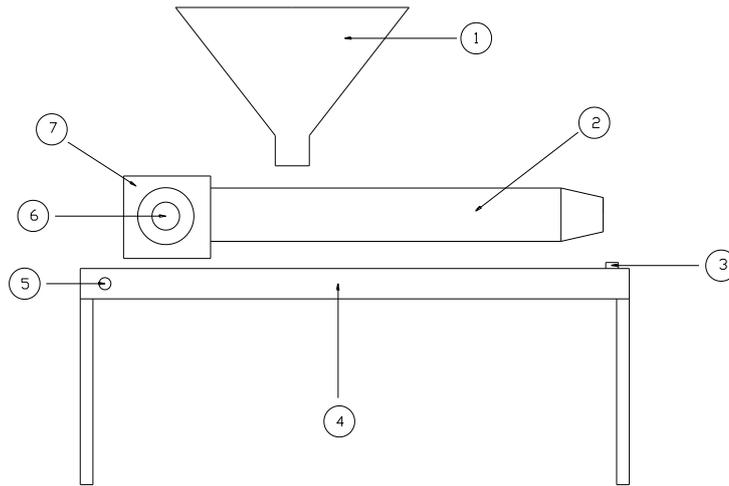
Dentro de la planificación del mantenimiento se considera los siguientes puntos:

- Identificación de partes críticas.
- Estado de las partes de los equipos.
- Nivel jerárquico de cada una de las partes del equipo.
- Fijación del orden de prioridad de unos trabajos sobre otros.
- Establecer los tiempos necesarios de ejecución de cada tarea y los operarios precisos para cada trabajo.
- Lista de repuestos más usuales para cada equipo.

##### **8.1.1.1 Esquemas de equipos para identificación de puntos críticos**

En esta sección se detallará las partes importantes de cada uno de los equipos que requerirán de mantenimiento.

- Equipo Nº 1.

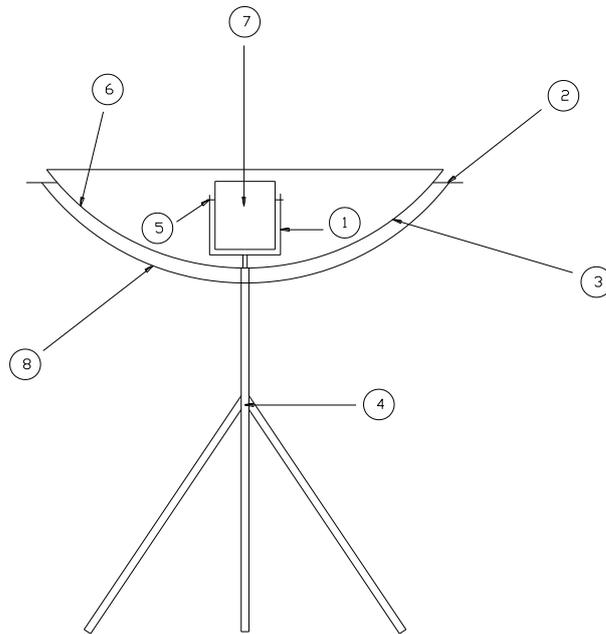


**Figura 8.1 Briquetadora**

**Tabla 8.1 Partes importantes de la Briquetadora**

Equipo	Briquetadora		
#	Código	Elemento	Jerarquía
1	LENC-01E-01	Tolva	Importante
2	LENC-01E-02	Sistema de compactación	Vital
3	LENC-01E-03	Pulsador doble arranque	Vital
4	LENC-01E-04	Mesa	Necesario
5	LENC-01E-05	Paro de emergencia	Vital
6	LENC-01E-06	Motor	Vital
7	LENC-01E-07	Caja reductora	Vital

- Equipo Nº 2.

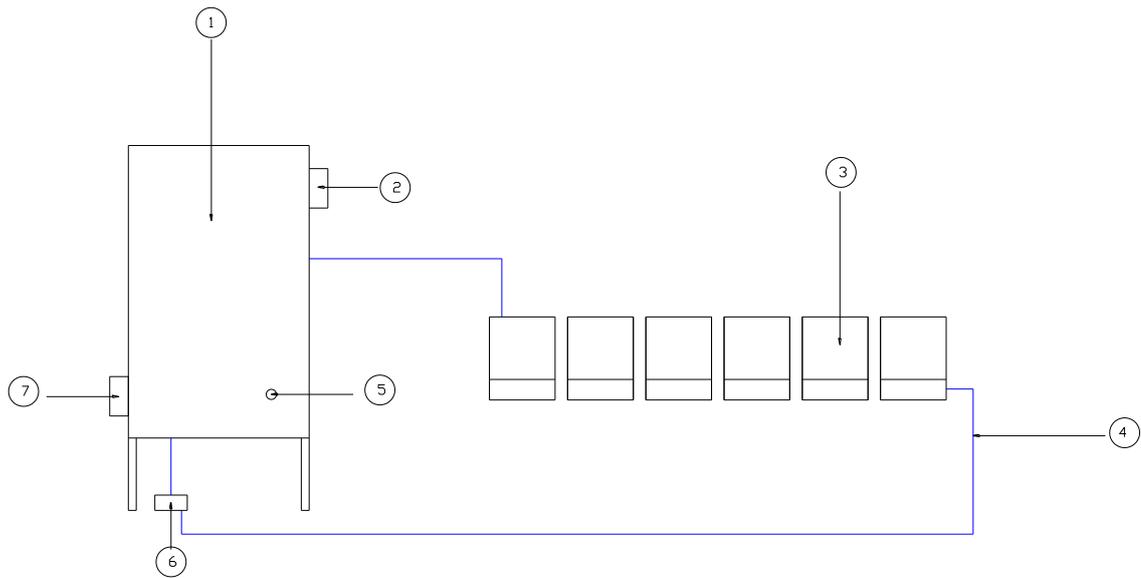


**Figura 8.2 Cocina Solar**

**Tabla 8.2 Partes importantes de la Cocina solar**

Equipo	Cocina Solar		
#	Código	Elemento	Jerarquía
1	LENC-02E-01	Soporte de recipiente de cocción	Vital
2	LENC-02E-02	Tornillo sujeción (Plato-base)	Importante
3	LENC-02E-03	Plato	Vital
4	LENC-02E-04	Trípode	Necesario
5	LENC-02E-05	Tornillo sujeción (recipiente-soporte)	Importante
6	LENC-02E-06	Cinta reflectiva	Vital
7	LENC-02E-07	Recipiente de cocción	Vital
8	LENC-02E-08	Base de plato	Importante

- Equipo Nº 3.

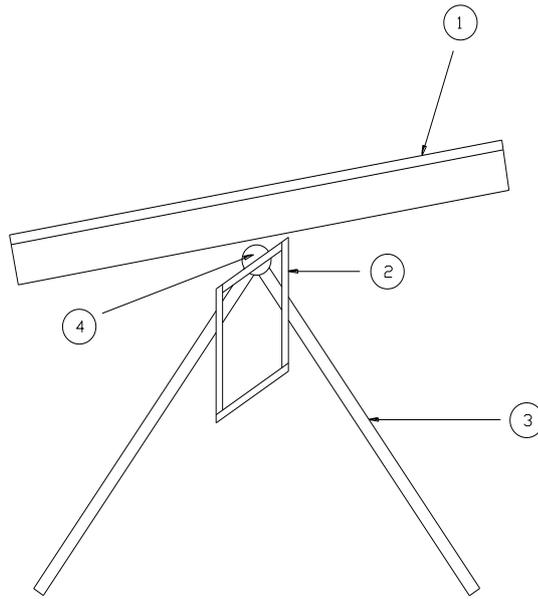


**Figura 8.3 Biorreactor**

**Tabla 8.1 Partes importantes del Biorreactor**

Equipo		Biorreactor	
#	Código	Elemento	Jerarquía
1	LENC-03E-01	Biorreactor	Vital
2	LENC-03E-02	Brida de carga	Vital
3	LENC-03E-03	Colectores planos	Vital
4	LENC-03E-04	Tubería de circulación H2O	Vital
5	LENC-03E-05	Válvula desfogue gas	Importante
6	LENC-03E-06	Bomba	Vital
7	LENC-03E-07	Brida de descarga	Vital

