



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

PROYECTO PILOTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA MEDIANTE GASIFICACIÓN EN
COMUNIDADES AMAZÓNICAS AISLADAS

Sergio Azcona Vidaurre

Javier Bustince Beorlegui, Rustan Roca, CINER

Pamplona, 27 de junio del 2011

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. RESUMEN EJECUTIVO.....	5
1.2. INFORMACIÓN GENERAL DE BOLIVIA.....	5
1.3. SITUACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO EN EL ÁREA RURAL EN BOLIVIA.....	7
1.4. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA EXISTENTES....	7
1.5. FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES.....	9
1.5.1. Combustibles Fósiles.....	9
1.6. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES.....	10
1.6.1. Energía hidráulica.....	11
1.6.2. Energía solar.....	11
1.6.3. Energía eólica.....	11
1.6.4. Energía de la biomasa.....	11
1.6.5. Energía mareomotriz.....	12
1.6.6. Energía geotérmica.....	12
1.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES FRENTE A LAS NO RENOVABLES.....	12
1.8. LA BIOMASA.....	14
1.8.1. Fuentes de biomasa.....	16
1.8.2. Formas de conversión energética de la biomasa.....	16
1.9. NUEZ AMAZÓNICA.....	20
1.9.1. Cosecha o Recolección.....	21
1.9.2. Poscosecha.....	22
1.9.3. Almacenamiento.....	23
1.9.4. Preselección.....	23
1.9.5. Sancochado.....	24
1.9.6. Descascarado.....	24
1.9.7. Selección.....	24
1.9.8. Deshidratado.....	24
1.9.9. Embolsado y Empaquetado.....	25
1.9.10. Productos y subproductos.....	25
1.9.11. Formas de consumo.....	25
2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	27
2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	27
2.2. OBJETIVOS.....	27
2.3. METODOLOGÍA.....	28
3. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS MÁS ADECUADAS PARA EL USO EN COMUNIDADES AMAZÓNICAS.....	29
3.1. USO DE ENERGÍAS RENOVABLES COMO SOLUCIÓN AL PROBLEMA ENERGÉTICO EN EL NORTE BOLIVIANO.....	30
3.1.1. Energía eólica.....	31
3.1.2. Energía hidráulica.....	31
3.1.3. Energía Solar.....	32
3.1.4. Energía de la Biomasa.....	33

3.2.	CONCLUSIÓN	33
4.	GASIFICADOR MODELO	34
4.1.	OBJETIVOS GASIFICADOR MODELO	34
4.2.	DISEÑO DEL GASIFICADOR	34
4.2.1.	Modelo 1	37
4.2.2.	Modelo 2	37
4.2.3.	Modelo 3	37
4.2.4.	Modelo 4	37
4.2.5.	Modelo 5	38
4.3.	CONSTRUCCIÓN DEL GASIFICADOR MODELO	38
4.3.1.	Introducción	38
4.3.2.	Materiales necesarios	38
4.3.3.	Herramientas utilizadas para la construcción.	38
4.3.4.	Materiales de taller empleados.	38
4.3.5.	Fabricación de prototipo de gasificador	39
4.4.	ENSAYOS CON GASIFICADOR	41
4.5.	OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS REALIZADOS	42
4.6.	CONCLUSIONES.....	47
4.7.	MEJORAS PROPUESTAS.....	47
5.	ESTUDIO DEL RECURSO BIOMASICO EN LA ZONA.....	48
5.1.	LA ACTIVIDAD CASTAÑERA EN LA ZONA.....	48
5.2.	POBLACIÓN DE ÁRBOL CASTAÑERO.....	49
5.3.	EL RESIDUO DE LA CASTAÑA.....	49
6.	LA COMUNIDAD DEL SENA COMO MODELO DE COMUNIDAD AMAZÓNICA.....	51
6.1.	UBICACIÓN.....	51
6.2.	DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD.....	51
6.3.	SISTEMA ELÉCTRICO DE LA COMUNIDAD.....	52
6.4.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LA BIOMASA.....	52
6.5.	ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA.....	53
7.	DIMENSIONADO DE PLANTA PILOTO DE GASIFICACIÓN.....	57
7.1.	VALORACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN LOCAL DEL GASIFICADOR.....	57
7.2.	GASIFICADORES COMERCIALES.....	57
7.3.	ELECCIÓN DEL GASIFICADOR.....	58
8.	PRESUPUESTO	59
9.	CONCLUSIONES.....	61
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	62
10.1.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
10.2.	RECURSOS DE INTERNET.....	63
11.	ANEXOS.....	64
11.1.	MAPAS DE BOLIVIA	64
11.1.1.	Bolivia.....	64

11.1.2.	Extensión de la amazonia en el continente suramericano.	65
11.1.3.	Mapa Sistema Interconectado de Bolivia.....	66
11.1.4.	Mapas eólicos de Bolivia.	67
11.1.5.	Mapa hídrico de Bolivia.....	68
11.1.6.	Mapa solar de Bolivia.	69
11.1.7.	Población de árbol castaño en Pando.....	70
11.2.	FOTOS VIRTUALES GASIFICADORES DISEÑADOS (SOLID WORKS).....	71
11.3.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS CON GASIFICADOR.	73
11.4.	DESCRIPCIÓN CONSTRUCCIÓN DEL GASIFICADOR.....	87
11.5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS.....	90
11.6.	DATOS ENSAYO PESADO CASCARA DE CASTAÑA.....	92
11.7.	FOTOS ENSAYO PESADO CASTAÑA	97
11.8.	DATOS ENSAYOS CON GASIFICADOR MODELO.....	98
11.8.1.	Datos y conclusiones de los ensayos realizados.....	99
11.8.2.	Ensayo 1 (5-11-2010).....	99
11.8.3.	Ensayo 2 (8-11-2010).....	99
11.8.4.	Ensayo 3 (9-11-2010).....	100
11.8.5.	Ensayo 4 (10-11-2010).....	101
11.8.6.	Datos ensayo 5 (11 – 11 – 2010))	102
11.8.7.	Datos ensayo 6 (11 – 11- 2010).....	102
11.8.8.	Datos ensayo 7 (15-11-2010).....	103
11.8.9.	Datos ensayo 8 (16 – 11 – 2010).....	108
11.8.10.	Datos ensayo 9 (17-11-2010)	108
11.8.11.	Datos ensayo 10 (18-11-2010)	114
11.8.12.	Ensayo 11 (23-11-2011).....	120
11.8.13.	Datos ensayo 12 (24- 11 -2010)	125
11.8.14.	Datos ensayo 13 (7-12 – 2010).....	129
11.9.	MAPAS COMUNIDAD DEL SENA.....	136
11.10.	ENCUESTAS REALIZADAS EN LA COMUNIDAD DEL SENA.	137
11.11.	CÁLCULO DEL POTENCIAL BIOMASICO.....	143
11.12.	CÁLCULOS DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE LA COMUNIDAD DEL SENA.	144
11.13.	CALCULO DE POTENCIA REQUERIDA.....	149
11.14.	APROVECHAMIENTO DEL CONTENIDO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA..	151
11.15.	ESQUEMA GASIFICADORES ANKUR.....	151
11.16.	PLANO COMUNIDAD DEL SENA.	152
12.	PLANOS	153
12.1.	PLANCHAS.	153
12.2.	GASIFICADOR.....	153

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Resumen ejecutivo.

La humanidad, en su continuo afán de progreso, superación y mejora de sus condiciones de vida, se ve obligada a una lucha contrarreloj por conseguir vencer la batalla perdida contra el agotamiento de los recursos no renovables. Estos recursos han permitido al hombre progresar de una forma nunca anteriormente imaginada y han marcado la era del bienestar energético. Ahora estos recursos comienzan a ser más escasos y se requiere de mayores inversiones para su extracción. Sin embargo, el hombre, en su afán de superación se niega a la resignación de rendirse a esta lucha. Es por ello la búsqueda de fuentes alternativas a estas agotables y que permitan cubrir la creciente demanda energética.

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovables se encuentra en vías de desarrollo y, en parte, podemos afirmar que está siendo posible gracias al impulso tecnológico que ha venido marcado por el boom energético de las fuentes de energías no renovables.

En el presente proyecto se pretende cubrir una necesidad existente en las comunidades amazónicas del norte de Bolivia al mismo tiempo que se aporta un pequeño grano de arena en la investigación y apoyo al desarrollo de las energías renovables. Esta necesidad es básica y consiste en dotar de energía eléctrica a estas comunidades aisladas y no dependientes del Sistema Interconectado Nacional como consecuencia de sus localizaciones remotas. Se trata de estudiar la posibilidad del aprovechamiento de los recursos existentes en el área como fuente de producción de energía eléctrica para consumos básicos. El recurso estudiado es la biomasa y su aprovechamiento mediante la tecnología de la gasificación para la generación eléctrica.

El trabajo desarrollado en el siguiente proyecto tiene como objetivo el inicio en el estudio del recurso biomásico existente en la zona, concretamente la castaña amazónica, como principal fuente de energía para el consumo doméstico. En el desarrollo del mismo se diseña, construye y ensaya con cascara de castaña un pequeño gasificador con el fin de investigar en el comportamiento de este residuo en la actividad de la gasificación. Así mismo se estudia el recurso y su potencial como fuente de energía.

1.2. Información general de Bolivia.

Bolivia, situado en el centro – oeste de Latinoamérica, comparte sus fronteras con Perú y Chile al oeste, con Brasil al este y con Paraguay y Argentina al sur. Junto con Paraguay, son los únicos países de Latinoamérica sin litoral marítimo. Con la diferencia de que este último tiene acceso al mar por medio de los ríos Paraguay y Paraná que desembocan el Río de la Plata.

Se caracteriza por su gran biodiversidad. Pertenece al grupo de países mega diversos, declarado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Esta biodiversidad tiene lugar en Bolivia gracias a que comprende diferentes áreas geográficas con climas muy diferentes y un rango de altitudes que va desde los 70 msnm, cercano al río Paraguay, hasta los 6542 msnm que tiene el cerro Nevado Sajama.

En Bolivia encontramos tres zonas bien diferenciadas y que tienen relación con las áreas geográficas como la Amazonia, la Cordillera de los Andes, el Chaco y el altiplano:

- Cordillera: Comprende altitudes entre los 3000 y 4000 msnm, en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. Se caracteriza por un clima árido – polar, en el que los días son secos y con gran radiación solar, debido a la gran altitud. A la caída del sol las temperaturas se desploman drásticamente, siendo frecuentes las heladas en cualquier época del año.
- Valles: Situados entre los 1500 y 3000 msnm, en los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Se caracterizan por un clima templado y lluvioso, en el que las temperaturas dependen de la altitud.
- Llanos: Con una altitud mínima de 220 msnm, comprenden los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando. Se caracterizan por grandes extensiones con muy poca variación de altitud y un clima húmedo tropical. Los vientos provenientes de la zona amazónica dan lugar abundantes lluvias que suelen cesar a partir de mayo. Cuando el viento viene del sur, fenómeno denominado surazo, las temperaturas descienden bruscamente.

Bolivia, según la Nueva Constitución Política del Estado, se constituye en un Estado Unitario Social de Derecho Plurinacional Comunitario, libre, independiente, soberano, democrático, intercultural, descentralizado y con autonomías. Se funda en la pluralidad y el pluralismo político, económico, jurídico, cultural y lingüístico, dentro del proceso integrador del país. Siendo el país con mayor porcentaje de población indígena de América Latina (62 % según el PNUD, en 2006). Los idiomas oficiales son el castellano y todos aquellos idiomas provenientes del pueblo campesino originario. El castellano lo habla el 90 % de la población. De los idiomas de origen indígena, los más hablados son el aymara en los departamentos de Oruro y La Paz, el quechua en los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí, y el guaraní y moxeño en los departamentos de Santa Cruz y Beni. Aunque existen más de 30 idiomas reconocidos, algunos de estos son: pacawara, machineri, cavineño, movima, yaminawa, maropa, wheenayek, chimán...

Políticamente, Bolivia está dividida en 9 Departamentos, estos a su vez se dividen en Provincias gobernadas por los subprefectos.

- Chuquisaca
- La Paz
- Cochabamba
- Oruro
- Potosí
- Tarija
- Santa Cruz
- Beni
- Pando

La capital de Bolivia es Sucre, sin embargo, la sede de gobierno se encuentra en La Paz.

1.3. Situación del sector energético en el área rural en Bolivia.

La globalización, al igual que en otros países, ha creado en Bolivia nuevas vías de desarrollo, pero a su vez ha aumentado la brecha entre los ricos y los pobres. Las grandes ciudades de Bolivia han prosperado y esto ha incrementado la llegada de personas del área rural en busca de unas mejores condiciones de vida. Expectativas que en muchos de los casos se ven truncadas por unas condiciones de vida peores que las originales. Estas personas, llegadas fundamentalmente del altiplano, malviven por las calles y se ven en muchos de los casos, obligadas a mendigar para poder subsistir.

Al mismo tiempo que las ciudades prosperan el área rural no se desarrolla y se va despoblando poco a poco. Sin embargo, existe la concienciación en una parte de la población de la necesidad del desarrollo del área rural, permitiendo una mayor igualdad entre el medio rural y el urbano. Este desarrollo está enfocado, básicamente, a los servicios básicos. Es aquí donde la electrificación juega un papel muy importante, suponiendo, esta, la base del desarrollo.

La cobertura eléctrica en el país alcanza el 67 %, concentrándose esta mayoritariamente en las áreas urbanas, con un grado del 80 al 90 %, sin embargo, el grado de cobertura de electrificación rural en Bolivia alcanzaba el 33 % en el 2006. Dato publicado en la Gaceta Oficial de Bolivia el 14 de julio del 2008 y último dato oficial que se tiene hasta la fecha. En la actualidad se estima que no llega al 40 %.

El sector energético en Bolivia lo forman el Sistema Interconectado Nacional (SIN), los Sistemas Aislados, los Sistemas Aislados Menores y los Auto Productores. El SIN está formado por un sistema eléctrico con instalaciones de generación, transmisión y distribución que cubre el 80% de la capacidad instalada y el 88 % de la producción de electricidad del país. Esta red cubre la demanda de las principales capitales y poblaciones menores de los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Santa Cruz. Las principales fuentes de energía son la térmica (gas natural y diesel) en un 65 % y la hidráulica en un 35%.

A fecha de 2007 se estimó que cerca de 500.000 hogares rurales no tenían acceso a la energía eléctrica, y muchos de ellos a ningún tipo de energía comercial. Cerca de 200.000 hogares sí que cuentan con la infraestructura eléctrica necesaria y únicamente es necesaria la conexión y densificación del servicio ya existente. De los 300.000 hogares restantes se estima que 100.000 podrían ser atendidos por mini-redes abastecidas por diferentes fuentes, como grupos electrógenos a diesel, pequeñas centrales hidroeléctricas, de biomasa o sistemas híbridos. Y el resto, 200.000 hogares, podría ser cubierto por otras fuentes de energía renovables como sistemas fotovoltaicos, eólicos o una combinación de ambos dos, en los llamados sistemas híbridos.

1.4. Análisis de las diferentes fuentes de energía existentes.

Nuestro planeta tiene la capacidad de almacenar energía en diferentes formas. La mayoría de la energía mundial procede, directa o indirectamente, de la radiación solar. Esta energía está contenida, por ejemplo, en el agua a lo alto de una montaña, en el aire en movimiento,

en las plantas, en los rayos, en la temperatura de una roca expuesta al sol y en un largo etcétera.

Dependiendo de la naturaleza de la energía, diremos que esta es:

- Energía mecánica.
- Energía calórica o térmica
- Energía química.
- Energía radiante o lumínica
- Energía eléctrica o electricidad.
- Energía nuclear.
- Energía magnética
- Energía metabólica.

La energía mecánica es aquella que nos permite mover un cuerpo. Esta puede estar almacenada en un cuerpo, por ejemplo, en forma de energía cinética, al estar este en movimiento, en energía potencial o incluso elástica, como es el caso de los resortes. Por lo tanto, el agua contenida en un riachuelo en lo alto de la montaña tendrá una energía potencial y cinética capaz de mover otro cuerpo. La energía contenida en las plantas es energía química, la contenida en una roca a alta temperatura es energía térmica y siendo así con el resto de energías contenidas en el planeta.