- **Equipo Nº 4.**

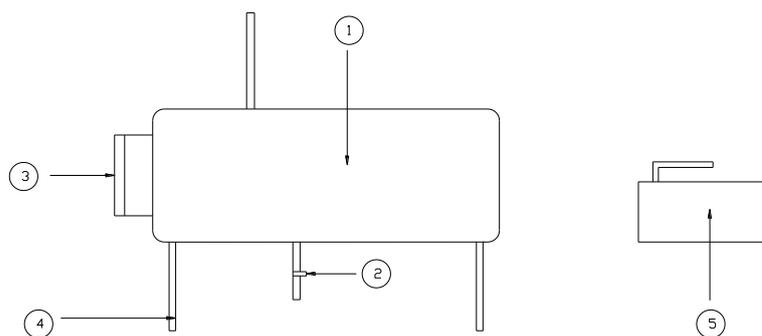


**Figura 8.4 Panel fotovoltaico con rotación en un eje**

**Tabla 8.4 Partes importantes del Panel fotovoltaico**

Equipo	Panel Fotovoltaico		
#	Código	Elemento	Jerarquía
1	LENC-04E-01	Panel	Vital
2	LENC-04E-02	Mecanismo de orientación	Necesario
3	LENC-04E-03	Base soporte	Necesario
4	LENC-04E-04	Rodamientos	Importante

- Equipo Nº 5.

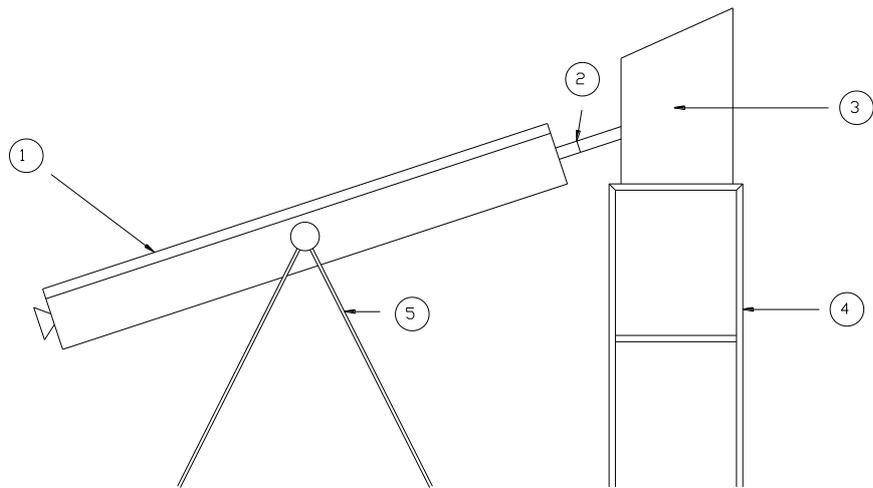


**Figura 8.5 Horno de secado al vacío**

**Tabla 8.5 Partes importantes del Horno de secado al vacío**

Equipo	Horno de secado al vacío		
#	Código	Elemento	Jerarquía
1	LENC-05E-01	Horno	Vital
2	LENC-05E-02	Válvulas de desfogue	Importante
3	LENC-05E-03	Tapa	Vital
4	LENC-05E-04	Base soporte	Necesario
5	LENC-05E-05	Bomba de vacío	Vital

- Equipo Nº 6.

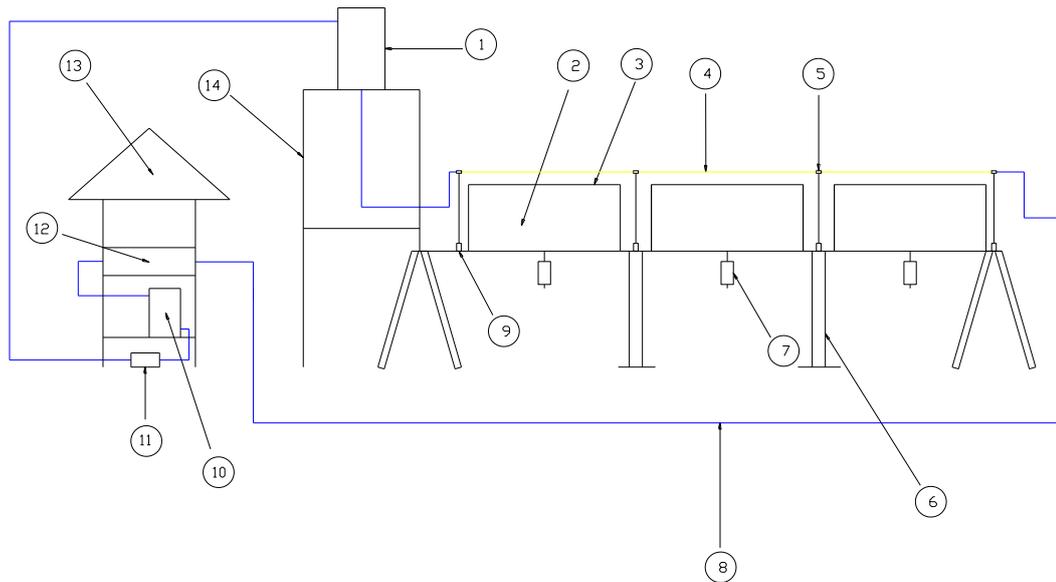


**Figura 8.6 Secador solar por convección natural**

**Tabla 8.6 Partes importantes del Secador solar por convección natural**

<b>Secador solar por convección natural</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>Elemento</b>	<b>Jerarquía</b>
1	LENC-06E-01	Colector plano	Vital
2	LENC-06E-02	Ducto de aire	Vital
3	LENC-06E-03	Horno de secado	Vital
4	LENC-06E-04	Soporte de horno	Necesario
5	LENC-06E-05	Soporte de colector plano	Necesario

- **Equipo Nº 7.**



**Figura 8.7 Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico**

**Tabla 8.7 Partes importantes del concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico**

<b>Concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>Elemento</b>	<b>Jerarquía</b>
1	LENC-07E-01	Reservorio de aceite	Importante
2	LENC-07E-02	Concentradores cilíndricos parabólicos	Vital
3	LENC-07E-03	Cinta reflectiva	Vital
4	LENC-07E-04	Absorbedores	Vital
5	LENC-07E-05	Acoples	Necesario
6	LENC-07E-06	Base soporte de concentradores	Necesario
7	LENC-07E-07	Contrapesos	Importante
8	LENC-07E-08	Tubería de aceite	Vital
9	LENC-07E-09	Rodamientos	Importante
10	LENC-07E-10	Intercambiador de calor	Importante
11	LENC-07E-11	Bomba	Vital
12	LENC-07E-12	Cocina	Importante
13	LENC-07E-13	Estructura de cocina	Necesario
14	LENC-07E-14	Soporte de reservorio	Necesario

### 8.1.1.2 Determinación del estado técnico de los equipos

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que esté presente en un momento dado.

Un equipo que está sometido a un determinado régimen de trabajo, se desgasta continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto, que se refleje en la mala calidad de la producción elaborada, en un bajo rendimiento, en el aumento de las rupturas imprevistas e incluso en el aumento de riesgos para el personal de investigación o alumnos.

En esta sección se hace una valoración de cada uno de los elementos que conforman los equipos en el estado actual, en la tabla 8.8 se describe la ponderación asignada, que será aplicada a los aspectos físicos como funcionales de los mismos.

**Tabla 8.8 Valoración**

<b>Valoración</b>	
<b>MB</b>	0.4
<b>B</b>	0.3
<b>R</b>	0.2
<b>M</b>	0.1

- Aspectos Físicos

Enfocado desde la apreciación visual en que se encuentran cada uno de los elementos de los equipos. Ver anexo F

- Aspectos Funcionales

Enfocado desde el punto de vista operacional de cada elemento que conforman los equipos. Ver anexo F

Una vez obtenidas las eficiencias tanto físicas como funcionales de cada equipo se procede a obtener la eficiencia total de los mismos ver tabla 8.9 y en base a este análisis se determinará el tipo de mantenimiento a realizar.

**Tabla 8.9 Eficiencia equipos**

<b>Equipo</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
---------------	-----------------------

	<b>Física</b>	<b>Funcional</b>	<b>Total</b>
Briquetadora	92.9	100	97.16
Cocina Solar	84.4	93.8	90.04
Biorreactor	89.3	100	95.72
Panel fotovoltaico	75	87.5	82.5
Horno de secado al vacío	75	90	84
Secador solar por convección natural	85	95	91
Concentradores cilíndricos parabólicos	83.9	98.2	92.48

- Clasificación de los equipos de acuerdo con su estado técnico.

Al evaluar un equipo o parte de él que tenga un ciclo propio de mantenimiento, su estado técnico se determinará por la eficiencia que presente en relación con lo que originalmente tenía bajo los siguientes índices de eficiencia<sup>15</sup>.

**Tabla 8.10 Clasificación del estado técnico de un equipo según su eficiencia**

<b>ESTADO TÉCNICO</b>	<b>EFICIENCIA ACTUAL DE TRABAJO (%)</b>
BUENO	90-100
REGULAR	75-59
MALO	50-74
MUY MALO	Menos de 50

Fuente: GUSTAVO FREDY; Análisis y guía de prácticas de máquinas-herramientas.

Cabe destacar que el conocer previamente el estado técnico de un equipo, permite definir por cual de los diferentes tipos de servicios se debe iniciar el ciclo de mantenimiento, así como también el evaluar el Plan de Mantenimiento Preventivo una vez concluido éste, lo que a su vez permitirá hacer las modificaciones pertinentes que se deriven de dicho análisis.

Así, para cada una de las valoraciones del estado técnico, corresponderá iniciar el ciclo de mantenimiento por uno de los servicios siguientes:

**Tabla 8.11 Tipos de servicio de mantenimiento**

<sup>15</sup> Ing. GUSTAVO FREDY; Análisis y guía de prácticas de máquinas-herramientas.

<b>ESTADO TÉCNICO</b>	<b>TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO</b>
BUENO	REVISIÓN
REGULAR	OVERHAUL MENOR
MALO	OVERHAUL INTERMEDIO
MUY MALO	OVERHAUL MAYOR

Fuente: Tesis Marcelo J. Viteri

### **8.1.1.3 Análisis de riesgo y operación (HAZZOP)**

Una vez determinado las eficiencias de los equipos en la que se estableció su estado se procede a determinar las acciones de mantenimiento preventivas y correctivas con el análisis de riesgo y operaciones (HAZZOP) la cual incluye averías más comunes de cada uno de los elementos que conforman los equipos, las causas que lo provocan y su corrección. Ver anexo F.

### **8.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Mantenimiento Preventivo.- Tiene por objeto conocer de forma sistemática el estado actual de los equipos, instalaciones, maquinaria y edificios, y programar las correcciones de los puntos vulnerables o críticos en el momento más oportuno. El alcance de este tipo de mantenimiento incluye:

- Limpieza.
- Ajustes.
- Calibración.
- Lubricación.
- Pintura.
- Reparaciones pequeñas.
- Chequeos.

En esta sección se realizó el cronograma anual de acciones de este tipo de mantenimiento. Ver anexo F.

### 8.1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Mantenimiento correctivo.- Consiste en intervenir con una acción de reparación cuando el fallo se ha producido, es un mantenimiento no planeado. El alcance de este tipo de mantenimiento incluye:

- Cambio de rodamientos.
- Cambio de sellos.
- Cambio de película reflectiva.
- Reparación de equipos y sistemas eléctricos.
- Cambio de elementos aislantes.

### 8.1.4 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Los costos de mantenimiento incluyen materiales (repuestos e insumos), mano de obra de mantenimiento (laboratorista), servicios especializados, logística de materiales y gastos administrativos ver anexo F los cuales se valoran por año de acuerdo al cronograma de mantenimiento.

En la mano de obra de mantenimiento será realizada por el laboratorista cuyo sueldo será conforme lo dicte la ESPE. En cuanto los servicios especializados se recurrirán a personas que presten el servicio o a talleres especializados.

Los costos de mantenimiento se pueden ver en la tabla 8.10.

**Tabla 8.12 Costos de mantenimiento**

<b>Factores</b>	<b>\$/año</b>
Materiales (Repuestos - Insumos)	645.79
Mano de obra de mantenimiento	1700
Servicios especializados	48

Logística de materiales	20
Gastos administrativos	30
<b>Total</b>	<b>2443.79</b>

## **8.2    NORMATIVAS DE SEGURIDAD**

### **8.2.1    CONSIDERACIONES GENERALES**

Los niveles de seguridad para el almacenamiento de materiales, repuestos, accesorios, herramientas, equipo, y otros, deben ser apropiados para prevenir cualquier situación de emergencia.

Todos los materiales en general que requieran de cuidado especial necesitarán condiciones de almacenamiento seguras.

Equipo Durable.- Una parte del equipo como son maquinaria, repuestos, accesorios, sistema de computación y otros, se deben almacenarse en lugares que no les afecte la radiación solar, que no sea húmedo y otros. Es importante que en estos equipos se realice una inspección permanente para asegurarse que se encuentren en buenas condiciones de operación.

### **8.2.2    SEGURIDAD Y PROTECCIÓN**

Para salvaguardar el estado y las existencias de los materiales que están almacenados en bodega es necesario que se tomen en cuenta algunas disposiciones que son las siguientes:

- El laboratorista es responsable de la protección y seguridad de las instalaciones y esta obligado a revisar periódicamente el estado de los materiales y equipos e informar sobre la fallas.
- Los materiales que sean poco utilizados, deben ser revisados continuamente por para que no sean motivo de pérdidas económicas.

- Todos los departamentos del laboratorio deben estar debidamente cerrados, para evitar pérdidas de materiales o robos.
- Todos los productos que requieran de cuidado específicos deben ser alojados en puestos especiales de almacenamiento que faciliten su control.
- El laboratorista es el responsable por todos los artículos que en ella se guardan; es por esto que las entradas y salidas de materiales, equipos e instrumentos serán registradas.
- Cada departamento debe tener extintores de fuego de tipo industrial el mismo que debe inspeccionarse continuamente para asegurar su funcionamiento general.

## Recordar

### - *Información*

1. Localizar los dispositivos de seguridad más próximos.- Estos dispositivos son extintores, lavaojos, salida de emergencia.
2. Informarse sobre las medidas básicas de seguridad.- El trabajo en el laboratorio exige conocer una serie de medidas básicas de seguridad.
3. Prestar atención a las medidas específicas de seguridad.- Las operaciones que se realizan en algunas prácticas requieren información específica de seguridad. Estas instrucciones son dadas por el profesor y/o recogidas en el guión de laboratorio y se debe prestar una especial atención.

5. En caso de duda, consultar al profesor o laboratorista.- No está permitido realizar ninguna experiencia no autorizada por el profesor.

- *Protección*

1. Cuidado de los ojos. Es obligatorio usar gafas de seguridad siempre que se esté en el área de pruebas ya que los ojos puedan ser dañados. No llevar lentes de contacto en el laboratorio, ya que en caso de accidente, las salpicaduras de vapores pueden pasar detrás de las lentes y provocar lesiones en los ojos.

2. Cómo ir vestido en el laboratorio.- El uso del mandil es obligatorio en el laboratorio, ya que por mucho cuidado que se tenga al trabajar las salpicaduras de productos son inevitables. El mandil será preferentemente de algodón. No es aconsejable llevar minifalda o pantalones cortos por la exposición al sol. Se recomienda llevar zapatos cerrados y no sandalias.

3. Usar guantes.- Es recomendable usar guantes, sobre todo cuando se manipule las cocinas solares y el biorreactor.

- *Trabajar con seguridad en un laboratorio*

**1. Normas higiénicas**

- No comer ni beber en el laboratorio, ya que es posible que los alimentos o bebidas se hayan contaminado.
- Lavarse siempre las manos después de hacer un experimento y antes de salir del laboratorio.
- Por razones higiénicas y de seguridad, está prohibido fumar en el laboratorio.