Estas energías no siempre tiene la misma naturaleza, si no que tienen la capacidad de transformarse en otras formas de energía. Este es uno de los grandes quebraderos de cabeza a los que se enfrenta la humanidad. Conseguir transformar toda esta energía contenida en nuestro planeta que se encuentra en un estado “bruto” en una energía útil para el ser humano. Por lo tanto definiremos fuentes de energía como aquellas elaboraciones más o menos complejas de las cuales el ser humano puede extraer energía para su posterior utilización o la realización de un trabajo.

Existen varias clasificaciones para las fuentes de energía. La más habitual es aquella que atiende a si estas fuentes son agotables o inagotables:

- Fuentes de energía renovables: Son aquellas fuentes de energía inagotables. Se generan a un ritmo igual o superior al que se consumen.
- Fuentes de energía no renovables: Se consumen a un ritmo superior al que se generan y por lo tanto son agotables.

Otra clasificación está basada en el impacto ambiental que estas generan:

- Contaminantes: Durante su transformación contaminan. El carbón, por ejemplo, en el proceso de combustión para la transformación de la energía emite gases contaminantes.
- Limpias: No contribuyen al efecto invernadero y no producen gases tóxicos o radiactivos. Algunos ejemplos son la energía eólica y la energía solar.

Así mismo podemos clasificar las fuentes de energía en:

- Fuentes de energía convencionales: Son las llamadas energías tradicionales y son las más empleadas a nivel mundial para la producción de energía.
- Fuentes de energía no convencionales: Son aquellas alternativas, que no tienen una relevancia importante en la economía de un país, son menos utilizadas o se encuentran en vías de desarrollo.

1.5. Fuentes de energía no renovables

Las fuentes de energía no renovables se consumen a una velocidad mayor a la que son capaces de generarse, por lo tanto, su consumo supone una disminución de las reservas existentes de dicho recurso en el planeta.

Estas se clasifican a su vez en:

- Combustibles fósiles
- Combustibles nucleares

1.5.1. Combustibles Fósiles

Los combustibles fósiles provienen de depósitos de organismos fósiles que hace miles de años estuvieron vivos y gracias a unas condiciones de presión y temperatura adecuadas se formaron. Están constituidos básicamente por uniones de hidrogeno y carbono. Los combustibles fósiles son:

- El carbón
- El petróleo
- Gas Natural

1.5.1.1. EL Carbón

El carbón es un combustible fósil formado por la acumulación en unas condiciones de temperatura y presión determinada de materia vegetal. Esta materia está formada por restos de plantas, hojas, maderas, esporas, cortezas, etc.

- El proceso de la formación del carbón tiene lugar en zonas pantanosas donde toda esta materia orgánica de origen vegetal queda cubierta por agua y se detiene su proceso normal de descomposición. La transformación se produce gracias a la intervención de bacterias anaerobias, las cuales no necesitan de la presencia de oxígeno. Durante la formación se va produciendo un enriquecimiento en carbono, ya que este permanece, frente a la desaparición de otros elementos como son el oxígeno y el nitrógeno. Contra más profundos sean los sedimentos mayor concentración de carbono encontraremos, y por lo tanto un carbón de mejor calidad. Esto está relacionado con las condiciones de presión y temperatura más elevadas que se dan a una profundidad mayor.

El carbón es un combustible de gran importancia a nivel mundial. Supone el 70 % de las reservas de combustibles fósiles en el mundo. Su utilización depende de sus características. Si por ejemplo el carbón tiene un alto porcentaje en azufre, al ser combustionado este emite gases tóxicos y hace muy costoso su tratamiento. Pero si el carbón tiene un alto poder calorífico es rentable la utilización de filtros para la purificación del gas. Los tipos de carbón que podemos encontrar son:

- Antracita: Supone el carbón de mayor poder calorífico por su bajo contenido de impurezas. Se emplea para el uso doméstico y en centrales termoeléctricas.
- Hulla: Carbones de diferentes niveles de impurezas de gran utilización en siderurgia, centrales termoeléctricas y otras actividades industriales.
- Lignito: Carbón de bajo poder calorífico y con un alto porcentaje de impurezas. Utilizado principalmente en centrales termoeléctricas.

- Turba: Denominado carbón joven debido a su rápida formación. Es el que mayor contenido de impurezas tiene y por lo tanto el que menor poder calorífico.

Todos ellos carbones naturales, pero sin embargo también existen los denominados carbones artificiales. Un ejemplo de esto es el carbón vegetal, que se consiste en la carbonización de la madera mediante un proceso de combustión incompleta con déficit de oxígeno.

Durante la combustión del carbón se producen gases tóxicos. Como ya hemos comentado anteriormente hay carbones menos contaminantes que otros, pero en todos ellos se produce óxido de azufre y de nitrógeno. Estos reaccionan con los gases presentes en la atmosfera produciendo ácidos de gran impacto ambiental. Así como la contribución al efecto invernadero resultante de las emisiones de CO₂.

1.5.1.2. El petróleo.

El petróleo tiene su origen en la acumulación en cuencas sedimentarias de grandes cantidades de microorganismos marinos y enterrados posteriormente por otro tipo de sedimentos que lo someten a unas presiones elevadas. Esto unido a unas temperaturas elevadas y un ambiente en ausencia de oxígeno da lugar a la formación del petróleo.

Es un líquido formado por una mezcla de hidrocarburos y que en su estado original recibe el nombre de crudo. Posteriormente y tras pasar por la refinería este queda dividido en diferentes combustibles como gasolina, gasoil, fueloil y asfaltos. También se separan otros componentes con los que se fabrican plásticos, fertilizantes, pinturas, pesticidas, medicinas y fibras sintéticas.

Supone uno de los combustibles fósiles, y como tal corre el riesgo de que se agote. Las estimaciones de reservas mundiales de petróleo con los yacimientos descubiertos hasta la actualidad no dan más de 100 años de vida a este recurso.

1.5.1.3. El gas natural

La procedencia del gas natural está unida a la del petróleo y normalmente este se obtiene en los mismos yacimientos de petróleo. Está formado por hidrocarburos, generalmente la mayor parte es metano y en menor medida propano y butano. Normalmente estos se suelen separar, el propano y el butano son utilizados a nivel doméstico para cocinar y el metano es separado para ser utilizado como combustible. Este es transportado mediante los denominados gaseoductos.

1.6. Fuentes de energía renovables

Las fuentes de energía renovables son aquellas que se generan a una velocidad igual o mayor a la que se consumen. Esto hace que se conviertan en la única alternativa posible al agotamiento de las energías no renovables. En los últimos años se ha conseguido reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera gracias a la implantación de sistemas de aprovechamiento de las energías renovables. A esta reducción también ha contribuido el tratamiento de los gases producto de las energías no renovables, altamente contaminantes. Suponen el 20 % de la producción eléctrica mundial y el 90 % procede de la energía hidráulica, la más explotada de las energías renovables.

Las energías renovables más desarrolladas y con mayor importancia en la actualidad son:

- Energía hidráulica.
- Energía Solar.
- Energía eólica.

Pero existen otras energías renovables no tan desarrolladas o que simplemente por su naturaleza no son tan comunes o su explotación no es posible en todos los lugares.

- Energía de la biomasa.
- Energía geotérmica.
- Energía mareomotriz.

1.6.1. Energía hidráulica.

El aprovechamiento de la energía potencial del agua en lo alto de una montaña o en el desnivel de un embalse constituye la energía renovable de mayor aprovechamiento en la actualidad. De utilización para la producción de energía eléctrica. Uno de los principales inconvenientes con los que cuenta es que depende mucho de las condiciones climatológicas y es necesaria la implantación de grandes infraestructuras para su buen aprovechamiento. Este detalle hace que, a pesar de ser una energía renovable, sea centro de debate por el impacto medioambiental que estas infraestructuras en el medio crean.

1.6.2. Energía solar

Si el ser humano sería capaz de captar toda la energía proveniente del sol no necesitaría de otra energía para abastecerse. Esto resulta muy curioso, pero la tierra recibe mucha más energía a través del sol de la que el ser humano es capaz de consumir. A su vez las fuentes de energía presentes en la tierra tienen su origen en la energía solar. Esta se puede captar directamente para la producción de energía o para su aprovechamiento térmico. Una de sus principales ventajas es que mediante placas fotovoltaicas generamos la electricidad en el mismo lugar en el que la consumimos, muy útil para uso doméstico y lugares aislados. De esta forma se evita el transporte de la energía, proceso en el cual se pierde buena parte de ella. Su principal inconveniente es una producción no continua de energía, ya que se reduce al horario diurno y soleado.

1.6.3. Energía eólica

Esta energía es obtenida gracias a la energía cinética contenida en el viento. Este se produce como consecuencia de las variaciones de presión y temperaturas en los diferentes puntos de la atmósfera. Se produce entonces un desplazamiento de masas de aire de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión. Depende de las condiciones meteorológicas y tiene como ventaja respecto a la solar que, salvo la ausencia de viento, puede generar durante todo el día.

1.6.4. Energía de la biomasa

La energía de la biomasa tiene su origen en la fotosíntesis. Proceso llevado a cabo por las plantas en que gracias a la energía solar el dióxido de carbono y el agua de productos minerales sin valor energético se convierten en materiales orgánicos con alto contenido energético. Se ha de considerar la energía de la biomasa como renovable siempre y cuando se lleve a cabo una política correcta de administración de las plantaciones destinadas a procesos de conversión en energía. En la actualidad su contribución a la energía aportada

por la energías renovables es muy pequeña, pero sin embargo es una fuente de energía a tener en cuenta en aras de gran potencial biomásico.

1.6.5. Energía mareomotriz.

Es la energía obtenida como consecuencia de las mareas. Este fenómeno tiene lugar gracias al efecto gravitatorio que la luna tiene sobre el mar y su correspondiente alteración en los niveles de este. La energía se aprovecha conteniendo el agua de la marea alta en depósitos y aprovechando la diferencia de alturas. Se consigue el movimiento de un eje que puede generar energía eléctrica o incluso ser utilizado para fines industriales.

El mar también supone otras fuentes de energía renovable, por ejemplo la energía contenida en las olas y las corrientes marinas.

1.6.6. Energía geotérmica

Consiste en el aprovechamiento del calor cedido por el interior de la tierra. En algunas ocasiones tan solo nos sirve para el calentamiento de agua a temperaturas inferiores a su punto de ebullición y utilizable, por lo tanto, tan solo para sistemas de calefacción. Pero en muchos otros casos el agua puede llegar a temperaturas superiores a su punto de ebullición emergiendo en forma de vapor de agua y ser expandido en turbinas de vapor.

1.7. Ventajas y desventajas de las energías renovables frente a las no renovables.

El criterio por medio del cual las energías son clasificadas en energías renovables o no renovables hace referencia a la agotabilidad de las mismas. Las energías renovables cuentan con la gran ventaja de ser abastecidas naturalmente por la energía solar, bien sea de forma directa o indirecta, y este abastecimiento está asegurado para cuatro mil millones de años. Sin embargo no podemos decir lo mismo de las energías no renovables, aunque estas también se pueden formar, lo hacen a una rapidez mucho más lenta de la que son consumidas. Esto supone un irremediable agotamiento de estas a lo largo del tiempo. En la actualidad, el uso de los combustibles fósiles como generación de energía tiene un gran peso en la balanza energética. Esto se debe, en gran parte, a la facilidad de acceso a las mismas y a la existencia de una tecnología de conversión en energía de gran tradición y muy asentada en el día a día. Nos resulta difícil imaginar un mundo sin el transporte impulsado por motores de combustión con combustibles fósiles ya que, con la tecnología de los motores de combustión plenamente desarrollada, resulta una opción realmente cómoda y atractiva.

Son evidentes las ventajas que estos combustibles fósiles tienen en cuanto a dar una salida no demasiado complicada a la creciente demanda energética en la que está inmersa la humanidad. Ventajas que comienzas a perder peso en el mismo momento en el que se repara en las inevitables desventajas que estas conllevan. Las energías no renovables, causa de grandes intereses económicos, suponen una salvación efímera al problema y a su vez un obstáculo a la investigación en nuevas formas de obtención de energía.

El uso de los combustibles fósiles emite gases nocivos a la atmósfera, entre ellos el tan conocido CO₂, responsable del efecto invernadero. A estos combustibles, sobre todo los procedentes del transporte, calefacciones e industria, se les atribuye los altos niveles de contaminación en grandes ciudades. Estos gases son muy nocivos para la salud del ser humano,

cebándose especialmente con el sistema respiratorio y pudiendo ser responsable de otras enfermedades asociadas a su presencia en la atmosfera.

La energía nuclear corresponde también a las energías no renovables y que por lo tanto explotan recursos naturales condenados a agotarse en un futuro no muy lejano. Esta energía no emite gases de efecto invernadero, pero sin embargo, esto no lo convierte en una energía limpia o no contaminante, ya que los residuos asociados al proceso de conversión son altamente contaminantes y necesitan de un largo periodo de almacenamiento hasta su total conversión a materiales no nocivos para el medio ambiente.

En el otro extremo de la balanza encontramos las energías renovables. Aquellas que no suponen un agotamiento de los recursos existentes, puesto que son capaces de regenerarse a una velocidad mayor a la consumida. A diferencia de las energías no renovables, partimos de una ventaja, sin embargo no todo son ventajas. De hecho existen multitud de desventajas asociadas a las energías renovables, pero de menor peso que las asociadas a las energías agotables. Hasta el día de hoy el ser humano no ha sido capaz de encontrar una fuente de energía totalmente limpia e ilimitada. Podemos afirmar con total rotundidad que todas y cada una de las formas de conversión de energía que el ser humano ha descubierto, investigado y utilizado hasta la actualidad suponen una leve o grave amenaza al entorno a donde se encuentran. Pero si hemos de elegir una energía menos dañina y más cercana a la hipotética idealidad de una energía totalmente limpia e ilimitada esa ha de ser una energía renovable.

La gran desventaja de las energías renovables radica en la misma palabra renovable. Esto nos asegura el hecho de que la fuente de energía permanecerá en el tiempo independientemente del uso que hagamos de ella, salvo casos concretos, como es el caso de la biomasa y que comentaremos a continuación. Pero sin embargo esto no lo convierte en una energía ilimitada y limpia, ya que nosotros, con la tecnología desarrollada somos incapaces de la conversión absoluta de esta fuente ilimitada y de hacerlo de una forma limpia.

Como hemos comentado anteriormente las energías renovables, aunque más respetuosas con el medio, también tienen desventajas. La mayor parte de ellas se encuentran en procesos de desarrollo y por lo tanto no se ha obtenido de ellas todo el potencial que tienen. Otras sin embargo, ya desarrolladas, como por ejemplo la hidráulica, solar y eólica tienen sus propias limitaciones. La más antigua de estas, la energía hidráulica, está condicionada a lugares estratégicos y a grandes obras de ingeniería. La energía solar necesita de grandes extensiones de huertas solares para producir una cantidad de energía aceptable, con el consecuente impacto que ello genera y la energía eólica crea un evidente impacto ambiental estando también restringida a puntos estratégicos. Tanto la energía solar como la energía eólica están limitadas a las condiciones meteorológicas y no se puede asegurar una producción regular. Sin embargo el futuro corre por la creación de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica con la combinación de diferentes energías renovables. La energía geotérmica no solo se encuentra muy restringida geográficamente sino que es considerada contaminante. Esto debido a que la extracción de agua subterránea a alta temperatura genera el arrastre a la superficie de sales y minerales no deseados y tóxicos.

Los costes de inversión de las energías renovables suelen ser más elevados que los de las energías no renovables, pero sin embargo está comprobado que a largo plazo resultan más rentables.

1.8. La biomasa.

El termino biomasa se refiere a toda aquella materia orgánica proveniente de árboles, plantas y desechos de animales. Estos pueden provenir de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz), de aserraderos (corteza, aserrín, podas) y de desechos urbanos (aguas negras, basuras, etc.). Supone la fuente de energía renovable más antigua empleada por el hombre, ya utilizada en tiempos de nuestro ancestro Homo Erectus con el descubrimiento del fuego.

Las energías renovables son definidas como aquellas inagotables, aquellas que se generan con mayor rapidez que con la que se consumen, como es el caso del viento o del sol. En el caso de la energía de la biomasa, al igual que la del agua, debemos hacer un pequeño apunte para poder incluirlos en esta clasificación. Así pues la biomasa será considerada fuente de energía renovable siempre y cuando los bosques y los suelos sobre los que crecen los cultivos sean administrados de una forma adecuada.

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido en carbón y un elevado contenido en oxígeno y en compuestos volátiles. Los compuestos volátiles (dióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrógeno) son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. Esta característica, junto con el bajo contenido en azufre, la convierten en un producto adecuado para ser aprovechado energéticamente. Como hemos comentado anteriormente, la combustión directa supone una de las formas más antiguas de aprovechamiento de la biomasa para la producción de energía. La combustión de leña, estiércol, residuos agrarios para el calentamiento de los hogares, cocción de alimentos y pequeñas actividades industriales. Desde la prehistoria la forma más habitual de utilización ha sido la combustión directa mediante hogueras al aire libre o en pequeños hornos. Posteriormente se utilizaban estos residuos para su combustión en pequeñas calderas y la obtención de calor con diversos fines, entre ellos la producción de electricidad.

En regiones como las extensas áreas de población dispersa de Bolivia, las tecnologías de energía renovable a pequeña escala representan una alternativa económica y ambiental factible para la provisión de energía a comunidades rurales remotas y para la expansión de la capacidad eléctrica instalada, ya sea por medio de sistemas aislados o por proyectos conectados a la red eléctrica (generación distribuida) cuando la misma está accesible. El país cuenta con notables recursos de biomasa sin aprovechar, lo mismo que un gran potencial de desarrollo de sistemas hidráulicos, solares y eólicos.

Entre las barreras que dificultan un mayor desarrollo de los sistemas de generación de energía a partir de biomasa, está la falta de conocimiento de las tecnologías, a parte de las capacidades institucional y técnica aún incipientes.

Los sistemas más modernos de conversión de la energía química contenida en la biomasa están orientados a un aprovechamiento mayor de la biomasa mediante combustiones eficientes y en procesos termoquímicos y bioquímicos para la densificación energética de la materia prima. Estas mejoras son de aplicación tanto en el ámbito doméstico, como en la producción de electricidad a gran escala.

La biomasa puede ser convertida en otras formas de energía mediante diferentes procesos. Para entenderlos hemos de pensar primero en la composición de la biomasa. Esta está compuesta principalmente por carbono y oxígeno. También contiene hidrógeno, un poco de nitrógeno, azufre, ceniza y agua, dependiendo de la humedad relativa.

Tabla 1

	Carbono C	Hidrógeno H	Nitrógeno N	Oxígeno O	Azufre S	Cloro Cl	Cenizas
Madera liviana	52,10	6,10	0,20	39,90	-	-	1,70
Madera dura	50,48	6,04	0,17	42,43	0,08	0,02	0,78
<i>Almendra amazónica</i>	<u>50.0</u>	<u>5.08</u>	<u>0.7</u>	<u>43.5</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>1.7</u>
Madera de eucalipto	50,43	6,01	0,17	41,53	0,08	0,02	1,76
Serrín de pino	52,49	6,24	0,15	40,45	0,03	0,04	0,60
Paja de cereal	39,07	4,77	0,58	50,17	0,08	0,37	4,96
Bagazo de caña	46,95	5,47	0,38	39,55	0,01	0,12	9,79
Cascarilla de arroz	38,68	5,14	0,41	37,45	0,05	0,12	18,15
<i>Carbón mineral</i>	<i>71,70</i>	<i>4,70</i>	<i>1,3</i>	<i>8,30</i>	<i>0,64</i>	<i>0,06</i>	<i>20,70</i>

Fuente: RWEDP

En la mayoría de los procesos de conversión de la biomasa en otras formas de energía el contenido de humedad de la misma es de vital importancia, siendo necesario que esta tenga un contenido de humedad inferior al 30 %.

- **Composición química y física:** Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar; por ejemplo, los desechos animales producen altas cantidades de metano, mientras que la madera puede producir el denominado “gas pobre”, que es una mezcla rica en monóxido de carbono (CO). Por otro lado, las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.
- **Contenido de humedad (H.R.):** El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía.
- **Porcentaje de cenizas:** El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, ésta puede ser utilizada; por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de concreto o para la fabricación de filtros de carbón activado.
- **Poder calórico:** El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material.

- **Densidad aparente:** Esta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, bajo condiciones dadas. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y, algunas veces, presentan problemas para fluir por gravedad, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.
- **Recolección, transporte y manejo:** Las condiciones para la recolección, el transporte y el manejo en planta de la biomasa son factores determinantes en la estructura de costos de inversión y operación en todo proceso de conversión energética. La ubicación del material con respecto a la planta de procesamiento y la distancia hasta el punto de utilización de la energía convertida, deben analizarse detalladamente para lograr un nivel de operación del sistema por encima del punto de equilibrio, con relación al proceso convencional.

1.8.1. Fuentes de biomasa

La biomasa procede de un amplio rango de fuentes y actividades:

- **Plantaciones energéticas:** Consisten en extensas plantaciones de árboles y plantas para su posterior recolección y transformación en energía. Se suelen elegir normalmente plantas o árboles de rápido crecimiento y el periodo hasta su recolección suele durar de 3 a 10 años. Siendo posible la realización de podas durante este tiempo, aumentando así la capacidad de producción de biomasa de estas plantaciones. Existe una gran cantidad de especies que se plantan con el único objetivo de la producción de energía. Algunos ejemplos son caña de azúcar, maíz, trigo y todos aquellos arboles de rápido crecimiento y alto poder calorífico. También es habitual la utilización de plantas acuáticas y algas para la producción de etanol y biodiesel. La gran limitación de estas plantaciones es la necesidad de emplear grandes extensiones para que sean rentables. Normalmente se asegura la rentabilidad de la actividad realizando una actividad agrícola productiva paralela, como por ejemplo maíz o caña de azúcar.
- **Residuos forestales:** Se estima que cuando se tala un árbol para aprovechamiento de su madera, tan solo se aprovecha un 20 %, el resto queda en campo en forma de ramas, raíces y otras partes. Estas partes tienen un gran potencial biomásico y en muchas ocasiones son dejadas en el campo por temas de transporte.
- **Desechos agrícolas:** Son aquellos desechos que provienen de la actividad agrícola, sin ser la producción de biomasa su único fin.
- **Desechos ganaderos:** En la industria ganadera se producen gran cantidad de desechos de origen animal muy útiles en la producción de biogás.
- **Desechos urbanos:** Incluye todo tipo de residuos generados en los núcleos urbanos, residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras.

1.8.2. Formas de conversión energética de la biomasa

En muchas ocasiones, la biomasa, antes de ser convertida en otras formas de energía es procesada para facilitar el transporte y adaptarla a las condiciones de los diferentes procesos. Por ejemplo convirtiéndola en briquetas, en carbón vegetal, gas, etanol,

electricidad, etc. Estos productos finales, tras la conversión de la biomasa, se emplean normalmente como combustible a efectos de proporcionar energía.

1.8.2.1. Procesos de combustión directa.

Cuando la biomasa se quema directamente se está produciendo una reacción química entre el carbono contenido en la biomasa y el oxígeno atmosférico. Esta es la forma más antigua y más común de extraer la energía de la biomasa. La combustión directa es empleada para obtener calor, el cual puede ser empleado directamente, por ejemplo, en la cocción de alimentos o en un proceso industrial que requiere del aporte de un foco de calor. Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado.

Durante la combustión directa se forman como productos dióxido de carbono (CO₂) y combinando el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua. Cuando la combustión es completa, o sea la biomasa se quema totalmente, todo el carbono se transforma en CO₂. Pero si la combustión no es completa, se forman además monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (por ejemplo el metano), óxidos de Nitrógeno y otros compuestos. Existen dos razones por las cuales la combustión de biomasa puede resultar incompleta, por ausencia de oxígeno o por un exceso de humedad en la biomasa.

Los procesos de combustión directa convencionales son normalmente muy ineficientes. Se pierde una gran cantidad de energía que puede dar lugar a contaminación si no se realiza bajo condiciones controladas.

Usos de biomasa sólida en combustión directa.

Tabla 2

COMBUSTIBLE	TECNOLOGÍA
Polvo	Quemadores de polvo
Astillas	Hornos, calderas en suspensión y lecho fluidizado
Pellets	
Briquetas	Hornos y calderas en parrilla
Leña	Hornos y calderas. Estufas domésticas
Carbón vegetal	Estufas domésticas

Fuente: Propia

1.8.2.2. Procesos termo-químicos.

Los procesos térmicos están basados en la quema de la biomasa bajo condiciones controladas. En ausencia de oxígeno para conseguir un combustible más denso y con mayor densidad energética que el sólido original. Dentro de estos procesos distinguimos:

- Carbonización o pirolisis: Proceso en el que la biomasa se quema en ausencia de oxígeno produciéndose un proceso de transformación en el que reducimos el peso de la biomasa y aumentamos su poder calorífico en un 50 %. En su posterior combustión no produce humos, por lo tanto es de gran utilidad para el uso doméstico. Este proceso normalmente se lleva a cabo de una forma muy

artesanal, enterrando la biomasa para facilitar la combustión incompleta. Actualmente se utilizan tecnologías más sofisticadas, como como hornos.

- Gasificación: En la gasificación se emplea una mayor cantidad de oxígeno. Una parte de la biomasa se combustiona gracias a este aporte de oxígeno y aporta el calor necesario para que el resto de reacciones, ya en ausencia de oxígeno, tengan lugar. En este caso lo que obtenemos es un gas pobre el cual está formado por una mezcla de monóxido de carbono, hidrógeno y metano, con proporciones menores de dióxido de carbono y nitrógeno. Este gas de síntesis lo podemos utilizar para generar calor o electricidad y se puede aplicar en sistemas convencionales como son los motores de combustión interna.

1.8.2.3. Procesos bio-químicos.

Estos procesos son de aplicación en biomásas con gran contenido de humedad como pueden ser lodos de depuradora, residuos agroindustriales, estiércoles de granja y diferentes materias vegetales. Consiste en dejarlo fermentar con microorganismos para obtener un gas y como subproductos fertilizantes. Consiste en dejarla fermentar por microorganismos recogiendo como producto energético un gas combustible (biogás) y como subproducto lodos con propiedades fertilizantes, o bien etanol, principal destilado de la fermentación alcohólica.

En el caso del biogás y el etanol la transformación es por acción metabólica de organismos microbianos, para producir combustibles gaseosos y líquidos.

Los más importantes son:

a) Digestión anaerobia en reactor y gas de vertederos: la digestión de biomasa con alto contenido de humedad por bacterias descomponedoras en un ambiente sin oxígeno (anaeróbico) produce un gas combustible llamado biogás. Se coloca la biomasa (generalmente desechos de animales) en un contenedor cerrado (el reactor o biodigestor) y allí se deja fermentar. Después de unas semanas y a temperatura en torno a 35°, se habrá producido un gas mezcla de metano y dióxido de carbono principalmente. El biogás puede ser usado igual que el propano o butano derivados del petróleo en cocinas, alumbrado, calefacción y motores. Igual que el “gas pobre” de la gasificación, el biogás producido en procesos de digestión anaeróbica puede ser usado en motores de combustión interna para generación eléctrica. Actualmente se desarrollan métodos para elevar la proporción de metano en el biogás (retirando CO₂), como “biogás mejorado”, que es equiparable al gas natural.

La materia remanente dentro del digestor es un buen fertilizante orgánico, rico en Nitrógeno. Los digestores han sido promovidos fuertemente en China y el sureste de Asia para usos domésticos, alimentando las cocinas con biogás en sustitución de la leña. También se pueden utilizar aguas negras como materia prima, lo cual sirve, además, para tratamiento sanitario.

Un caso particular es el aprovechamiento de los gases producidos de forma natural por la descomposición de la materia orgánica en los vertederos urbanos o rellenos sanitarios. Los desechos orgánicos componen una buena parte de los residuos sólidos urbanos, sin embargo, generalmente este gas no es aprovechado. Además de reciclarlo para producir energía, su combustión reduce la contaminación y el riesgo de

explosiones en los vertederos y disminuye el efecto invernadero de las emisiones de metano.

b) Fermentación alcohólica: de la biomasa se pueden producir combustibles líquidos como etanol y metanol. El primero se produce por medio de la fermentación de azúcares y, el segundo por la destilación destructiva de madera (ver gasificación). La fermentación de azúcares se ha utilizado durante siglos para la producción de vinos y licores y, más recientemente, para generar sustitutos de combustibles fósiles para transporte (en Brasil a partir de la caña de azúcar). El alcohol carburante se puede utilizar en forma pura o mezclado con gasolinas, para transporte, motores de maquinaria o grupos generadores.

El tratamiento completo en la industria alcoholera sigue los siguientes pasos:

- 1) Triturado de la materia prima, por ejemplo, caña de azúcar, tubérculos
- 2) Hidrólisis enzimática de los polímeros complejos (almidones, celulosas y hemicelulosas) a azúcares en disolución
- 3) Fermentación alcohólica
- 4) Destilado y purificación del etanol

Por último se menciona el proceso de transformación química de los aceites en biodiesel, denominado trans-esterificación: el biodiesel se compone de ésteres de ácidos grasos, obtenidos de aceites vegetales, grasa animal y grasas recicladas (en general triglicéridos). A partir de un proceso llamado “transesterificación”, los aceites derivados orgánicamente se combinan con un alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente para formar ésteres grasos (etil o metilo éster). El biodiesel puede ser mezclado con diesel en un 20 % o en otras proporciones, o bien usado puro como combustible en motores comunes. Su gran ventaja es reducir considerablemente las emisiones (no contiene azufre ni bencenos), el humo negro y el olor. La transesterificación da como subproducto glicerina.

Tabla 3

BIOCOMBUSTIBLE	TIPO DE TECNOLOGÍA	APLICACIONES
Biomasa seca	Combustión directa Horno, caldera	Cocinado Calefacción Cogeneración de electricidad y vapor
Gasógeno	Combustión directa Horno, caldera Motor diésel	Calefacción Transporte Generación eléctrica
Biogás	Combustión directa Horno, caldera Motor diésel	Cocinado Calefacción Generación eléctrica
Bioetanol	Automotores	Transporte: aditivo de gasolinas (15 %) o combustible principal (85%)
Biodiésel / Aceite	Automotores y motor diésel estacionario	Transporte: puro o aditivo 20 % con diésel Generación eléctrica

1.9. Nuez amazónica

El árbol productor de las nueces amazónicas, o también llamadas de Brasil, es una especie de alto valor ecológico. Su nombre científico es *Bertholletia excelsa* y se caracteriza por su imponente altura, más de 20 metros y edades promedio de 400 años, aunque algunos tienen entre 900 y 1.400 años. La región norte-amazónica boliviana está relativamente alejada de los principales mercados y presenta limitaciones de acceso; los caminos, de reciente construcción, son de tierra y poco transitables en época de lluvias, la inversión pública es limitada y existen deficiencias críticas en la dotación de servicios básicos, principalmente agua y energía eléctrica.

La explotación de la castaña es una de las actividades con mayor potencial de desarrollo que tiene Bolivia. Ocupando el segundo lugar en exportaciones, después de la soya. La castaña constituye la base de la economía productiva del Norte de Bolivia, generando aproximadamente 7.150 puestos de trabajo fabriles y 20.000 en la Zafra (Cosecha). Es decir, más del 50% de la población activa total de la región está vinculada a la castaña. En cuanto a su desempeño en el comercio exterior, las cifras de exportación de esta cadena productiva muestran una tendencia ascendente hasta el año 2000 (con un crecimiento del 49% con respecto a 1999, coincidente con el cierre de empresas en el Brasil así como a la instalación de nuevas plantas beneficiadoras tanto en Cobija como en Riberalta) con un descenso en los últimos 2 años, alcanzando alrededor de 10.000 toneladas y 30 millones de dólares anuales en las últimas gestiones.

La castaña amazónica es un producto único, el 70% de la producción mundial se encuentra en Bolivia, sólo el 20% en Brasil y el 10% en Perú. En Bolivia existen condiciones aptas para el desarrollo del árbol de la castaña en un área extensa de la Amazonía, esta área comprende todo el departamento de Pando, la Provincia Vaca Diez del Beni e Iturralde de La Paz, con una superficie aproximada a 100,000 km², equivalente al 10% de la superficie total del país.