**2. Trabajar con orden y limpieza**

- Recordar que el orden es fundamental para evitar accidentes. Mantener el área de trabajo ordenado.
- Mantener las mesas y vitrinas siempre limpias asimismo limpiar inmediatamente todos los productos derramados y equipo después de su uso.

### **3. Actuar responsablemente**

- Trabajar sin prisas, pensando en cada momento lo que se está haciendo. No se debe, correr, jugar, empujar y demás bromas en el laboratorio.
- Un comportamiento irresponsable puede ser motivo de expulsión inmediata del laboratorio y de sanción académica.

### **4. Atención a lo desconocido**

- Está terminantemente prohibido hacer experimentos no autorizados por el profesor.
- Nunca utilizar un equipo o aparato sin conocer perfectamente su funcionamiento. En caso de duda, preguntar siempre al profesor.
- Nunca usar un equipo de vidrio que esté agrietado o roto. Depositar el material de vidrio roto en un contenedor para vidrio, no en una papelera.

### **5. Calentamiento de líquidos**

Nunca calentar un fluido en un recipiente totalmente cerrado. Dirigir siempre la boca del recipiente en dirección contraria al operario y demás personas cercanas.

### **6. Riesgo eléctrico**

Para evitar descargas eléctricas accidentales, seguir exactamente las instrucciones de funcionamiento y manipulación de los equipo. No conectar un equipo sin toma de tierra o con los cables o conexiones en mal estado. Al manipular en el interior de un aparato, comprobar siempre que se encuentra desconectado de la fuente de alimentación.

## **7. Radiaciones no ionizantes**

La luz del láser suministra haces de radiación de elevada intensidad, que puede ser visible, infrarrojo o ultravioleta. En todos los caso, debe considerarse peligrosa la exposición directa al haz o incluso a la radiación que refleja. Si la luz alcanza al ojo, se concentra en la retina y puede producir ceguera permanente.

La radiación ultravioleta puede dañar el ojo o la piel por lo que es necesario el uso de gafas y otras protecciones.

## **8. Eliminación de residuos**

Las medidas de seguridad no terminan al finalizar el experimento. La eliminación inadecuada o la ausencia de identificación son causa frecuente de contaminación ambiental y de accidentes. El depósito indiscriminado de residuos, cristal roto y demás en la papelera provoca frecuentes accidentes entre el personal de limpieza.

El material de cristal roto se colocará en recipientes destinados especialmente a este fin. Los papeles y otros desperdicios se colocarán en la papelera. No tirar al fregadero los productos o residuos sólidos que puedan atascarlas. En estos casos se depositan los residuos en recipientes adecuados.

En caso de accidente, avisar inmediatamente al laboratorista.

## **9. Fuego en el laboratorio**

Evacuar el laboratorio, por pequeño que sea el fuego, por la salida principal. Avisar a todos lo compañeros de trabajo sin que se extienda el pánico y conservando siempre la calma.

- Fuegos pequeños. Si el fuego es pequeño y localizado, apagarlo utilizando un extintor adecuado o cubriendo el fuego con un recipiente de tamaño adecuado que lo ahogue. Retirar los productos químicos inflamables que estén cerca del fuego.
- Fuegos Grandes. Aislar el fuego. Utilizar los extintores adecuados. Si el fuego no se puede controlar rápidamente, accionar la alarma de fuego, avisar al servicio de extinción de incendios y evacuar el edificio.

## **10. Fuego en el cuerpo**

- Si se incendia la ropa, gritar inmediatamente para pedir ayuda.
- Tirarse al suelo y rodar sobre si mismo para apagar las llamas. No correr ni intentar llegar la ducha de seguridad si no está muy cerca.
- Es responsabilidad ayudar a alguien que se esté quemando. Cubrir con una manta, conducirlo hasta la ducha de seguridad si está cerca, o hacerlo rodar por el suelo.
- No usar nunca un extintor sobre una persona.
- Una vez apagado el fuego, mantener a la persona tendida, procurando que no coja frío y proporciónale asistencia médica.

## **11. Quemaduras**

Las pequeñas quemaduras producidas por el material caliente, o el producto se tratan lavando la zona afectada con agua fría durante 10-15 minutos.

Las quemaduras más graves requieren atención médica inmediata. No usar cremas y pomadas grasas en las quemaduras graves.

## **12. Cortes**

Los cortes producidos por la rotura de material de cristal son un riesgo común en el laboratorio. Estos cortes se tienen que lavar bien, con abundante agua durante 10 minutos como mínimo. Si son pequeños y dejan de sangrar en poco

tiempo, lavar con agua y jabón y tapar con una venda o material adecuado. Si son grandes y no paran de sangrar, requiere asistencia médica inmediata.

### **13. Protección de los ojos**

- Utiliza las gafas de seguridad.
- No usar lentes de contacto.

### **14. Vestimenta**

- Llevar guantes, bata, sombrero o gorra y gafas de protección.
- Cuidado con los tejidos sintéticos. Usar batas de algodón.

### **15. Normas generales**

- Está prohibido fumar, comer o beber en el laboratorio.
- Lavarse las manos antes de dejar el laboratorio.
- Trabajar con orden, limpieza y sin prisas.
- Si se derrama un producto, recogerlo inmediatamente.
- Dejar siempre el material limpio y ordenado.
- Está terminantemente prohibido hacer experimentos no autorizados.
- No utilizar nunca un equipo o aparato sin conocer perfectamente su funcionamiento.

#### **8.2.2.1 Normas para trabajar en el laboratorio**

Objeto: Seguridad en el laboratorio

Este es un recordatorio para estudiantes y cualquier persona que trabaje en el laboratorio acerca de los criterios de seguridad que se deben contemplar.

**POR FAVOR LEER DETENIDAMENTE Y SEGUIR LAS SIGUIENTES NORMAS DE SEGURIDAD.**

**RECUERDAR: LA IRRESPONSABILIDAD ES LA PRINCIPAL CAUSA DE LOS ACCIDENTES EN EL LABORATORIO**

## 1. NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJAR CON MÁQUINAS

- Usar en todo momento gafas, guantes y vestimenta adecuada.
- No trabajar solo
- No operar una máquina para las cuales no se está calificado.
- Si se tiene cabello largo, usar una banda para mantenerlo recogido.
- No usar cadenas, anillos, corbata o cualquier prenda suelta mientras se está trabajando en una máquina.
- Verificar si las piezas están fijadas correctamente en las máquinas antes de ponerla en funcionamiento.
- Mantener el piso alrededor de las máquinas libre de grasa, aceite, virutas, piezas y herramienta de trabajo.
- Nunca abandonar una máquina hasta que esté totalmente detenida.

## 2. NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJAR CON ALTA TENSIÓN

- Al estar solo no realizar experimentos que requieran utilizar alta tensión.
- Asegurarse que su fuente y su circuito de alta tensión estén adecuadamente puestos a tierra (verificar la tierra usada y que las conexiones sean firmes).
- NUNCA tocar un cable de alta tensión o cualquier parte que haya sido conectada a una fuente de alta tensión sin haber antes cortocircuitado a tierra AL MENOS DOS VECES dicho elemento, con una "barra a tierra". Para este propósito el laboratorio debe tener una barra con aislamiento para ser usada con alta tensión. El procedimiento a seguir en este caso es: Fijar mecánicamente el cable de la barra a tierra y luego tocar el elemento que pudiera estar a alta tensión con el extremo aislado de la barra.
- Cubrir todas las conexiones de alta tensión para evitar contactos accidentales.
- Colocar carteles "PELIGRO, ALTA TENSIÓN" en todo experimento o conexión que lo requiera.

- Asegurarse que el piso, la mesa o sitio de trabajo no estén mojados cuando se trabaja con alta tensión.
- Usar cables de especificaciones adecuadas para alta tensión.
- Asegurarse de apagar las fuentes de alta tensión cuando no se está haciendo el experimento.
- Las descargas rápidas de alta tensión emiten ruido electromagnético que pueden alterar el funcionamiento de marcapasos.
- La tensión de línea también es potencialmente peligrosa, ya que con más de 80V el cuerpo humano admite una corriente capaz de producir paro cardíaco.
- En el laboratorio muy frecuentemente se usan adaptadores de enchufes. Tenga siempre en cuenta que cuando se usan estos aditamentos puede desconectarse la tierra del equipo que está usando.

### 3. NORMAS DE SEGURIDAD CON GASES Y PRODUCTOS QUÍMICOS

- No presurizar en exceso recipientes que pueden explotar. Recordar la presión en un recipiente puede aumentar en un experimento con el aumento de la temperatura.
- Nunca abrir la válvula de un equipo de alta presión que no tiene conectada una válvula reguladora y los correspondientes manómetros.

### 4. NORMAS DE SEGURIDAD CUANDO SE UTILIZAN LÁSERES

Los láseres están clasificados en 6 categorías de seguridad según su peligrosidad entre la clase I y clase IV. La clase I es considerada no peligrosa. La clase IV produce daños en los ojos y piel aún en exposiciones de luz dispersa.

- Verifique la etiqueta de clasificación que tiene el láser que utiliza.
- Use siempre gafas de seguridad
- Evite usar objetos metálicos (relojes, anillo) que puedan producir una reflexión directa del haz.
- Evite exponer la piel al haz láser.

- No mire directamente al haz AUN CUANDO UTILICE GAFAS DE PROTECCIÓN.
- Extreme las precauciones con radiación no visible.
- Los láseres en la zona del infrarrojo cercano son particularmente peligrosos pues no son visibles y producen daño permanente en la retina se introducen accidentalmente en el ojo.
- Como con cualquier fuente de luz muy brillante y potencialmente peligrosa, el sentido común es fundamental.

## 5. NORMAS DE SEGURIDAD CUANDO SE EXPERIMENTA CON IRRADIACIÓN SOLAR

- Usar ropa cómoda preferentemente de algodón para fácil transpiración.
- No utilizar mini faldas ni pantalones cortos.
- Usar calzado cerrado no sandalias.
- Colocarse protector solar en partes sensibles a quemaduras.
- Usar sombrero o gorra y gafas.
- Hidratarse continuamente.

## 6. PRECAUCIONES PARA TRANSPORTE DE EQUIPOS

Levantar un objeto en postura incorrecta puede ocasionar una lesión permanente en la espalda que puede limitar la capacidad del alumno o laboratorista.

Los objetos que estén dentro de la capacidad de levantamiento pueden levantarse en condiciones de seguridad por el procedimiento siguiente.

- Mantenga derecha la espalda.
- Siéntese sobre los talones doblando las rodillas.
- Levántelo suavemente y con uniformidad usando los músculos de las piernas para hacer el trabajo. Mantenga recta la espalda. Si se dobla para tomar la carga aplica un esfuerzo excesivo a la espina dorsal.

- Coloque la carga de manera que puede cargar fácilmente. Observe por donde camina cuando lleva cargando un objeto.
- Al colocar la carga nuevamente al nivel del piso, bájela de la misma manera que se levantó.



**Figura 8.8 Posición del cuerpo para levantar objetos**

#### **8.2.2.2 Señalética**

En esta sección se incluye signos internacionales de señales para seguridad en el laboratorio. Ver anexo F.

## **CAPÍTULO 8**

### **PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

8.1 PLAN DE MANTENIMIENTO	197
8.1.1 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	197
8.1.1.1 Esquemas de equipos para identificación de puntos críticos	197
8.1.1.2 Determinación del estado técnico de los equipos	205
8.1.1.3 Análisis de riesgo y operación (HAZOP)	207
8.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	207
8.1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	208
8.1.4 COSTOS DE MANTENIMIENTO	208
8.2 NORMATIVAS DE SEGURIDAD	209
8.2.1 CONSIDERACIONES GENERALES	209
8.2.2 SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	210
8.2.2.1 Normas para trabajar en el laboratorio	216
8.2.2.2 Señalética	220
Figura 8.1 Esquema Briquetadora	198
Figura 8.2 Esquema Cocina Solar	199
Figura 8.3 Esquema Biorreactor	200
Figura 8.4 Esquema Panel fotovoltaico	201
Figura 8.5 Esquema Horno de secado al vacío	202
Figura 8.6 Esquema Secador solar por convección natural	203
Figura 8.7 Esquema concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico	204
Figura 8.8 Postura para levantar objetos	220
Tabla 8.1 Partes importantes de la Briquetadora	198
Tabla 8.2 Partes importantes de la Cocina solar	199
Tabla 8.3 Partes importantes del Biorreactor	200
Tabla 8.4 Partes importantes del Panel fotovoltaico	201
Tabla 8.5 Partes importantes del Horno de secado al vacío	202
Tabla 8.6 Partes importantes del Secador solar por convección natural	203
Tabla 8.7 Partes importantes del concentrador solar de tipo cilíndrico parabólico	204
Tabla 8.8 Valoración	205
Tabla 8.9 Eficiencia equipos	206

Tabla 8.10 Clasificación del estado técnico de un equipo según su eficiencia	206
Tabla 8.11 Tipo de servicio de mantenimiento	207
Tabla 8.12 Costos de mantenimiento	209

## **CAPITULO 9**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO**

En este capítulo se realizó un análisis económico para determinar los costos o gastos que involucra llevar a cabo este proyecto como también un financiero para establecer los recursos necesarios para la ejecución del mismo.

#### **9.1 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para realizar el análisis económico se debe tomar en cuenta todos los costos o gastos que involucra llevar a cabo este proyecto de tesis, cuyos análisis se resumen a continuación:

##### **9.1.1 COSTO DE INVERSION DEL PROYECTO**

Se analizan los siguientes aspectos:

- Costo Primo (CP).

$$CP = MPD + MOD$$

(9.1)

Donde:

*MPD*: Materia prima directa

*MOD*: Mano de obra directa

- Costo Total (CT).

$$CT = CP + CIF + GA$$

(9.2)

Donde:

CIF: Costos indirectos de fabricación.

GA: Gastos administrativos.

En la tabla 9.1 se encuentra resumido todos los costos incidentes en el proyecto en la cual se utilizaron las fórmulas anteriormente descritas.

**Tabla 9.1 Cuadro resumen de los costos del proyecto**

<b>HOJA DE COSTOS DEL PROYECTO</b>			
<b>Rubros</b>	<b>No. Hoja</b>	<b>VALOR (USD)</b>	<b>(%)</b>
Materia Prima Directa (MPD)	Hoja-1	19.59	0.24
Mano de Obra Directa (MOD)	Hoja-2	20.00	0.24
Costo Primo (CP)		<b>39.59</b>	
C.I.F. Tiempo Útil Personal Intelectual	Hoja-3	7975.00	95.96
C.I.F. Utilización Materiales, Herramienta y Equipos	Hoja-4	7.83	0.09
Gastos Administrativos (GA)	Hoja-5	288.28	3.47
Costo Total (CT)	<b>TOTAL</b>	<b>8310.70</b>	100.00

Para el cálculo de los costos indirectos de fabricación, se tomará el valor correspondiente al 40% de la materia prima directa como un costo de arrendamiento de taller.

Los costos involucrados en el cuadro resumen se pueden observar detalladamente a continuación.