Las castañas amazónicas se comercializan en mercados internacionales, los cuales absorben el 95 % de la producción y solamente 5 % se comercializa internamente, donde existe un abanico de por lo menos 14 diferentes clases de nueces, dentro de cuya oferta compiten las nueces de Brasil, jugando un rol relativamente marginal. Por estas características de la demanda, su precio depende principalmente de dos factores: El precio de otras nueces y almendras; y la cantidad disponible para la venta la cual depende de la producción natural.

Se pueden distinguir cuatro elementos importantes en la cadena productiva de la castaña: las beneficiadoras, barracas, contratistas y zafreiros. Las beneficiadoras son plantas industriales que procesan la castaña para obtener castaña beneficiada para exportación. Los zafreiros son los encargados de la recolección del fruto. La contratación de los zafreiros se realiza con la participación de intermediarios denominados contratistas, en un sistema de contratación denominado “habilito”.

La castaña puede ser propagada por semillas, por injerto y por cultivo de embriones inmaduros. En el caso de la propagación por injerto, la semilla es el elemento esencial en el manejo, pues el porta injerto es la propia castaña obtenida por vía sexual. La siembra directa en el campo no es recomendable, en vista que las semillas son de difícil

germinación y también debido a los riesgos de ataque por roedores y por el alto costo de mantenimiento del área plantada.

La propagación por injerto está siendo utilizada con bastante éxito en la instalación de cultivos comerciales, cuando el objetivo principal es la producción de castaña.

El tegumento de las semillas, aunque permeable al agua y al oxígeno, es extremadamente resistente, impidiendo la expansión del embrión durante la germinación. Por este motivo, la remoción del tegumento es una práctica necesaria para obtener alto porcentaje de germinación, en un tiempo relativamente corto. Cuando las semillas son sembradas con cáscara, la germinación es extremadamente lenta y con acentuada desuniformidad, iniciándose 180 días después de la siembra, con solamente 25% de germinación a los 700 días. Por otro lado, cuando las semillas son sembradas desprovistas del tegumento, las primeras plántulas emergen en el sustrato de germinación a los 25 a 30 días después de la siembra. A los 90 días el porcentaje de germinación sobrepasa 80%. Después de la emergencia de las plántulas, se efectúa el trasplante para sacos plásticos. Las plántulas preparadas en bolsas plásticas están en condiciones de ser llevadas al campo definitivo, cuatro a seis meses después del trasplante a las bolsas, ocasión en que presentan de 20 a 40 cm. de altura y, aproximadamente, 16 hojas abiertas. En el caso de utilizar vasos de plástico las plántulas deben ser llevadas al campo definitivo cuando alcancen 30 cm. De altura.

El proceso de recolección de la castaña se lleva a cabo durante la época de lluvias, por lo que la inundación y anegamiento de sendas impide el ingreso y salida del bosque, lo que, sin duda, retrasa esta operación. A ello, se suma la falta de caminos o en mal estado como principales problemas para no sacar la castaña y llevarla a beneficiar. Los paiotes y los galpones intermedios y centrales, en la mayoría de los casos, no cuentan con el diseño y las características de construcción adecuadas, lo cual conduce a aumentar el riesgo de contaminación y pudrición de la castaña. El riesgo de contaminación de la castaña aumenta en éstos aún más por constituirse en vivienda de los zafreros y almacén al mismo tiempo; en estas condiciones, es susceptible de contaminarse por los residuos domésticos y desechos naturales. Sin duda, estas no son las condiciones apropiadas para el bienestar y la productividad de las familias que se ocupan de la cosecha de la castaña.

Por otra parte, no existe infraestructura portuaria, vale decir, los muelles en las barracas y en el destino son simple playas al borde de los ríos, lo que se constituye en un factor adverso para el traslado del producto a la planta del beneficiado.

La falta de infraestructura caminera y portuaria incide en el tiempo y en el costo del transporte de la castaña hasta la planta del beneficiado. En este marco, la ausencia de caminos, la falta de mantenimiento de los existentes, la imposibilidad de entrar y salir del bosque a causa de inundaciones y anegamiento de sendas y caminos de acceso, hacen que el transporte de la castaña, por tierra y/o por río de los centros de producción, sea dificultoso y lleve un largo período de tiempo.

Descripción de los diferentes procesos llevados a cabo en el proceso de industrialización de la castaña:

1.9.1. Cosecha o Recolección.

La recolección de la castaña se inicia en noviembre cuando los zafreros son trasladados a los centros de producción para condicionar los caminos, galpones, paioles y otros necesarios para iniciar la colecta de los frutos. La zafra es realizada en la época de lluvias. La mayor parte de los frutos, caen del árbol en los meses de noviembre y diciembre, pero la cosecha es muy lenta por el difícil acceso al bosque y se prolonga desde diciembre hasta abril. Durante este periodo hombres, mujeres y niños se trasladan de sus casas a los centros de producción donde permanecen hasta terminar la zafra. El porte elevado de las plantas no permite que los frutos sean cosechados directamente de la planta. Además, existe el riesgo de que sean colectados inmaduros. Por este motivo, los frutos son colectados del suelo, después de desprenderse naturalmente del árbol. El zafrero de origen brasileño y el zafrero boliviano que vive cerca de la frontera con Brasil, para cosechar castaña, lleva colgado en el cuerpo un canasto de liana de cipó, al que se conoce como panero. Para evitar agacharse y que le piquen las víboras e insectos, en la recolección utiliza una vara de un arbusto llamado mapa, de aproximadamente un metro de largo. Luego realiza dos cortes en cruz en la base de la vara y obtiene una especie de larga pinza rústica con la que recoge los cocos de castaña esparcidos y los avienta con fuerza dentro del panero. El zafrero boliviano “el cambia”, realiza el “juneo”, es decir, recolecta los cocos caídos con la mano y los amontona cerca del tronco del árbol de castaña. Si bien conoce las ventajas del sistema utilizado por los zafreros brasileños, por costumbre sigue esta práctica. La operación de quiebra de los cocos para extraer las semillas, se inicia solamente después que se ha juntado un número suficiente de frutos; utilizando machete, cortan uno de los extremos para extraer las semillas. Las semillas son depositadas en bolsas de polipropileno de 50 Kg. y transportadas hasta los paioles (galpones rústicos dentro del bosque utilizado para almacenar la castaña).

El rendimiento del zafrero depende: de la densidad de los árboles productores, de la cantidad de fruto producido por individuo y de la distancia del área de producción hasta el paiol. En media una persona produce 3 cajas por día de 22 Kg. que es equivalente a una barrica. En algunas zonas productoras toda castaña que llega del bosque, antes de ser almacenada en el paiol, el zafrero coloca las semillas en agua para lavar y eliminar las que flotan, pedazos de fruto, y otros materiales inertes. Posteriormente son depositadas sobre un piso de madera, tronco de palmera y en el peor de los casos sobre tierra. El tiempo de permanencia de las semillas en estas condiciones depende mucho de la calidad del paiol, de la distancia a los galpones centrales de almacenamiento, de la disponibilidad de recursos, de las condiciones de las vías de extracción, entre otros factores. La calidad de la castaña depende del tiempo que el fruto permanece en el bosque, de la posición de caída y del cuidado del zafrero en la extracción de la semilla eliminando las dañadas, vacías y el ombligo. Las mejores semillas son las colectadas máximo hasta fines de enero, con 92% de castañas sanas; cuando se colecta el fruto en abril el promedio de semillas perdidas es de aproximadamente 50%, debido a la entrada de agua por el opérculo del fruto. Cuando el fruto cae con el opérculo para abajo la colecta podrá realizarse hasta fines de abril con pérdidas de máximo 10% (Zonta e IPHAE en: FAO, 1994).

1.9.2. Poscosecha

La poscosecha consiste en transportar las semillas del paiol que está ubicado dentro del bosque hasta los galpones intermedios y centrales de las barracas en el cual se almacena la castaña por uno a tres meses. Toda castaña seca es transportada hasta la beneficiadora. El transporte se realiza en el momento en que las condiciones ambientales lo permitan, por los mismos zafreros o por río. Un centro de barraca típico sirve de vivienda para varias familias, y está ubicado en áreas cercanas de algún río o vía caminera, para facilitar el

transporte de la castaña a las plantas del beneficiado. Un galpón intermedio o de subcentro y central de la barraca bien diseñada cuenta con buena ventilación y un piso adecuado de manera a una altura de hasta un metro. La castaña se almacena en capas delgadas, dispersada en el piso. En algunos centros de barracas se lleva a cabo el removido o batido del producto para facilitar el proceso de secado y evitar el desarrollo de aflatoxina. Sin embargo, la mayoría de las barracas no cuentan con las características y diseño de construcción adecuadas, lo que conlleva a aumentar la pudrición y el riesgo de contaminación de la castaña.

Por otra parte, los productores pequeños llevan la castaña desde el bosque hasta sus viviendas ubicadas cerca al área de recolección, las mismas que sirven de almacenes para la castaña, donde permanecen hasta ser comercializados al intermediario. La intensa actividad castañera ha generado la construcción de unos dos mil payoles, ubicados en diferentes zonas de cosecha que están distribuidas en tres de las cinco provincias del departamento: Nicolás Suárez, Abuná y Manuripi. Desde esos puntos, la castaña es transportada por decenas de recolectores hasta las barracas o centros de acopio (EL NUEVO DÍA, 2001).

1.9.3. Almacenamiento

La manera tradicional de almacenamiento es muy precaria y en algunos casos se puede catalogar inexistente. En el bosque, es común encontrar castaña en sacos de polipropileno, sin ningún tipo de cobertor, expuesta a las lluvias y altas temperaturas. El saco de polipropileno produce las condiciones más óptimas para el desarrollo de los hongos productores de aflatoxinas, como es el caso de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Es posible también encontrar castaña a granel amontonada cubierta con hojas de palmas, en un mejor caso se encuentran castaña en sacos y/o a granel bajo un rudimentario paiol, que es una estructura de madera con techo de jatata. Todos estos tipos de almacenamiento precario, permiten que el producto esté expuesto a temperatura y humedades relativas favorables para su pudrición a través del ataque de hongos y bacterias.

La industria castañera debe estar consciente de que los hongos que producen aflatoxinas se desarrollan cuando el producto se almacena en condiciones inadecuadas. Está claro que el problema de contaminación se desarrolla desde el inicio de la cosecha hasta los centros de procesamiento.

Procesos que lleva la castaña en su beneficiado antes de ser comercializada:

1.9.4. Preselección

Una vez el lote es aceptado, se procede a la preselección de la castaña que está en mal estado, ya sea por ataque de hongos o por defectos físicos de la pepa, este proceso se lo realiza en forma manual con la ayuda de luz ultravioleta que permite la detección rápida de aquellas piezas en mal estado.

En el último tiempo, la empresa se ha enfrentado con un problema debido a que muchos proveedores locales están proveyendo castaña de la campaña anterior, la que ya tiene una existencia de un año en condiciones poco apropiadas pero a la que la remojan y lavan para hacerla parecer como recién cosechada. Lamentablemente no se puede distinguir solo con inspección visual esta castaña de la recién cosechada, sin embargo y como todos los lotes que ingresan al proceso se registran, una vez que se ha detectado dentro del proceso que

esta castaña tiene problemas de calidad, todo el lote se rechaza. Este problema es lamentablemente identificado cuando la castaña está en proceso de descascarado puesto que el rendimiento de proceso con este lote disminuye notablemente, obteniéndose un rendimiento inferior al 90%, valor que es considerado como el mínimo aceptable.

1.9.5. Sancochado

Esta operación unitaria es desarrollada con el objeto de poder ablandar la cáscara y separarla parcialmente de la almendra, lo que facilitará el proceso de descascarado obteniéndose rendimientos más altos. Esta operación se realiza en autoclaves en los que se introduce una carga de castaña y se la somete a presión de 3 bares y vapor saturado por un tiempo de 50 a 60 segundos, pasándose a descargar la castaña y enfriarla con agua natural. Esta castaña ya Sancochada se pasa a un Silo en el cual espera para su descascarado.

1.9.6. Descascarado

Esta es quizás la operación que más diferencia a las empresas que son intensivas de capital de las que son intensivas en mano de obra, puesto que en las primeras esta se la realiza por pedios mecánicos en tambores rotatorios, Sin embargo antes de pasar a estos, se realiza un proceso de pre-descascarado mecánico en tambores más pequeños, lo que ha logrado incrementar el rendimiento industrial de esta operación en un 30%.

En las segundas es realizada empleando maquinas manuales de descascarado, siendo que una persona está encargada de operar cada una de ellas y la eficiencia del proceso depende en gran medida de la habilidad del operario, su experiencia y otros factores relacionados con el ser humano.

1.9.7. Selección

Una vez que la almendra ha sido descascarada, pasa a la seleccionadora, que está compuesta por una o varias máquinas zaranda, la cual aprovecha la gravedad y el peso específico de la almendra en sus diferentes tamaños, para seleccionarlas.

1.9.8. Deshidratado

Se realiza en cámaras de secado, compuestas por intercambiadores de calor que permiten elevar la temperatura de la misma hasta los 100 °C, sin embargo, se debe programar la curva de secado de la almendra de acuerdo a sus características de tamaño, contenido inicial de humedad, contenido final de humedad y humedad de equilibrio. Esta tecnología ha sido desarrollada en su totalidad por medio de un proceso de aprendizaje de prueba y error, puesto que ninguna otra semilla cuenta con características fisicoquímicas similares a la almendra de castaña, lo que no permite contar con curvas de secado ya establecidas.

Solamente las empresa líderes del sector cuentan con el bagaje de conocimientos teóricos y prácticos relacionados con operaciones de secado de sólidos, en este caso de semillas, los que incluyen el manejo de curvas de secado (que tienen que ser desarrolladas por las mismas empresas), variables de temperatura de bulbo húmedo, seco, humedades de equilibrio y otras que están relacionadas con esta técnica en particular. Estas cámaras son calentadas con vapor de agua, el mismo que es generado por un caldero que a su vez funciona con cáscara de castaña, la que tiene un poder calorífico muy similar al del fuel oil obteniéndose un proceso de secado con mucha eficiencia energética.

1.9.9. Embolsado y Empaquetado

Este proceso es realizado de forma automática, empleando una máquina embolsadora (de procedencia brasilera), bolsas de polietileno laminadas con aluminio de procedencia nacional y/o brasilera y cajas de cartón corrugado de procedencia nacional. Esta máquina dosifica la carga que es de 20 Kg. y el envasado se hace en ambiente inerte (vacío), y luego en la caja de cartón se acomoda la bolsa ya sellada.

1.9.10. Productos y subproductos

El primer producto del fruto son las semillas que contienen almendras y son el componente de mayor utilidad y valor económico, con un valor nutritivo comparable a la carne de vacuno por la cantidad y calidad de los aminoácidos que presenta. Puede ser consumida al natural o como ingrediente de una gran variedad de dulces y manjares.

A partir de almendras frescas trituradas, se puede obtener la leche de castaña utilizada para la preparación de platos típicos y en el tratamiento de manchas de la piel. Otro subproducto es el aceite de castaña procedente de almendras deshidratadas que presenta un buen coeficiente de digestibilidad, pudiendo ser empleado asimismo, como lubricante y en la fabricación de jabones finos y cosméticos. Del residuo de la extracción de aceite se obtiene una harina rica en proteínas que puede sustituir a la harina de trigo para la fabricación de pan, o en mezclas para alimentos prefabricados o para la alimentación animal.

La cáscara del fruto y la semilla tiene alto valor calórico siendo usada para precalentar calderos y asimismo en la fabricación de adornos y objetos de decoración. Alternativas de uso La forma principal de comercio de las castañas es la almendra sin cáscara, cuyo uso primordial es como ingrediente alimenticio en la fabricación de artículos de confitería, en particular de barras de chocolate, en la pastelería para complementar los ingredientes de tortas y pasteles, y en alimentos saludables.

También se usan las almendras para mezclas en bolsas de refrigerio (snacks) con otros frutos secos y nueces o en mezclas de nueces. Durante los períodos de Navidad y Acción de Gracias en Estados Unidos y en el Reino Unido aparece el mercado estacional de nueces con cáscara.