**Tabla 9.2 Costo de materiales directos**

<b>Hoja No. 1 .- COSTO MATERIALES DIRECTOS</b>						
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>A.1</b>	<b>Cocina Solar</b>					
A.1.1	Pernos	3/4 "	caja	1	4.60	4.60
A.1.2	Patatas		Kg	0.25	0.50	0.13
A.1.3	Huevos		u	2	0.08	0.16
A.1.4	Sopa maggi		u	1	0.70	0.70
A.1.5	Agua destilada		lt	1	1.00	1.00
A.1.6	Guaipe		u	2	0.12	0.24
<b>A.2</b>	<b>Briquetadora</b>					
A.2.1	Melaza		Galón	1	2.50	2.50
A.2.2	Cascarilla de arroz		Kg	25	0.06	1.50
A.2.3	Guaipe		u	5	0.12	0.60
A.2.4	Agua destilada		lt	2	1.00	2.00
A.2.5	Balde		u	1	1.20	1.20
A.2.6	Guantes de caucho		u	2	0.75	1.50
A.2.7	Mascarilla		u	2	0.25	0.50
<b>A.3</b>	<b>Panel Fotovoltaico</b>					
A.3.1	Guaipe		u	2	0.12	0.24

A.3. 2	Agua destilada		lt	1	1.00	1.00
A.4	<b>Horno de secado al vacío</b>					
A.4. 1	Plátano verde		u	4	0.15	0.60
A.4. 2	Guaipe		u	1	0.12	0.12
A.5	<b>Secador solar por convección natural</b>					
A.5. 1	Menta		Kg	1	1.00	1.00
					<b>TOTAL</b>	<b>19.59</b>

**Tabla 9.3 Costo de la mano de obra directa**

<b>Hoja 2 .- COSTO MANO DE OBRA DIRECTA</b>			
	<b>Horas Efectivas de Trabajo</b>	<b>Costo de Hora Hombre</b>	<b>Total M.O.D.</b>
Laboratorista de termodinámica	4	5.00	20.00
		<b>TOTAL</b>	<b>20.00</b>

**Tabla 9.4 Costo indirectos (Personal Intelectual)**

<b>Hoja 3. COSTOS INDIRECTOS</b>									
<b>Costo de Personal Intelectual (indirecto)</b>									
<b>Reporte de Horas Asignadas al Proyecto</b>									
		<b>nov-05</b>	<b>dic-05</b>	<b>ene-06</b>	<b>feb-06</b>	<b>mar-06</b>	<b>abr-06</b>	<b>may-06</b>	<b>Total</b>
Director	Ing. José Guasumba	4	4	4	4	4	4	4	28
Codirector	Ing. Ernesto Soria	4	4	4	4	4	4	4	28
Supervisión ( Responsables )									
Sup.1	Sr. Roberto Lascano	24	24	120	80	80	90	75	493
Sup.2	Sr. Luis Morales	24	24	120	80	80	90	75	493
<b>Costo de horas asignadas al proyecto</b>									
<b>Dirección:</b>	<b>Personal</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Tiempo Utilizado Real (Horas)</b>	<b>Sub-Total</b>	<b>Costo Manutención</b>	<b>Costo de Movilización</b>	<b>Total</b>		
Director	Ing. José Guasumba	15.00	28	420.00			420.00		
Codirector	Ing. Ernesto Soria	15.00	28	420.00			420.00		
Supervisión ( Responsables )									
Sup.1	Sr. Roberto Lascano	5.00	493	2.465.00	1.330.00	56.00	3.851.00		
Sup.2	Sr. Luis Morales	5.00	493	2.465.00	728.00	91.00	3.284.00		
				5.770.00	2.058.00	147.00	7.975.00		
						<b>TOTAL</b>	<b>7.975.00</b>		

**Tabla 9.5 Costos indirectos (materiales)**

<b>Hoja 4. COSTOS INDIRECTOS</b>		
<b>Utilización de Materiales, Herramientas y Maquinarias</b>		
<b>COSTO ARENDAMIENTO = 40% DE LA M.P.D.</b>		
<b>B.-Detalle del Material Indirecto</b>		
B.1	Brocas	
B.1.1	Broca	1/4"
B.4	Varios	
B.4.1	Taipe	
B.4.3	Juego de pilas	AA
<b>C.-Herramientas (Fungibles)</b>		
C.1	Juego de destornilladores	
C.2	Llave de boca y corona	13mm
C.3	Llave hexagonal	15 mm
C.4	Playo	
C.5	Flexómetro	
C.6	Cuchilla	
C.7	Sierra de mano	
<b>D.- Maquinaria y Equipos</b>		
D.1	Anemómetro	
D.2	Termómetro digital	
D.3	Taladro	
D.4	Termómetro de mercurio	
D.5	Balanza digital	
D.6	Bomba Adiabática	
D.7	Bomba de Vacío	
D.8	Multímetro digital	

**Tabla 9.6 Gastos Administrativos**

<b>Hoja 5. GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>				
<b>Suministros de Oficina</b>				
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Sub-total	Total
Resma de papel Bond 70 Gr. A-4	4	3.80	15.20	
Tinta de impresora	4	20.00	80.00	
Copias	1200	0.025	30.00	
Caja de CD	1	9.00	9.00	134.20
<b>SERVICIOS</b>				

Descripción del Servicio	# meses	C. Mensual	Total	
Teléfono	6	10.00	60.00	
Internet	6	15.68	94.08	154.08
		<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>288.28</b>

## 9.2 ANÁLISIS FINANCIERO

### 9.2.1 RECURSOS FINANCIEROS NECESARIOS

Si bien los parámetros económicos anteriormente calculados permiten conocer el valor real del costo del proyecto como estudio, es necesario conocer si el mismo puede dar una rentabilidad a corto, mediano o largo plazo. Para lo cual se debe involucrar los costos de inversión para ejecutar el proyecto el cual implica construcción del edificio, adquisición de instrumentos de medición, equipos de seguridad, laboratorista y toda la infraestructura para el laboratorio.

**Tabla 9.7 Recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto**

<b>COSTOS DE INVERSIÓN</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor USD</b>
Construcción edificio	40320
Infraestructura del laboratorio	4615
Instrumentos de medición	12990
Equipos de seguridad y complementarios	236
<b>Total</b>	<b>58161</b>

Los detalles de los precios de cada rubro se muestran en el anexo H1.

Cabe recalcar que en la tabla 9.7 no se incluyeron los costos de los equipos con los cuales se realizarán las prácticas de laboratorio mismos que fueron desarrollados por el ingeniero José Guasumba como proyectos de investigación del CICTE y pueden pasar a disposición de la Facultad vía comodato. Pero sus precios se detallan en la tabla 9.8.

**Tabla 9.8 Precio de equipos**

<b>EQUIPO</b>	<b>VALOR (USD)</b>
Briquetadora	2742.44
Cocina Solar	3800
Biorreactor	7793.75
Panel Fotovoltaico	1500
Horno secado al vacío	3500
Concentrador cilíndrico parabólico	7200
Secador solar por convección natural	3000
<b>Total</b>	<b>29536.19</b>

### **9.2.2 INDICES FINANCIEROS**

La tasa interna de retorno (TIR), devuelve el monto de una inversión para una serie de valores en efectivo y representa el porcentaje de ganancia que genera el proyecto en un lapso de tiempo determinado. Para esto, es necesario realizar un flujo de caja completo que permita su determinación.

La tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) se calcula sumando el porcentaje de tasa activa más el porcentaje de riesgo del proyecto. En este caso es 12% y 3% respectivamente. Estos valores son recomendados para proyectos de factibilidad. Por lo tanto la TMAR es de 15%.

Por otra parte, el valor actual neto (VAN), devuelve el valor actual de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) y entradas (valores positivos). Se enfoca en traer a valor presente todos los flujos que se han calculado dentro de los próximos diez

años, y si dicho valor supera al monto utilizado en la inversión, el proyecto es considerado como rentable.

El presente trabajo se lo ha considerado como un aporte social y académico en donde los directos beneficiarios serán los investigadores de la ESPE, alumnos y la comunidad.

### **9.3 RELACIÓN COSTO - BENEFICIO**

Un tercer criterio utilizado en la evaluación de proyectos es la relación costo - beneficio, que es la relación entre los ingresos y egresos del proyecto. El criterio de aceptación establece que esta relación debe ser mayor a uno y generalmente se encuentra en el rango de 1.001 y 1.5. Para el presente proyecto es de 1.214 y demuestra que el proyecto es factible para su ejecución.

Tabla 9.9 Flujo de fondos

**FLUJO DE FONDOS - EVALUACIÓN FINANCIERA**

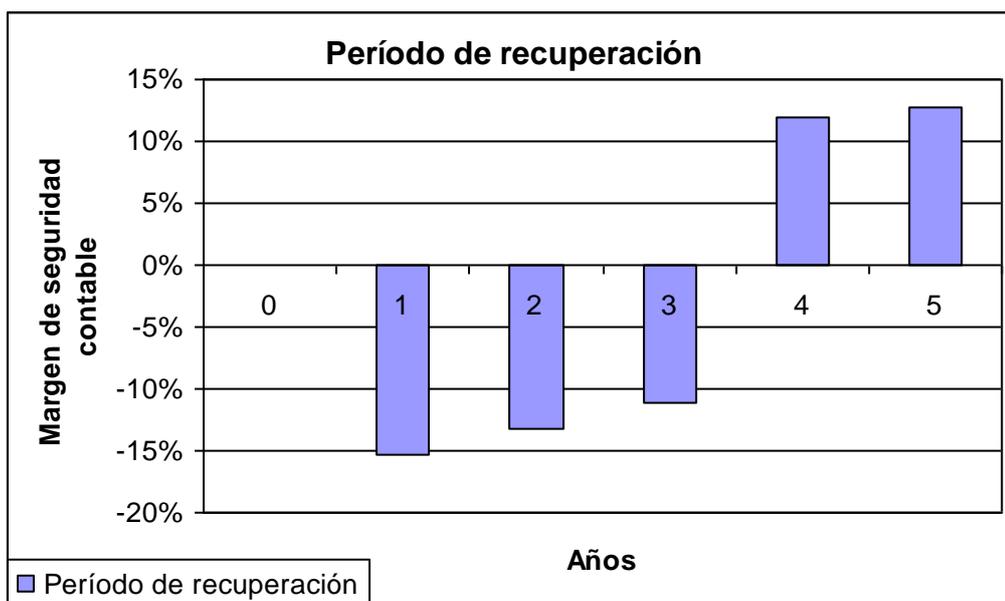
Años	0	1	2	3	4	5
<b>+ INGRESOS</b>		<b>\$49824.68</b>	<b>\$52501.21</b>	<b>\$55312.60</b>	<b>\$58264.71</b>	<b>\$61363.68</b>
Ingresos por Créditos		\$2984.68	\$3319.21	\$3671.50	\$4041.56	\$4429.37
INGRESOS ALQUILER DE LABORATORIOS		\$9600.00	\$10080.00	\$10584.00	\$11113.20	\$11668.86
INGRESOS ALQUILER DE LABORATORIOS		\$9600.00	\$10080.00	\$10584.00	\$11113.20	\$11668.86
INGRESOS POR CURSOS DE CAPACITACIÓN		\$16640.00	\$17472.00	\$18345.60	\$19262.88	\$20226.02
INGRESOS POR ASESORIA DE PROYECTOS		\$8000.00	\$8400.00	\$8820.00	\$9261.00	\$9724.05
INGRESOS POR VENTA DE DISEÑOS		\$3000.00	\$3150.00	\$3307.50	\$3472.88	\$3646.52
<b>- COSTOS DEDUCIBLES</b>		<b>34673.51</b>	<b>35449.58</b>	<b>37222.06</b>	<b>39083.17</b>	<b>41037.33</b>
<b>COSTOS DE INVERSIÓN</b>	69180.86					
(-) Material Directo	<b>19.59</b>					
(-) Mano de Obra Directa	<b>20.00</b>					
(-) Mano de Obra Indirecta	<b>7975.00</b>					
(-) Material Indirecto	<b>3005.28</b>	3155.54	3313.32	3478.98	3652.93	3835.58
(-) Equipo de Cómputo	2340.00					
(-) Mobiliarios	2275.00					
(-) Instrumentos de Medición	12990.00					
(-) Equipos Complementarios	92.00					
(-) Equipos de Seguridad	144.00					
(-) Edificios	40320.00					

(-) Depreciación		13149.52	13149.52	13149.52	3542.50	3542.50
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		<b>34673.51</b>	<b>35449.58</b>	<b>37222.06</b>	<b>39083.17</b>	<b>41037.33</b>
(-) Material Directo		5680.00	5964.00	6262.20	6575.31	6904.08
(-) Mano de Obra Directa		21200	22260.00	23373.00	24541.65	25768.73
<b>Tabla 9.9 Flujo de fondos(Continuación)</b>						
(-) Seguro de Edificio		4437.72	4659.60	4892.59	5137.21	5394.08
(-) Gastos de Mantenimiento		2443.79	2565.98	2694.28	2828.99	2970.44
(-) Gastos Servicios Básicos		912.00	957.60	1005.48	1055.75	1108.54
(=) Utilidad Antes Participación Laboral		15151.17	17051.62	18090.54	19181.54	20326.36
(-) Participación Laboral (15%)		-2272.67	-2557.74	-2713.58	-2877.23	-3048.95
(=) Utilidad		12878.49	14493.88	15376.96	16304.31	17277.40
(+) Ingresos no Gravables						
(-) Costos no Deducibles						
(-) Inversión	\$69180.86					
(+) Depreciación		\$13149.52	\$13149.52	\$13149.52	\$3542.50	\$3542.50
Flujo de Fondos Neto Puro	\$69180.86	\$26028.01	\$27643.40	\$28526.48	\$19846.81	\$20819.90
Tasa pertinente de descuento		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Factor de valor actual a la tasa descuento		\$0.87	\$0.76	\$0.66	\$0.57	\$0.50
Valor presente de los flujos de fondos		\$22633	\$20902	\$18757	\$11347	\$10351
Valor presente acumulado		\$22633	\$43535	\$62292	\$73640	\$83991
COSTO (INVERSION) DEL PROYECTO	\$69180.86					
Suma de los flujos de Caja Actualizados	\$83990.71					
<b>Indicadores</b>		<b>Proyecto FINANCIERAMENTE</b>				

		<b>Rentable?</b>	
TIR	<b>24.2%</b>	SI	
Valor Actual Neto (VAN)	<b>\$14809.85</b>	SI	
Relación Costo - Beneficio	<b>1.214</b>	SI	
PERIODO REAL DE RECUPERACION (AÑOS)	<b>4.2</b>		
Tasa mínima aceptable de retorno (TMAR)	<b>15%</b>		