1.9.11. Formas de consumo

■ Sin Cáscara

La principal forma de consumo de la castaña sin cáscara es como ingrediente alimenticio en la fabricación de artículos de confitería, en particular de barras de chocolate, en la pastelería para complementar los ingredientes de tortas y pasteles, y en alimentos saludables.

La castaña también es muy consumida en mezclas de almendras, nueces y algunos frutos secos, como refrigerios (snacks).

■ Con Cáscara

Existe un consumo estacional de castañas con cáscaras durante los períodos de Navidad y Acción de Gracias en Estados Unidos y en el Reino Unido.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El incremento en la demanda energética supone uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la humanidad. En la actualidad, esta demanda, está cubierta en su mayor parte por combustibles fósiles que suponen una amenaza para el medio ambiente. El problema energético está íntimamente relacionado con problemas ecológicos de gran envergadura y por ello es necesaria una política energética respetuosa con el medio ambiente.

Las formas de energía no renovables se agotan, contaminan y se encarecen a lo largo del tiempo. Es por esto que nos vemos en la obligación de buscar nuevas fuentes de energía más respetuosas con el medio ambiente que nos permitan hacer frente a un futuro energético de una forma más segura y limpia.

En Bolivia, la existencia de zonas poco pobladas con comunidades pequeñas y dispersas hace muy dificultosa la distribución de electricidad en todo el territorio. Buena parte de estas comunidades no cuentan con el acceso a la red. Es, por lo tanto, necesaria la implantación de una nueva tecnología que permita nutrir de electricidad a estas pequeñas comunidades dotando a sus habitantes de un mejor nivel de vida.

En la amazonia boliviana muchas comunidades no disponen de energía eléctrica y otras tantas se valen de grupos electrógenos para generarla, con los problemas de abastecimiento de diesel que ello conlleva. En muchas ocasiones se recurre al acopio de diesel en el mercado negro procedente de Brasil. Este proviene en su mayor parte de las regiones brasileñas de Rondonia y Mato Grosso para las zonas de Cobija y Riberalta respectivamente.

Este es el caso de la comunidad del Sena, situada en la provincia Madre de Dios, del departamento de Pando. Esta comunidad, sin acceso a la red, recurre actualmente a un recurso no renovable y alejado de su comunidad, pese al gran potencial biomásico existente en el área.

2.2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental que persigue el presente proyecto es cubrir la necesidad energética existente en la zona norte de Bolivia, a través de una fuente de energía adaptada a los recursos y realidad socio-económica de la Amazonía boliviana e investigar las alternativas tecnológicas de conversión de la misma.

Para la consecución de dicho objetivo fundamental se tendrán que alcanzar los siguientes resultados:

- Estudiar, a grandes rasgos, las energías alternativas a los ya utilizadas
- Valorar las ventajas y desventaja de estas fuentes de energía para cubrir demanda en comunidades amazónicas.

- Obtener información sobre la demanda energética en estas comunidades y que parte de esta demanda se podría cubrir con la implantación de un gasificador.
- Estudiar el recurso biomásico en las zonas selváticas del norte boliviano.
- Estudiar las diferentes tecnologías que permitan transformar la biomasa en energía eléctrica y elección de la más adecuada.
- Realizar el estudio y dimensionado de los equipos necesarios para implantar una planta piloto de gasificación en comunidad amazónica.
- Realizar el estudio para la comunidad del Sena como ejemplo de pequeña comunidad amazónica.

2.3. METODOLOGÍA

La metodología seguida para la realización del proyecto se divide en varias etapas bien diferenciadas:

- i. Documentación sobre fuentes de energía, biomasa, estado del arte en gasificación, electrificación rural, contexto socio-económico.
- ii. Recopilación de datos sobre demanda energética en la comunidad del Sena y potencial biomásico existente en la zona.
- iii. Estudio de los modelos de gasificadores existentes en el mercado y diseño de un modelo.
- iv. Construcción del gasificador modelo.
- v. Ensayos con gasificador modelo.
- vi. Estudio de los resultados y conclusiones.
- vii. Estudio de la demanda energética en la comunidad del Sena.
- viii. Estudio del potencial biomásico en la comunidad del Sena.
- ix. Búsqueda de soluciones comerciales a la construcción de un gasificador propio.
- x. Elección de la solución y cálculo del coste económico.
- xi. Conclusiones generales.

3. ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS MÁS ADECUADAS PARA EL USO EN COMUNIDADES AMAZÓNICAS.

La amazonia boliviana se sitúa en la región norte del país extendiéndose a lo largo de los departamentos de Pando, Beni y parte de los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. Esta área se caracteriza por una altitud cercana al nivel del mar y con un clima húmedo tropical.

La dispersión de la población en pequeñas comunidades, las precarias redes de comunicación terrestre y la espesa vegetación existente en esta área dificulta la posibilidad de extender la red eléctrica a cada uno de los poblados. En anexos 11.1.3. se muestra un mapa de Bolivia en el que se refleja el sistema interconectado nacional (SIN). Como se puede comprobar este apenas se adentra en la zona amazónica. Salvo la zona situada más al sur y correspondiente a la localidad de Trinidad. En la actualidad el problema de abastecimiento energético no está en absoluto resuelto. Muchas de estas comunidades no cuentan con acceso a la energía eléctrica, mientras que otros tantos se sirven de grupos electrógenos de generación de energía eléctrica con diesel. Con las ventajas asociadas que el uso de combustibles fósiles conlleva. En muchas de las ocasiones estos grupos electrógenos se encuentran en unas precarias condiciones de mantenimiento y el acceso al combustible no es siempre posible. Se recurre al diesel de contrabando procedente de Brasil. El abastecimiento eléctrico, por lo tanto, depende de un sistema de producción irregular y deficiente.

Es de vital importancia investigar a cerca de las diferentes alternativas energéticas para estas comunidades. Permitiendo así dar solución a la necesidad energética de estas áreas y cooperar así en el desarrollo individual de cada una de ellas. Con un sistema eficiente de electrificación, bien sea mediante pequeñas redes que den cobertura a varias comunidades o mediante autogeneración, se conseguiría aumentar sustancialmente la calidad de vida y la capacidad de desarrollo de sus habitantes.

El primer paso a dar es la elección entre energías renovables y no renovables atendiendo no solo a aspectos medioambientales, sino también a aspectos económicos y sociales. De gran importancia a la hora de decantarse por una tecnología u otra.

Uso de energías no renovables como solución al problema energético en el norte boliviano
Las comunidades con sistemas aislados que cuentan con energía eléctrica recurren a fuentes de energía no renovable, concretamente diesel para la generación. Pero sin embargo estas comunidades no disponen de un sistema eficiente y que asegure una producción constante. Esto se debe en gran parte a la dificultad de suministro. Las zonas en las que se encuentran estas pequeñas y medianas comunidades no disponen de caminos y carreteras adecuados para el transporte pesado. Durante la época de lluvias, comprendida entre noviembre y marzo, el acceso vía terrestre es extremadamente complicado por el estado en el que los caminos quedan. Otra opción es el transporte fluvial, pero no todas las comunidades disponen de ríos navegables. Por lo tanto, desde el punto de vista de acceso al recurso, esta fuente de energía y a pesar de ser la principal opción en la actualidad, no resulta la más adecuada.

Si analizamos la utilización de este recurso desde un punto de vista más centrado en el aspecto tecnológico y económico descubrimos que los costes de inversión son más bajos. Se trata de una tecnología no muy compleja y ampliamente desarrollada. Sin embargo, si no pensamos en una solución a corto plazo, si no a medio o largo plazo, el coste del combustible en el mercado negro, los costes asociados y la irregularidad en el transporte, sobre todo en época de lluvias, no resulta tan rentable.

Desde el punto de vista medio ambiental estas energías no son las más adecuadas, más si tenemos en cuenta que no solo contamos con el problema de la contaminación, si no que estamos utilizando un recurso que a medio plazo se agotará. No obstante hemos de decir que a pesar de todas estas desventajas atribuidas a los combustibles fósiles, estos son ampliamente utilizados en los países del primer mundo. La brecha entre estos países desarrollados y estas comunidades es inmensa. Existe una gran diferencia en el nivel de vida y las comodidades. Por lo tanto el argumento medio ambiental carece de peso en estas pequeñas comunidades, ya que si aquellos que gozan de unas condiciones de vida muy por encima de las justamente lógicas para una vida digna, porque se había de exigir el compromiso con el medio ambiente de una pequeña comunidad que apenas interfiere en el curso normal de la naturaleza. También es cierto y aunque el tema medio ambiental carezca de suficiente peso como para inclinar la balanza en la decisión de la mejor opción para estas comunidades, es altamente recomendable prescindir de las energías no renovables.

3.1. Uso de energías renovables como solución al problema energético en el norte boliviano

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan las energías renovables es que muchas de ellas se encuentran en vías de desarrollo de sus tecnologías de conversión. La humanidad no se ha preocupado demasiado en la búsqueda de otras formas de energía hasta que no ha empezado a intuir el fin de los combustibles fósiles. Es en estas últimas décadas cuando ha crecido el interés en estas fuentes de energía.

Como se ha comentado anteriormente las energías renovables son inagotables, puesto que se generan a una rapidez igual o superior a su consumo. Sin embargo estas fuentes de energía no se encuentran en todos los puntos del planeta. Por ello cada zona del planeta debe tener un plan estratégico propio de aprovechamiento de las fuerzas que la naturaleza nos brinda.

De acuerdo a la situación en la que estas comunidades se encuentran desecharemos varias fuentes de energía renovable por la imposibilidad de su aprovechamiento. Las energías descartadas son las siguientes:

- Energía geotérmica: No existe actividad geotérmica en la zona.
- Energía mareomotriz: No existe costa en el área donde se encuentran las comunidades.
- Energía azul: Se da en la desembocadura de los ríos de agua dulce en el mar, por lo tanto también queda descartada.

A continuación analizaremos detalladamente las aptitudes de las fuentes de energía renovable restantes como solución al problema energético en las comunidades amazónica. Estas son las siguientes:

- Energía eólica.
- Energía hidráulica.

- Energía solar.
- Energía de la biomasa.

3.1.1. Energía eólica

Existen modelos que tratan de representar el recurso eólico existente en Bolivia, pero sin embargo estos deben ser interpretados de una forma detenida y en ninguna de las maneras ser la única fuente de información a la hora de tomar decisiones acerca de la instalación de equipos eólicos. La evaluación del recurso eólico es de una gran complejidad debido al gran número de factores que influyen en el mismo. Para el estudio del recurso eólico se debe estudiar en su base el tiempo de Bolivia a corto plazo y el clima desde una visión global. El clima viene determinado fundamentalmente por cuatro variables.

- Latitud.
- Altitud.
- Nivel de exposición a circunstancias regionales.
- Proximidad al mar.

El clima de Bolivia está caracterizado por su gran complejidad debido a la variabilidad en la topografía del país. Su elevación varía desde los aproximadamente 90 metros sobre el nivel del mar, situados cerca de la frontera entre Bolivia y Paraguay, hasta los 6541 metros sobre el nivel del mar en el Nevado Sajama. El motor de la energía eólica, la radiación solar, tiene una gran variabilidad en Bolivia y tiene una influencia directa en el recurso eólico. Sin embargo no solo el clima es el único factor a tener en cuenta en la medición del recurso eólico. Factores como por ejemplo la continentalidad o proximidad al mar y las circunstancias locales son clave en la predicción del recurso.

Los factores determinantes del recurso eólico en las comunidades amazónicas son los siguientes:

- Estas comunidades se encuentran en la zona denominada llanura y corresponde a grandes extensiones con una variación baja de altitud y comprendida entre los 150 a 300 metros sobre el nivel del mar.
- Al ser Bolivia un país sin litoral marino y situado en el interior de Suramérica la incidencia de los vientos provenientes del océano no serán tan elevados.
- La radiación solar en zonas bajas es menor.
- Las comunidades están situadas en zonas de alta concentración de vegetación. Esta actúa de escudo y frena la velocidad del viento.

Estos factores nos determinan un área de bajo potencial eólico y no apto para la instalación de equipos eólicos.

En anexos 9.1.4. encontramos el atlas eólico de Bolivia confeccionado por 3TIER, uno de los organismos líder en energías renovables y productos de información.

3.1.2. Energía hidráulica

Bolivia es un país con un gran recurso hídrico tanto a nivel superficial como subterráneo. Los recursos hídricos superficiales que se generan en la cordillera de los Andes dan lugar a las tres grandes cuencas que podemos encontrar en Bolivia. Estas son la cuenca del Amazonas, del Plata y del Cerrado o Altiplano.

La energía hidráulica es un recurso de gran potencial en estas zonas amazónicas. Existen multitud de ríos que atraviesan estas zonas selváticas. En anexos 11.1.5. se muestran los mapas del recurso hidráulico en Bolivia y más concretamente en las comunidades amazónicas. Como podemos observar el recurso es abundante. Pero sin embargo la tecnología a utilizar en el aprovechamiento del recurso no sería la utilizada habitualmente aprovechando desniveles. Ya que la característica principal de los ríos a su paso por la cuenca del Amazonas es su pequeño desnivel. Consistiría en el desarrollo de una tecnología capaz de aprovechar la velocidad del agua a pie de río, pudiendo contemplar esta obra de ingeniería o no.

Este recurso es variable a lo largo del año, presentándose caudales aceptables durante todo el año e incrementándose en la época de lluvias entre los meses de noviembre y marzo. Durante esta época de lluvias el caudal del río es muy superior. Esto puede ser una desventaja ya que los equipos deben asumir estas variaciones de caudal. Deben ser tenidos en cuenta también los restos forestales que en estos meses descienden por el río y que pueden dañar los equipos.

Uno de los principales problemas a los que nos enfrentamos ante la utilización de este recurso es la necesidad de que el río se encuentre próximo a la localidad o al menos a una distancia tal que se puedan asumir los costes del tendido eléctrico hasta la localidad. En este último caso se tendrían en cuenta las pérdidas por transporte.

Teniendo en cuenta estos aspectos podemos concretar que estas comunidades cuentan con un gran potencial hídrico y podría presentarse como una de las soluciones a la electrificación de estas comunidades.

3.1.3. Energía Solar

La radiación solar no es igual en todos los puntos del planeta. Esta depende de varios factores que determinaran el recurso solar. Estos se detallan a continuación:

- La latitud.
- Condiciones atmosféricas.
- Altitud.
- Obstáculos geográficos o artificiales.

Las condiciones atmosféricas influyen en el número de horas solares, ya que la radiación puede ser obstaculizada por las nubes. De la misma forma que la radiación solar depende de la hora en la que nos encontremos, teniendo esta su máximo en las horas centrales del día y su mínimo en las horas nocturnas.

La radiación en zonas bajas es significativamente menor que en zonas de mayor altitud. En el altiplano, situado a una altitud en torno a los 3800 metros sobre el nivel del mar la radiación el recurso solar es superior a estas zonas situadas en torno a los 150 msnm.

En el norte de Bolivia las condiciones atmosféricas y los obstáculos naturales tienen una gran importancia en el estudio del recurso solar. El clima tropical existente en estas zonas da lugar a la acumulación de humedad en forma de nubes bajas que actúan de escudos frente a parte de la radiación solar. Esta también se ve obstaculizada por la densa vegetación existente en la zona. Esta impide el paso de los rayos solares al nivel de superficie, donde serían instalados los equipos solares.

Todos estos factores han sido recogidos en mapa solar de Bolivia que podemos ver en anexos 11.6.1. Como se puede observar en la zona amazónica este recurso es insuficiente para la instalación de equipos fotovoltaicos.

3.1.4. Energía de la Biomasa

En Bolivia, debido a su gran diversidad, el recurso biomásico es muy variable. Desde grandes extensiones sin apenas vegetación en el altiplano, debido a la altitud y las temperaturas extremas, hasta las llanuras amazónicas con su exuberante vegetación pasando por las zonas de valle alto y sus bosques de eucaliptos.

Las comunidades amazónicas están inmersas en un entorno de alta concentración de vegetación y por lo tanto con un alto potencial biomásico. El aprovechamiento de la biomasa como combustible para la generación de energía, bien sea esta aprovechada directamente mediante combustión directa o convirtiéndolo en combustible, cuenta con la principal desventaja de la recolección del material vegetal. Esta es la principal causa por la que la biomasa no se ha desarrollado con una mayor fuerza, ya que si debemos recolectar la biomasa previamente el resultado no es viable económicamente. Pero, sin embargo, cuando se dispone de un residuo de este material proveniente de otra actividad el aprovechamiento del mismo se convierte en económicamente rentable. De tal forma que en estas comunidades se podría hacer uso de residuos provenientes de otras actividades. Aserrín proveniente de aserraderos, residuos de la actividad forestal o de la industria castañera.