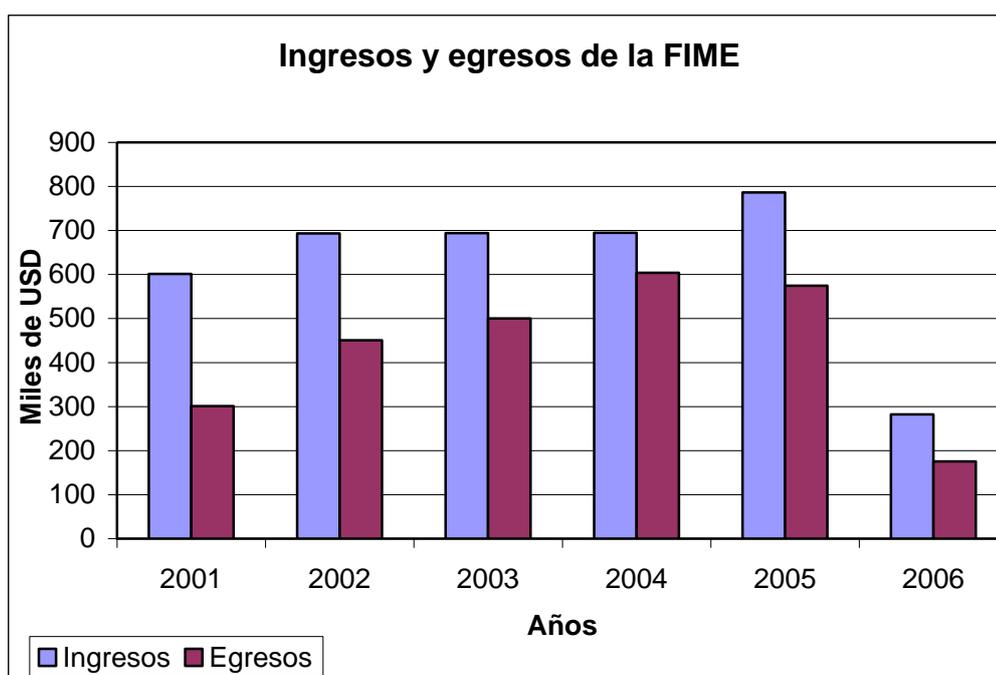
**Tabla 9.10 Período de recuperación**

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
COSTO VARIABLE TOTAL (MILES DE \$)						
MATERIA DIRECTA	19.59	5680	5964	6262	6575	6904
(-) MATERIAL INDIRECTO	3005	3156	3313	3479	3653	3836
(-) GASTOS DE MANTENIMIENTO		2444	2566	2694	2829	2970
(-) MANO DE OBRA INDIRECTA	7975					
COSTO VARIABLE TOTAL	11000	11279	11843	12435	13057	13710
COSTO FIJO TOTAL (MILES DE \$)						
MANO DE OBRA DIRECTA	20	21200	22260	23373	24542	25769
MATERIAL DIRECTO		5680	5964	6262	6575	6904
DEPRECIACIONES		13150	13150	13150	3543	3543
SEGUROS DE EQUIPOS	-	4438	4660	4893	5137	5394
PROVISION PARA IMPREVISTOS (TOTAL)	-	-	-	-	-	-
COSTO FIJO TOTAL	20	44467	46033	47677	39797	41609
VENTAS TOTALES (MILES DE \$)		49825	52501	55313	58265	61364
1.- PUNTO DE EQUILIBRIO CONTABLE						
EN MILES DE \$		57479	59442	61505	51291	53581
COMO % DE LAS VENTAS TOTALES		115.36%	113.22%	111.20%	88.03%	87.32%
MARGEN DE SEGURIDAD CONTABLE (%)		-15.36%	-13.22%	-11.20%	11.97%	12.68%



**Figura 9.1** Período de recuperación de la inversión

En la figura 9.1 se aprecia que en los tres primeros años el proyecto no recupera la inversión pero se visualiza claramente que esta diferencia se va acortando cada año hasta que se logra el objetivo en un período real de 4 años con 2 meses.



**Figura 9.2** Ingresos y egresos de la FIME

La figura 9.2 muestra claramente que la Facultad de Ingeniería Mecánica como tal es auto sustentable, es decir no depende de otras facultades para su funcionamiento, se tomó los valores desde el año 2001 para apreciar como la operación financiera de la FIME desde que el país se dolarizó y apreciamos que hasta el mes de mayo del 2006 los ingresos son más altos que los egresos por tanto la inversión en este proyecto se la puede costear sin causar déficit en el presupuesto.

## CAPITULO 9

### ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO

9.1 ANÁLISIS ECONÓMICO _____	221
9.1.1 COSTO DE INVERSION DEL PROYECTO _____	221
9.2 ANÁLISIS FINANCIERO _____	226
9.2.1 RECURSOS FINANCIERIOS NECESARIOS _____	226
9.2.2 INDICES FINANCIEROS _____	227
9.3 RELACIÓN COSTO - BENEFICIO _____	228
Figura 9.1 Período de recuperación _____	232
Figura 9.2 Ingresos y egresos de la FIME _____	232
Tabla 9.1 Cuadro resumen de los costos del proyecto _____	222
Tabla 9.2 Costo de materiales directos _____	223
Tabla 9.3 Costo de la mano de obra directa _____	223
Tabla 9.4 Costo indirectos (Personal Intelectual) _____	224
Tabla 9.5 Costos indirectos (materiales) _____	225
Tabla 9.6 Gastos Administrativos _____	225
Tabla 9.7 Recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto _____	226
Tabla 9.8 Precio de equipos _____	227
Tabla 9.9 Flujo de fondos _____	229
Tabla 9.10 Período de recuperación _____	231

# CAPÍTULO 10

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1.6 CONCLUSIONES

1. De este estudio se puede afirmar que las energías no convencionales tiene un sinnúmero de aplicaciones prácticas y que en un futuro tendrán un importante peso específico en el aporte energético.
2. Mediante el análisis de los equipos para el aprovechamiento de energías no convencionales desarrollados por el ingeniero José Guasumba con el financiamiento del CICTE se pudo elaborar las guías de laboratorio que servirán para que el alumno complemente sus conocimientos teóricos en este campo.
3. Con los ensayos realizados en los equipos se establecieron los protocolos de pruebas que servirán de referencia para el profesor guía del laboratorio, así mismo para otros equipos que se implementen y que utilicen este tipo de tecnología orientado a la investigación y al desarrollo energético – tecnológico.
4. El tamaño del laboratorio de energías no convencionales debe ser de 400m<sup>2</sup> que mediante una distribución de planta (LAYOUT) se determinó la correcta distribución de las áreas con que cuenta, tomando en consideración el lugar elegido para su implementación que corresponde a la terraza localizada sobre el laboratorio de termodinámica.
5. Con el cronograma de mantenimiento preventivo y la identificación de las partes más críticas de los equipos el encargado del laboratorio dispondrá de una ayuda al momento de manipularlos, operarlos y cuanto los tenga que hacer mantenimiento.

6. Para que el proyecto sea rentable económicamente se debe implementar otras actividades como prestación de servicios a otras universidades, cursos de energías no convencionales a empresas y centros particulares, asesoría de proyectos además de servir solo como laboratorio para los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica.
7. Los índices financieros obtenidos cumplen con los criterios para evaluación de proyectos ( $VAN \geq 0$ ,  $TIR > TMAR$ ;  $RCB \geq 1$ ), así  $VAN = 14809,85$ ;  $TMAR = 15\%$ ;  $TIR = 24,2\%$  y  $RCB = 1,214$  con una inversión inicial de 69180, 86 USD la cual se recuperara en un período de 4,2 años.
8. El impacto ambiental por la implementación de este laboratorio es casi nulo ya que se trata de equipos que en su mayoría funcionan con energías renovables, el único inconveniente que puede existir consiste en el aspecto visual y paisajístico.

## **1.7 RECOMENDACIONES**

1. Dar mayor importancia a las energías alternativas, ya que el futuro se encuentra encaminado hacia la correcta aplicación y preservación del medio ambiente y el aprovechamiento de sus recursos.
2. Cuando se realicen las prácticas de laboratorio en los equipos que funciones con radiación directa se debe procurar en su mayoría hacer cuando el cielo esté despejado y con velocidades de viento bajas para que los datos que se obtengan puedan ser aceptables.
3. Realizar proyectos de este tipo de energías aplicadas en beneficio de la comunidad de tal modo que la universidad trascienda en el ámbito regional y contribuya al desarrollo energético y tecnológico del Ecuador.

4. Tener un especial cuidado con los equipos e instrumentos de medición, sensibles de tal modo que se prolongue la vida útil de los mismos.
5. El proyecto es muy valioso para la carrera por tal motivo se lo debe encargar a personas que sepan del tema para su manejo especialmente el laboratorista, los cuales deben capacitarse continuamente.
6. Una vez que esté funcionando el laboratorio se debe seguir implementando más equipos e instrumentos en conformidad del avance tecnológico.
7. La ESPE valiéndose del prestigio alcanzado, debe realizar un plan de marketing y ventas acerca de los servicios que oferta el laboratorio a fin de captar la atención de los diferentes alumnos y profesionales así como también de la empresa privada y de entidades del gobierno.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CARRASCO, F. Curso de energías no convencionales VII nivel. 2005
- KONZ, S. Manual de distribución en plantas industriales. Cuarta ed. Mc. Graw-Hill. 1999
- SAPAG, N y SAPAG, R. Preparación y evaluación de proyectos. Tercera ed. Mc. Graw-Hill. 1998
- CASAL, J Y VILCHEZ J. Análisis de riesgos en instalaciones industriales. Segunda ed. 2001
- RAMIREZ, C. Seguridad Industrial un enfoque integral. Tercera ed. 1996
- MARKS. Manual del ingeniero mecánico. Mc Graw –Hill.
- DUFFUAA; RAOUF Y DIXON. Sistemas de mantenimiento, planeación y control. Cuarta ed. 2002

- BACA, G. Preparación y evaluación de proyectos. Cuarta ed. Mc. Graw-Hill. 2001
- [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)
- [www.construir.com](http://www.construir.com)
- [www.energias.org.ar](http://www.energias.org.ar)
- [www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com)
- [www.windpower.org](http://www.windpower.org)
- [www.cab.cnea.gov.ar](http://www.cab.cnea.gov.ar)
- [www.inelsacontrols.com](http://www.inelsacontrols.com)
- [www.tecnologia.mendoza.edu.ar](http://www.tecnologia.mendoza.edu.ar)
- [www.iprocor.org](http://www.iprocor.org)