La industria castañera en Bolivia supone una de las principales fuentes de biomasa en estas zonas. En la actualidad estos residuos son desechados o en algunas ocasiones aprovechados para mejorar el rendimiento de las plantas de procesado, mediante la incineración directa de los mismos. En el proceso de obtención del fruto de la castaña y en el que se obtiene como producto útil la denominada almendra de Brasil se desechan materiales de gran valor biomásico. Estos residuos son las cascara de las almendras y los cocos en las que estas están alojadas. De esta forma el aprovechamiento de estos residuos podría suponer una solución al problema energético en estas zonas, mediante la implantación de sistemas de generación de electricidad cercanos a estas plantas de beneficiado de la castaña.

3.2. Conclusión

Estudiados los recursos existentes en la zona y teniendo en cuenta cuestiones económicas, sociales y medio ambientales se nos plantean como principales alternativas a los deficientes sistemas existentes actualmente la energía hidráulica y la energía de la biomasa. Sin embargo, por no ser objeto de este proyecto el estudio de la energía hidráulica y sus tecnologías, nos centraremos única y exclusivamente en el estudio de las tecnologías y formas de conversión más adecuadas para el aprovechamiento de la energía de la biomasa como fuente de energía para estas pequeñas y medianas comunidades.

Se plantea como una de las posibles soluciones a este problema la utilización de sistemas híbridos con una utilización combinada de energía hidráulica y de la biomasa. Ante la imposibilidad de ser abordados todos estos temas en el presente proyecto se anima desde el mismo al avance en dichas materias en posteriores estudios.

4. GASIFICADOR MODELO

4.1. Objetivos gasificador modelo

Existe bibliografía referida a gasificadores de diferentes modelos y con la utilización de combustibles diversos. Pero sin embargo se carece de estudios realizados con la cascara de castaña amazónica como combustible biomásico. Esta es una de las principales motivaciones para la construcción del gasificador modelo. A pesar de tener también la intención de utilizarlo con madera, es el comportamiento de este frente a la utilización de cascara de castaña es el primero objetivo. Los objetivos fijados con la construcción del gasificador modelo y su estudio son los siguientes:

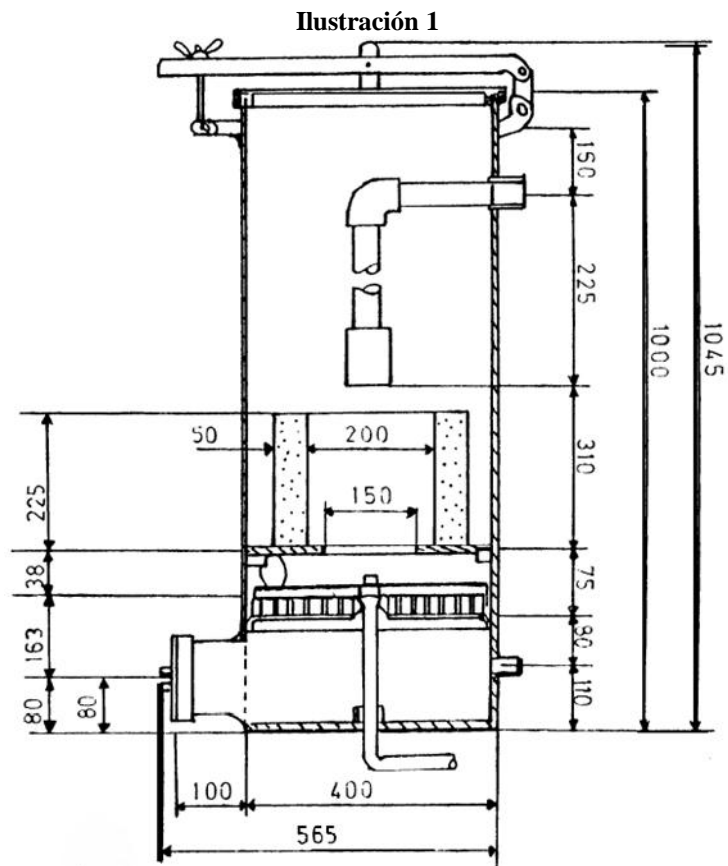
- Obtener información de funcionamiento de los diferentes modelos existentes en el mercado para producción de syngas a pequeña escala.
- Comportamiento de este frente a diferentes granulometrías del combustible.
- Diferencias de comportamiento frente a la utilización de madera o cascara de castaña.
- Consumo aproximado de un equipo de pequeñas dimensiones.
- Temperaturas alcanzadas.
- Estudio de pequeñas modificaciones que se puedan introducir a los modelos ya existentes en el mercado y bibliografía con el fin de obtener un mejor rendimiento del equipo para pequeños sistemas y para el caso concreto de utilización de cáscara de castaña.
- Propuesta de mejoras y complementos a introducir para un estudio más avanzado.
- Experiencia en la construcción de estos sistemas de una forma artesanal y sirviéndonos de los materiales disponibles en el área.

4.2. Diseño del gasificador

Para el diseño del gasificador se ha realizado una previa recopilación de modelos existentes ya en el mercado y se ha tratado de adecuar estos a las medidas de pequeñas dimensiones. El tamaño del modelo se ha elegido en función a varios factores:

- El presupuesto que se dispone para la realización del mismo es de 100 euros en concepto de materiales utilizados y trabajo en el taller. No se contará el trabajo realizado por los realizadores del proyecto, ya que este trabajo entra dentro de la investigación desarrollada para el proyecto.
- El tiempo del que se dispone es poco, por lo tanto este factor también se tendrá en cuenta a la hora de elegir las dimensiones del equipo.
- Los medios para la fabricación del gasificador se reducen a los disponibles en una tornería situada en Cliza, en el departamento de Cochabamba.
- Es un gasificador modelo, y como tal ha de suponer una réplica a escala del prototipo final proyectado, este ha de ser de menor tamaño que el prototipo.
- Los materiales son los disponibles en el área de realización del mismo.

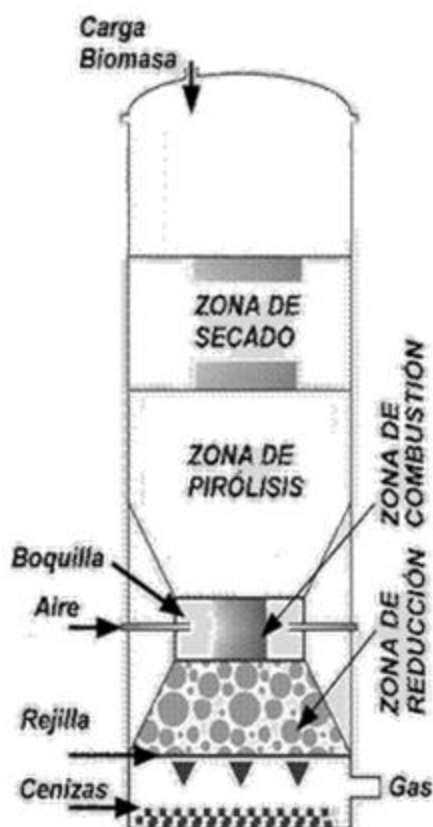
El diseño del gasificador es tal que nos permite, realizando pequeñas modificaciones, tener diferentes modelos. Así determinaremos cinco configuraciones distintas. Partimos de un gasificador diseñado en Ecuador, concretamente en Guayaquil, por Jorge Marcial Hernández en el año 1991. Se trata de un equipo de gasificación diseñado para dar una potencia de 5 a 10 KW y de tipo downdraft, es decir de corrientes paralelas de biomasa y agente gasificante. A continuación se presenta el modelo de gasificador propuesto por Jorge Marcial Hernández con las cotas correspondientes.



Se adoptan algunas medidas de este modelo y se toma como uno de los modelos la idea de introducir el agente gasificante mediante un tubo superior que muere en la parte superior de la cámara de combustión, concretamente en la zona divisoria entre las zonas de combustión y pirolisis, este se trata de una modelo de gasificador downdraft. La escala elegida para adaptar parte de las medidas de este modelo al que nosotros vamos a realizar es 0,65.

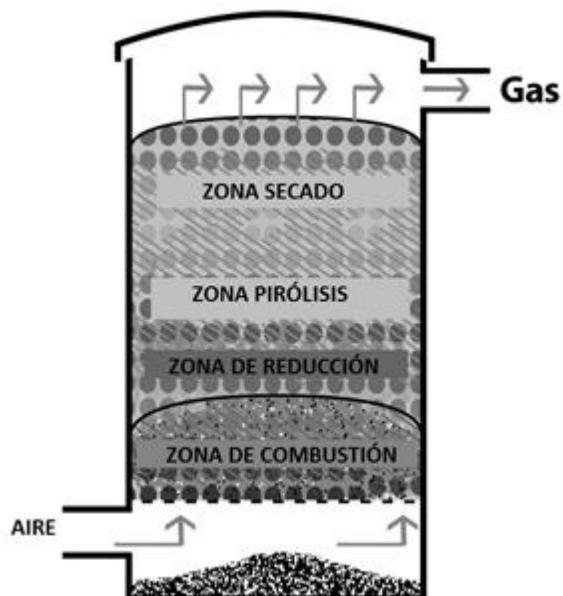
Se toman ideas también de los gasificadores Ankur-Scientific, un modelo de amplia utilización en el mercado y también de corrientes paralelas. En este se introduce el agente gasificante mediante toberas albergadas en la superficie de la zona de combustión.

Ilustración 2



Ambas presentan una reducción importante en la zona de combustión, una configuración adoptada para el modelo diseñado. Se adoptan también configuraciones de otros modelos comerciales de corrientes contrarias de biomasa y agente gasificante con un esquema de funcionamiento similar al mostrado a continuación.

Ilustración 3



Para el diseño del modelo primero se realiza un boceto de las diferentes configuraciones proyectadas a realizar.

Posteriormente se procede al diseño mediante ordenador de las ideas desarrolladas. Para ello se utiliza el programa de diseño Solid Works. En anexos 11.2. se muestra los modelos diseñados.

Se presentan a continuación las diferentes configuraciones diseñadas para el estudio y comparación de las mismas. Para el facilitado de la construcción del mismo nos servimos de un mismo cuerpo del gasificador para todos los modelos pudiendo este adoptar diferentes configuraciones únicamente añadiendo o sustituyendo piezas por otras.

El cuerpo del gasificador está formado por varias chapas cilindradas de diferentes diámetros y conos que permiten unir los diferentes diámetros de los mismos. Para facilitar el desmontado de cada uno de los módulos del gasificador y posibilitar el montaje de los diferentes modelos se hace uso de anillos soldados en los extremos de cada pieza y estos se unirán por medio de pernos.

4.2.1. Modelo 1

Se trata de un gasificador updraft en el que las corrientes de biomasa y agente gasificante son opuestas. El agente gasificante, en nuestro caso aire, entra por medio de unas toberas y anillo en la zona de combustión. En el mercado existen diferentes diseños para la introducción del aire en el interior de la cámara de combustión, sin embargo hasta la fecha no se había encontrado un dispositivo de condiciones similares. Es una característica introducida en el presente proyecto y que hasta realizar las pruebas pertinentes no se sabrá si este es de uso práctico o adecuado a las características del mismo. En la pared de la zona de combustión, con un diámetro inferior, se encuentran albergadas dos filas de cuatro toberas cada una. Estas toberas se realizarán mediante la perforación de orificios con el diámetro adecuado en pernos de media pulgada. Para la fijación en la pared de la cámara de combustión nos serviremos de tuercas soldadas a la misma. De esta forma y gracias a un anillo construido colindante a la zona de combustión conseguiremos crear una presión de aire y unificar todas las toberas.

4.2.2. Modelo 2

Tomando como idea el introducir el aire en la cámara de combustión por medio de un tubo interior desde la zona superior surge este modelo. Se trata de un gasificador downdraft y por lo tanto de corrientes paralelas de biomasa y agente gasificante. La introducción del aire se realiza en el punto más elevado de la zona de combustión por medio de un tubo de una pulgada de diámetro interior y de acero galvanizado. La salida del syngas se realiza a través de la cámara albergada en la zona inferior por un nuevo cilindro construido para esta configuración.

4.2.3. Modelo 3

Se trata de un gasificador updraft de funcionamiento similar al modelo uno pero con la diferencia de contar con un cilindro más en la zona inferior. El aire se introduce en el gasificador por la zona inferior de la parrilla previo pasa por el cilindro inferior.

4.2.4. Modelo 4

Este modelo se sirve de la configuración del modelo uno con la particularidad de cerrar las toberas albergadas en la zona de combustión. En esta ocasión el aire se introduce por la zona inferior a la parrilla.

4.2.5. Modelo 5

Gasificador downdraft similar al modelo 2 con la modificación de un tubo de entrada de aire más largo y que llega a toda la zona de combustión.

4.3. Construcción del gasificador modelo

4.3.1. Introducción

Tras el diseño realizado en Solid Works y el confeccionado de los planos necesarios para la construcción nos dirigimos a una tornería situada en la localidad de Cliza, cercana a la ciudad de Cochabamba. En un primer momento estaba proyectada la construcción en uno de los talleres de la UMSS dedicado al departamento de mecánica, pero las condiciones no fueron las mejores, por lo que se decidió realizarlo en un taller ajeno a la universidad.

4.3.2. Materiales necesarios

Los materiales utilizados para la construcción del gasificador son los siguientes.

- Plancha de hierro o fierro de 1.5 mm de espesor.
- Pernos de media pulgada.
- Tuercas de media pulgada.
- Perfiles simples y en L de media pulgada.
- Tubos de goma de una pulgada de diámetro interior resistentes a altas temperaturas.
- Ventilador procedente del equipo de aire acondicionado de un Toyota Corolla.
- Abrazaderas.
- Barra de fierro de ¼ de pulgada.

4.3.3. Herramientas utilizadas para la construcción.

La construcción se ha llevado a cabo de una forma muy artesanal debido a la carencia de herramientas en la tornería. Se enumeran a continuación las herramientas utilizadas:

- Taladro.
- Esmeril.
- Rebarbadora.
- Guillotina.
- Cíncel.
- Martillo.
- Compas.
- Rotulador para metal.
- Soldador de arco eléctrico.
- Oxícorde.
- Yunque.
- Abrazaderas de apriete.
- Torno.
- Metro.
- Escuadra.

4.3.4. Materiales de taller empleados.

- Disco de esmeril
- Disco de rebarbadora

- Aceite refrigerante.
- Electrodo para soldadura con arco.

4.3.5. Fabricación de prototipo de gasificador

El primer trabajo a realizar para la construcción del gasificador es el marcado de las planchas de acuerdo a los planos. Esto se realiza con ayuda de un compás para marcado en fierro, una escuadra, una regla y un metro. En planos 12.1. se encuentran los planos realizados en Autocad para el marcado de las diferentes partes del gasificador con el objetivo de optimizar la plancha que se ha de utilizar. Las diferentes piezas se marcan en la plancha rayándola con la ayuda de una punta afilada.

Se utilizan dos planchas de dimensiones 2x1 metros y espesor 1.5 mm.

Posteriormente se cortan las piezas marcadas en la plancha. Para el cortado y teniendo en cuenta la escasez de medios se emplean diferentes formas. En algunos casos, tras emplear un método y comprobar que este no es el más adecuado se opta por otras formas de cortado. Las piezas correspondientes a los cilindros del gasificador, cuyas figuras planas son paralelepíedros y carecen de curvas de difícil corte, se cortan con ayuda de la guillotina. Tras el cortado, la plancha, de un espesor no muy elevado queda deformada y es necesario enderezarla. Para ello nos servimos de una superficie dura y plana y de un martillo, con el fin de golpear el martillo contra la plancha en la superficie plana y forzar su deformación hasta quedar completamente plana. Varias de las superficies circulares se cortan en un primer momento con oxicorte, pero sin embargo las altas temperaturas alcanzadas en la plancha facilitan su deformación y en muchos casos se pierde mayor cantidad de material del esperado consiguiendo unas piezas con errores en su corte. Los errores e imperfecciones cometidas durante el corte de la plancha por el método del oxicorte se reducen con el repasado posterior de los bordes gracias al esmeril. La última técnica empleada en el corte de las planchas es la utilizada para pequeñas piezas con mucha curvatura en sus bordes. Esta técnica, aunque muy artesanal y trabajada, resulta efectiva para este tipo de piezas y en ausencia de herramienta específica para ello. Consiste en el corte de la plancha con un cincel y ayudándonos de un martillo y un yunque. Como ya hemos comentado resulta una técnica algo ortodoxa y muy trabajada, pero sin embargo el acabado fina es muy satisfactorio después del repaso de los bordes en el esmeril.

Una vez marcadas y cortadas las planchas se procede al cilindrado de las planchas. Para realizar esta tarea nos servimos de un cilindro macizo de acero y un martillo con el fin de tratar de adaptar la plancha a la forma del cilindro. Este tiene un diámetro de 30 centímetros y nos sirve para el cilindrado de cada uno de los cilindros del gasificador. Una vez cilindrados se unen los extremos con dos puntos de soldadura con arco eléctrico y se procede al esmerilado de las imperfecciones creadas al producirse la unión de los extremos. Posteriormente se sueldan completamente los extremos a fin de que la grieta quede estanca. Tras el soldado se retira el material sobrante golpeando con un pequeño martillo y se repasa con el esmeril.

Se cuenta con dos conos. Para la construcción de los mismos nos servimos de Solid Works con el fin de saber cuál es la forma geométrica de la chapa que lo conforma, esto facilita mucho el trabajo, ya que de no ser así tendríamos que haber utilizado otra técnica para el conformado de los mismos. Una vez marcados y cortados, procedemos al cilindrado de los mismos, en esta ocasión de forma manual, tratando de unir los dos extremos y

deformándolo de tal forma que quede un cono perfecto. Una vez cilindrado se dan dos puntos de soldadura y se procede de la misma forma que con los cilindros.

El corte más complicado de las planchas son los anillos que se han de colocar para la unión de los diferentes cilindros. Este corte se realiza con cincel y martillo y finalmente se repasan los anillos en su zona interior y exterior con el esmeril. Una vez cortados y repasados se unen todos aquellos que vayan a estar unidos en el montaje final por medio de dos mordazas y se taladran 6 agujeros por anillo. Para el taladrado de los mismos es muy importante lubricar la zona a taladrar con agua o aceite con el fin de evitar un sobrecalentamiento de la broca. En alguna de las ocasiones la broca sufría sobrecalentamiento y como consecuencia se producía el soldado de esta con el anillo dificultando el taladrado. Al lubricar la zona se evitaba este problema de atascamiento de la broca.

Posteriormente se sueldan con arco eléctrico los cilindros a sus correspondientes anillos. Tratando de ver que estos están en su correcta posición, de lo contrario tendremos problemas al hacerlos coincidir posteriormente y la entrada de los pernos tendrá una mayor dificultad. De la misma forma una vez soldados los anillos retiramos el material sobrante y repasamos con el esmeril.

Para la realización de las toberas es necesario primero perforar los pernos. Esta tarea se realiza con el torno y una broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Durante el perforado de cada uno de los 8 pernos es necesario aplicar continuamente líquido refrigerante, bien sea agua o aceite para evitar la rotura de la herramienta. A pesar de ello durante la realización del perforado de los pernos se rompieron 4 brocas de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Se realizaron también perforaciones en el cilindro dedicado a la zona de combustión en los puntos donde deseamos colocar las toberas. En nuestro caso marcamos dos filas de 4 puntos en el cilindro de combustión y realizamos unas perforaciones de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Una vez con los pernos y el cilindro de la zona de combustión perforados fijaremos las tuercas a la pared del cilindro de combustión por medio de soldadura con arco eléctrico y introduciremos los pernos simplemente enroscándolos en las tuercas.

Para la realización de la parrilla previamente hemos marcado una circunferencia en la plancha y la hemos cortado. A continuación realizamos perforaciones a lo largo de toda la circunferencia de diámetro 1.5 cm. Esta plancha irá albergada en una pieza móvil con tornillo sinfín y que permitirá poder subir o bajar la parrilla cuando se desee con el simple hecho de girarla sobre su propio eje. La distancia entre las perforaciones realizadas en la parrilla es de 25 mm.

Tanto para la entrada del aire como para la salida del syngas del gasificador se han realizado unas perforaciones de una pulgada de diámetro en las paredes de los cilindros correspondientes a la zona de secado y al cilindro donde se encuentra albergada la parrilla. A estos taladros se han fijado, por medio de soldadura con arco sendos tubos de una pulgada de diámetro exterior y 10 cm de largo. De esta forma podremos fijar la manguera de goma elástica con abrazaderas.

Para la realización de la compuerta en la zona de la parrilla se realizarán sendos carriles con perfil de media pulgada y mediante arco eléctrico se fijaran al cilindro correspondiente a la parrilla. Previo marcado y perforado de la puerta en este cilindro. Esta perforación se realiza con una rebarbadora y disco para hierro. Para el amarre de la puerta y una apertura

y cierre más fácil se fija una pequeña pieza en la compuerta, realizada con el mismo sobrante retirado del cilindro al perforar la cavidad de la compuerta.

Se construye también un soporte con tres patas sobre las que el gasificador pueda apoyarse. Para ello se utilizan tres perfiles en L unidos por otros tres perfiles simples, todos ellos de media pulgada. Se fijan al gasificador mediante soldadura con arco.

En anexos 11.4. se detallan cada una de las operaciones realizadas y se aporta material fotográfico para una mejor comprensión de cada uno de los procesos llevados a cabo.

Materiales necesarios para la construcción

- Plancha de fierro (hierro) de 2 x1 m de 1.5 mm de espesor.
- Plancha de fierro de 1 x 1 m de 1 mm de espesor.
- 18 pernos de ¼ de pulgada.
- 12 tuercas de ¼ de pulgada.
- 6 tuercas de mariposa de ¼ de pulgada.
- Perfil de fierro de media pulgada simple.
- Perfil de fierro de media pulgada en L.
- Motor.
- Soplador.
- Manguera resistente a altas temperaturas.

Acopio de los materiales necesarios.

El acopio de los materiales se realizó en diferentes ferreterías en la ciudad de Cochabamba. Las planchas y perfiles de fierro son vendidos en numerosos establecimientos situados en torno a la calle Barrientos, en uno de los mercados de la ciudad. Para el acopio de los mismos se tuvo en cuenta la calidad de los materiales ofertados y el precio de los mismos. No fue necesaria la compra del soplador y el motor acoplado, ya que este fue cedido por Javier Muriel Treviño, compañero junto con el que se ha realizado la construcción del gasificador. Los pernos y tuercas fueron comprados en tiendas especializadas en su venta y las mangueras en un local dedicado a tuberías neumáticas. De esto se establece como conclusión un fácil acceso en la zona a los materiales con los que se ha construido el gasificador.

4.4. Ensayos con gasificador

Una vez diseñado cada uno de los gasificadores y realizada la construcción de los mismos es necesaria la puesta a prueba y el estudio de cada uno de ellos. En un principio se realiza un estudio individual del comportamiento de cada uno de los gasificadores. Observando cuales son las ventajas y desventajas respecto de su utilización a pequeña escala y en un medio como la amazonia. Posteriormente se comparan objetivamente las virtudes de cada uno de los modelos y se alcanzara la conclusión que nos permita optar por la solución más adecuada.

Un factor de gran importancia a la hora de realizar los ensayos es tener en cuenta las condiciones ambientales en las que estos tienen lugar. Lo ideal es que estas sean las mismas que el lugar en el que se proyecta su funcionamiento, pero sin embargo, la dificultad para llevarlo a cabo en tales condiciones nos llevó a optar por la solución más práctica y la única viable teniendo en cuenta el alcance del presente proyecto. Este supone una introducción en el estudio de la utilización de los residuos de la actividad castañera para la gasificación, y por lo tanto, posteriores trabajos ahondarán y perfeccionarán los contenidos aquí tratados, así como la utilización de más recursos.

El lugar para el que se proyecta esta planta piloto tiene unas características propias de un clima tropical, húmedo y de una altitud cercana al nivel del mar. Sin embargo, ante la imposibilidad de la realización de los ensayos en tales condiciones, se opta por tener en cuenta los mismos y tratar de simular el comportamiento del gasificador frente a estas condiciones teóricamente. Por lo tanto los ensayos son realizados en la ciudad de Cochabamba, lugar donde se realiza el presente proyecto y en el que se encuentran los principales centros precursores y de información, la Universidad Mayor de San Simón y el Centro de Información en Energías Renovables.

Una vez tomada la decisión de la ejecución de los ensayos en la ciudad de Cochabamba era necesaria la búsqueda de un emplazamiento adecuado para los mismos. Tras la valoración de varias hipótesis y diversos papeleos burocráticos en la Universidad Mayor de San Simón se opta por realizarlos en el edificio de “cocinas” de la universidad. Este está dedicado a la investigación de materiales y cuenta con una zona al aire libre dedicada a cocinas eficientes. Por lo tanto el lugar resulta óptimo. Este debe reunir las siguientes condiciones:

- Espacio al aire libre o con un eficiente sistema de ventilación.
- Acceso a la red eléctrica.
- Acceso a una toma de agua.
- Cuarto de almacenaje de materiales y equipos de medición.
- Cercano al centro de almacenaje y acopio del material biomásico.

Estos se llevan a cabo durante 3 semanas consecutivas. Durante el transcurso de los mismos se realizan modificaciones correctivas en los modelos y los procedimientos de ensayo. Se obtienen datos y se sacan conclusiones.

En anexos 10.3. encontramos el manual de procedimientos en el que se detalla los protocolos a seguir para una correcta toma de datos y en anexos 11.5. el apartado de ensayos llevados a cabo con el material fotográfico de apoyo.

4.5. Observaciones y conclusiones de los ensayos realizados

Al trabajar con un modelo de gasificador con el cual no se ha experimentado anteriormente y que incorpora algunas modificaciones respecto a otros modelos ya existentes en el mercado es necesaria la realización de mejoras constantes. La toma de datos nos permite controlar que es lo que está ocurriendo durante todo el ensayo, determinar que ha funcionado bien, que ha funcionado mal y que mejoras debemos incorporar en el siguiente ensayo. Al terminar cada ensayo y antes de la realización del siguiente, siempre y cuando este sea del mismo modelo, debemos sacar las conclusiones correspondientes a fin de mejorar el rendimiento del sistema y poder garantizar unos datos finales adecuados.

Ensayo 1 (5-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

El objetivo de este ensayo es poner en funcionamiento por primera vez el gasificador con el objetivo de tomar un primer contacto con la forma de operar del mismo. No tomamos ningún dato durante el desarrollo del mismo y tan solo realizamos una inspección visual del funcionamiento del mismo. El encendido se realiza con carbón y el resto del gasificador se llena con ramas y otros restos de biomasa de los que se disponía en aquel momento. La comprobación de si se produce algo de gas se realiza poniendo una llama incandescente en la salida de los gases. Como conclusiones a este primer ensayo se determina que la biomasa tiene una granulometría excesivamente grande, esta tiene un exceso de humedad, ya que se encontraba a la intemperie y estaba expuesta a los fenómenos meteorológicos y además era irregular, lo que dificultaba el deslizamiento de la misma a través del gasificador. Uno de los principales miedos a los que nos enfrentábamos en este primer ensayo era el comportamiento de los materiales con los que había sido construido el gasificador, sin embargo, en ese aspecto no se produjo ninguna complicación. El material aguanta las temperaturas que, sobre todo, en la zona de combustión y en los pernos utilizados como toberas para la introducción del aire son muy elevadas.

Ensayo 2 (8-11-2011)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Así como en el primer ensayo no nos importaba el modelo con el que estábamos trabajando, ya que queríamos comprobar el comportamiento del gasificador sin hacer diferencia de modelo, a pesar de ello utilizamos el gasificador modelo 1. En este segundo ensayo ya estamos teniendo en cuenta el modelo en el que estamos trabajando a fin de localizar los problemas de operatividad de cada modelo y poder finalmente, después de realizados todos los ensayos, sacar las conclusiones oportunas acerca de cuál de ellos es más adecuado para los fines para los que vamos a utilizar el gasificador.

En esta ocasión en vez de carbón utilizamos la propia biomasa para realizar el encendido del gasificador. Uno de los problemas a los que nos enfrentamos en esta ocasión es una mayor dificultad para encenderlo que si utilizamos carbón. Solucionamos el problema utilizando papel de periódico mezclado con la biomasa, aparte del alcohol de quemar, ya utilizado en el primer ensayo. Se utilizan como combustible madera, concretamente tacos de una granulometría de 2x2x3 cm. El funcionamiento es mucho mejor que en el primer ensayo en el que teníamos una granulometría mayor y poco uniforme. Por lo tanto queda demostrado que la biomasa tiene que tener una forma regular para el correcto funcionamiento del gasificador.

Ensayo 3 (9-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

En esta ocasión realizamos una toma de las temperaturas del gasificador con una pistola infrarroja. Comprobamos que las temperaturas alcanzadas son inferiores a las teóricas, pero tampoco le damos mucha importancia, ya que nosotros estamos tomando la temperatura en el exterior del gasificador, las temperaturas en el interior serán superiores, sobre todo en la zona de combustión, donde teóricamente se debe alcanzar la mayor temperatura.

Durante el transcurso del ensayo y al tratar combustionar el gas obtenido comprobamos que la generación de este no es constante. En un principio se piensa que puede ser debido a un exceso de flujo de aire introducido en la zona de combustión, pero, sin embargo, tras finalizar el ensayo y abrir la tapa comprobamos que en el interior hay una gran cantidad de humedad. Por lo tanto la producción de gas se estaba viendo perjudicada por un exceso de humedad en la biomasa utilizada.

En este ensayo se mantiene la granulometría inicial 2x2x3 cm, pero consideramos al termino del mismo que esta es excesivamente grande para las dimensiones del gasificador y para el próximo decidimos reducir la granulometría.

Ensayo 4 (10-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Se consigue una biomasa de granulometría 1x1x2 y con menor contenido de humedad. Se observa que el funcionamiento del gasificador es mejor con esta madera. Por una parte se produce menor atascamiento en la zona de combustión al reducir la granulometría y por otra la calidad del gas es muy superior al tener la biomasa un menor contenido de humedad. Se toman temperaturas en dos ocasiones, estas muestran las temperaturas más elevadas en la zona de combustión y disminuyendo progresivamente conforme nos acercamos a la parte superior del gasificador y por tanto, de secado de la biomasa. Al final del ensayo deja de producir gas. Al abrir la tapa se comprueba que esto se debe a que la biomasa se ha consumido completamente.

Ensayo 5 (11-11-2011)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Cáscara de castaña

En esta ocasión no es necesario preparar la biomasa para que tenga una granulometría determinada. La cascara de castaña se encuentra en el estado en el que termina después de ser procesada en la beneficiadora correspondiente y tras salir como residuo. Es el primer ensayo realizado con cáscara de castaña y las conclusiones sacadas son muy positivas. La granulometría es adecuada tal como la cáscara viene de la beneficiadora y el atascamiento producido por el reducido tamaño del gasificador no se llega a producir. La cascara de castaña tiene una menor densidad, esto quiere decir que ocupara bastante más espacio en el gasificador y tendremos que rellenar el gasificador un mayor número de veces, aunque el consumo másico sea parecido. Este aspecto ha resultado un problema ya que la tapa superior del gasificador no es muy adecuada para su rápida apertura y cierre.

Otro aspecto a tener en cuenta en cuanto al uso de la castaña como combustible para la gasificación es una producción menor de alquitrán y por lo tanto una mayor vida útil del gasificador.

Ensayo 6 (11-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Cáscara de castaña

En el ensayo anterior se detecta un descenso de las temperaturas en la zona de combustión y estas temperaturas aumentan, sin embargo, en puntos más bajo. Esto nos está diciendo que la zona en la que se está produciendo la combustión es más reducida y se está desplazando hacia abajo, creemos que se produce ahogamiento. Para tratar de solucionar este problema en el encendido, antes de cerrar la tapa del gasificador, tratamos de que la combustión se esté produciendo en un área mayor a la de la zona de combustión, también en la zona de reducción y pirolisis. De esta forma aseguramos que, hasta alcanzado el régimen permanente de funcionamiento, no se va a producir un ahogamiento en la zona de combustión con presencia de oxígeno. Una vez alcanzado el régimen permanente el funcionamiento es óptimo.

Ensayo 7 (15 – 11 – 2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Cáscara de castaña.

En este ensayo se toma la temperatura en los diferentes puntos. A pesar de que estos puntos no nos dan la temperatura real del interior del gasificador, sí que son un reflejo de los cambios de temperatura que se van produciendo en el interior del gasificador. En este ensayo se observa que conforme va transcurriendo el tiempo los puntos 4 y 5 correspondientes a la zona de pirolisis se van enfriando. Esto creemos se debe a que no llega suficiente oxígeno a la zona de combustión y se deja de combustionar la biomasa. De cara al próximo ensayo probamos con un mayor flujo de aire a la entrada.

Ensayo 8 (16 – 11 – 2010)

Modelo: Gasificador downdraft con entrada de aire en la zona inmediatamente superior a la de combustión por medio de tubo interior. Modelo 2.

Combustible: Madera.

Granulometría: 1 x 1 x 2 cm.

Es el primer ensayo realizado con este modelo y por lo tanto se decide no tomar datos y observar únicamente su funcionamiento. Conseguimos un gas de muy buena calidad durante el transcurso del mismo, pero sin embargo nos encontramos con otras dificultades. Se produce una gran cantidad de alquitrán y el tubo interior para la entrada del aire dificulta el deslizamiento de la biomasa a lo largo del mismo. En este modelo al entrar el aire directamente a la zona de combustión, el humo contenido en la parte superior del gasificador no sale al exterior y por ello se acumula mayor cantidad de alquitrán en las paredes del gasificador.

Ensayo 9 (17-11-2010)

Modelo: Gasificador downdraft con entrada de aire en la zona inmediatamente superior a la de combustión por medio de tubo interior. Modelo 2.

Combustible: Madera.

Granulometría: 1 x 1 x 2 cm.

Se trata del mismo modelo que en el ensayo anterior. En este se toman temperaturas durante el transcurso del mismo cada 5 min. Se observa una mayor estabilidad en cuanto a mantenimiento de la temperatura. El ser introducido el aire directamente mediante un único tubo nos permite tener menos pérdidas. Por lo tanto de este ensayo comprobamos que este gasificador es más estable en cuanto a temperaturas se refiere. Se sigue generando gran cantidad de alquitrán y se produce atascamiento.

Ensayo 10 (18-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft 2.

Combustible: Madera.

El gasificador con el que se realiza este ensayo corresponde al modelo 3. Se consigue producir una buena calidad de gas durante el transcurso del mismo. En las tablas de temperaturas observamos como a partir del minuto 50 las temperaturas en alguno de los puntos descendiendo. El descenso en los puntos 6, 7, 8 y 9 está justificado por la apertura de la tapa superior para añadir biomasa, se tienen dificultades para abrirla y cerrarla en periodo corto de tiempo. El descenso en los puntos 3, 4 y 5 se cree que tiene relación con la configuración de este modelo en la cual el aire procedente de la atmosfera pasa directamente por la parte exterior de la chapa correspondiente a las zonas de combustión y pirolisis. En este ensayo se realiza la pesada del gasificador vacío, al inicio de operaciones y al final del mismo. Se pesan también la biomasa sin consumir y ceniza al final de operación. Obtenemos un consumo de 2.177 kg/h, un consumo adecuado para el tamaño y teniendo en cuenta que requiere de muchas mejoras de optimización del consumo.

Ensayo 11 (23-11-2011)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

En este ensayo se retoma de nuevo el modelo 1, ya que es el que mejores resultados de operatividad hemos encontrado, aunque la distribución del aire en torno a la zona de combustión refrigera esta zona y sería conveniente introducir mejoras para evitar esta refrigeración.

Ante la imposibilidad de conseguir una madera en mejores condiciones utilizamos una con un alto contenido en humedad. El resultado es muy claro, para el proceso de la gasificación contra menor humedad mejor resultara el funcionamiento del mismo. Se dejan de tomar temperaturas y interrumpimos el ensayo. Al abrir se comprueba que en el interior del gasificador se ha quedado acumulada una gran cantidad de humedad.

Ensayo 12 (24- 11 -2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

En este ensayo, de lo reflejado en las tablas de temperaturas se demuestra que es necesario modificar el sistema de apertura de la tapa superior. Al abrir la tapa se produce un descenso generalizado en todo el gasificador y esto influye en el funcionamiento del mismo.

Ensayo 13 (7-12 – 2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Se trata del último ensayo realizado. En este ensayo obtenemos un flujo constante de gas de buena calidad. El reducido tamaño del gasificador provoca que sea necesaria la apertura de tapa para seguir añadiendo combustible. Esto queda reflejado en las tablas de temperatura, pero sin embargo en esta ocasión las temperaturas se vuelven a recuperar y el funcionamiento continúa. No obstante el consumo es muy elevado, de 3.6189 kg/hora, y se cree que se debe al mismo hecho de apertura de la tapa, que rompe con el proceso normal de combustión.

4.6. Conclusiones

De los ensayos realizados con el gasificador y tras estudiar el funcionamiento del mismo se determina que es necesaria una fuerte investigación para el desarrollo de estas tecnologías. Bien es cierto que se obtienen resultados positivos de forma muy sencilla, pero el automatizar y optimizar el gasificador para un funcionamiento estable en una comunidad necesita de estudios y constantes mejoras.

4.7. Mejoras propuestas

Se proponen a continuación mejoras que se desprenden de las experiencias dadas durante la realización de los ensayos.

- Es necesario aislar el gasificador con el objetivo de optimizar el proceso y tener un menor gasto de combustible. De esta forma se alcanzarían temperaturas mayores en el interior y se mejoraría el proceso de la gasificación.
- El gasificador debe contar con un mecanismo de apertura superior sencillo y de fácil apertura. De esta forma se evitaran las pérdidas de calor durante la adicción de biomasa.
- Se propone un mecanismo móvil en el interior de la zona de combustión que evite el atascamiento del combustible en esta zona. En modelos más complejos este podría ser automático y accionarse periódicamente para asegurar la fluidez del combustible a lo largo del proceso.
- Las dimensiones del gasificador en la zona de combustión deben ser mayores para evitar el atascamiento.
- Se debe buscar otro material para el sellado de juntas o bien hacer un gasificador se una sola pieza para evitar la salida de gases al exterior. La arcilla utilizada a lo largo de los ensayos se deteriora como consecuencia de la temperatura y la estanqueidad del gasificador no queda cubierta.

5. ESTUDIO DEL RECURSO BIOMASICO EN LA ZONA

5.1. La actividad castañera en la zona.

En Bolivia la región amazónica ocupa una extensión aproximada de 100.000 km², esta superficie representa un 10 % del total del país. Durante cerca de un siglo la principal actividad económica de este área se concentró en la producción de goma y látex. Sin embargo la producción de castaña recaía con mayor fuerza en sus vecinos brasileños y se relegaba a una actividad complementaria. Sin embargo la competencia en la producción de látex por parte de los países asiáticos fue restando protagonismo a esta actividad en beneficio de la explotación de la castaña. Hoy en día podemos afirmar que la castaña supone el principal motor de la economía de estas áreas.

Pero no solo trae beneficios económicos a la zona, sino que esta actividad supone una garantía frente a la preservación del ecosistema. Se han realizado intentos de cultivar los árboles del castaño en extensos pastizales talando el resto de vegetación existente y los resultados han sido negativos, es decir, este árbol necesita de la existencia del resto de flora para el desarrollo de las especies responsables de su polinización. Hecho que favorece enormemente la preservación del medio en aquellos lugares en los que se ejerce la actividad de la explotación castañera.

Hasta inicios de la década de los 80 y desde prácticamente finales de la década 20 la pequeña actividad castañera no contemplaba la industria de procesado y esta era exportada como materia prima a plantas industriales en Brasil. El auge de la actividad a mediados de los ochenta y su continuidad durante las décadas venideras propició la aparición y propagación de numerosas plantas de procesado. Estas plantas durante el procesado de la castaña generan un residuo de alto contenido energético y que puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica. Este residuo en muchas ocasiones es desechado o en otras es utilizado en el propio proceso de producción para mejorar la eficiencia del proceso. Pero sin embargo se emplea únicamente la incineración directa como forma de extracción de su energía, aportando un calor que se transforma en trabajo útil. En este proyecto se propone la gasificación de este residuo con el fin de optimizar el rendimiento de conversión.

Durante las décadas de los 70 y 80 la producción anual de castaña osciló entre 28 y 65 mil Tm. El 80 % de esta producción tenía su origen en la amazonia brasileña. Pero sin embargo este porcentaje ha ido disminuyendo progresivamente a partir de estas fechas propiciado en mayor parte por la acusada deforestación llevada a cabo en estas zonas de fuerte tradición castañera. Entre otras muchas causas de este declive de la actividad en Brasil está siempre presente una desventaja en el cambio frente a sus principales competidores, Perú y Bolivia. La mano de obra en Bolivia y Perú muy por debajo de Brasil juega a favor de la industria castañera en estos dos países. Bolivia experimentó un significativo aumento de la producción y una mejora de la infraestructura de procesado a partir de mediados de la década de los 80, concentrándose esta actividad en Pando, Beni y Madre de Dios. En el año 2003 Bolivia alcanzaba el 50 % de la producción mundial de castaña con un nivel de exportaciones de 32,5 mil toneladas, frente a las 37% y 13 % de la producción registradas en Brasil y Perú respectivamente. En la actualidad Bolivia se consume como líder indiscutible en la exportación de castaña con un nivel de exportaciones de 71.518 toneladas para el año 2010.

5.2. Población de árbol castaño.

Bolivia alberga alrededor de 17 millones de árboles reproductivos de castaña con una densidad media de 1.7 ejemplares adultos por hectárea. Este dato de densidad media de ejemplares por hectárea no es significativo puesto que este dato varía dependiendo del área en el que nos encontremos. La *Bertholletia Excelsa* acostumbra a establecerse en terrenos bien drenados y alejados de las cuencas de los ríos. De esta forma la media se reduce a menos de un ejemplar en las zonas cercanas a los ríos hasta la presencia de 10 ejemplares por hectárea que pueden ser encontrados en terrenos con un mayor drenaje como pueden ser el sur y este de Pando. Existen zonas donde no encontraremos ningún ejemplar, estas corresponden a las llanuras inundables. En anexos 11.1.7. encontramos un mapa con el número de ejemplares por hectárea.

Aunque la concentración de ejemplares existente pueda parecer pequeña hemos de tener en cuenta que es un árbol que crece de forma natural en un entorno selvático y no se debe a su cultivo en grandes extensiones. No todos los ejemplares son económicamente accesibles, el aumento en las exportaciones está permitiendo el acceso a lugares antes no viables mediante rodales cada vez más lejanos. El recurso alcanza niveles muy por encima del nivel actual de explotación, se estima que existen en Bolivia una producción anual de 420 mil toneladas de castaña. De estas tan solo el 30 % resulta económicamente accesible. Sin embargo no en todas las zonas se da este porcentaje, existen zonas de explotación en las cuales se accede al 90 % de la producción total en el área. Las cosechas record registradas durante los últimos años han supuesto un 10 % de la producción económicamente accesible. Esto nos da una idea del recurso y del alto potencial de producción de castaña que Bolivia tiene, y aun a pesar de ser líder mundial, muy alejado de sus límites de producción. Esto garantiza la estabilidad del sector y la capacidad de regeneración frente a intensivas cosechas.

5.3. El residuo de la castaña.

La actividad castañera no solo comprende el proceso de recolección. Existen varios procesos desde que el fruto es recolectado hasta que alcanza el punto final de venta o industrialización como materia prima de otros productos. Uno de estos caminos intermedios es el procesado de la castaña. Este se realiza en las denominadas plantas de procesado de la castaña o beneficiadoras de castaña. En estas plantas se prepara el producto para su posterior comercialización, uno de los procesos principales realizados en las mismas es el pelado de las castañas. Este proceso comprende los siguientes subprocesos:

- Vaporizado
Para separar las semillas de la cáscara sin dañarlas, se las somete a vapor a fuerte presión de 200° C. Las semillas frescas necesitan aprox. 55 segundos mientras que las viejas se vaporizan hasta 90 segundos.
- Enfriado
Una vez abierta la cámara, las castañas vaporizadas se vierten en una cesta y se templan con agua fría, proceso que implica el enfriado y lavado en uno. La baja brusca de temperatura y presión hacen que la cáscara se separe de la semilla facilitando así la posterior rotura.

- **Rotura**

Por regla general la rotura se efectúa manualmente en un espacio separado. Las semillas preparadas se abren con cascanueces especiales. El rendimiento neto de semilla oscila entre 35 y 40%.

De 60 kg de semillas con cáscara, el rendimiento diario de un laborero, se obtienen 25 kg neto de semilla pelada, de los cuales 20 kg resultan ser de primera calidad, 2 kg de segunda y 3 kg de tercera. Durante la rotura se realiza una preselección retirando las almendras dañadas y las de mala calidad.

Las modernas plantas de procesamiento disponen de máquinas roturadoras que someten a calor las semillas congeladas logrando así que se rompa la cáscara, o también disponen de máquinas centrifugadoras que abren las nueces altamente secas. Estas máquinas de rotura consumen mucha energía. A continuación se realiza el proceso de secado.

- **Secado**

Las semillas se colocan en bandejas que se introducen una encima la otra en las cámaras de secado. Durante este procedimiento, que dura entre 30 y 40 horas, se reduce la humedad a un 3%. Durante las 10 primeras horas el secado se realiza a una temperatura de 40° C, posteriormente a 60° C. Durante las últimas horas se controlará el grado de humedad continuamente.

- **Purificado, clasificación y empaque**

Antes de su empaque las castañas se limpiarán de sus impurezas (piedrecillas, residuos de cáscaras, etc.) y se clasificarán en las siguientes categorías:

Durante el proceso de rotura, en el cual se separa la cascara de la almendra propiamente dicha, se genera el residuo biomásico. Este puede ser aprovechado para la producción de electricidad mediante el proceso de gasificación.

6. LA COMUNIDAD DEL SENA COMO MODELO DE COMUNIDAD AMAZÓNICA.

6.1. Ubicación.

La localidad del Sena se encuentra ubicada en la tercera sección de la provincia Madre de Dios del departamento de Pando, a orillas del río Madre de Dios que limita la provincia del mismo nombre con Manuripi. A una distancia de 183 km de Riberalta y 249 km de Cobija a través de la carretera que une esta localidad con los dos puntos de mayor importancia en cuanto a población e industria castañera se refiere. Concretamente se sitúa en las coordenadas: 11° 29' 05,78" latitud Sur y 67° 14' 48.92" longitud Oeste. En anexos 11.9. podemos encontrar mapas y planos de la localidad.

6.2. Descripción de la comunidad.

Según el censo de 2001 la comunidad del Sena contaba con una población de 2380 habitantes (Instituto Nacional de Estadística), en la actualidad se estima una población de 3400 habitantes, 1020 inscritos en el nuevo sistema biométrico. Se calcula una existencia aproximada de 500 viviendas. Está previsto, según el nuevo plan de construcción, el crecimiento de la comunidad en 100 viviendas. Dato que se ha de tener en cuenta a la hora de calcular la demanda eléctrica estimada.

El acceso a la comunidad se puede realizar por vía terrestre, fluvial y aérea. Las comunicaciones terrestres son precarias y muy dificultosas durante la época de lluvias. Existe comunicación por medio de caminos o carreteras a Riberalta y Cobija. El acceso fluvial es posible gracias al río Madre de Dios situado en el extremo norte de la comunidad y punto donde desemboca el río que le da nombre, el Sena. Se dispone también de un pequeño aeropuerto con capacidad para pequeñas avionetas y muy útil en épocas de intensas lluvias en las que el acceso por otras vías resulta más dificultoso.

La actividad económica de la población está sustentada en la producción agrícola. Buena parte de la población se dedica a la recolección de castaña y otros cultivos como el arroz, la yuca, el plátano y en menor medida el chocolate y los cítricos. Normalmente estas actividades tienen lugar en la propia comunidad o en lugares cercanos excepto la recolección de castaña que tiene lugar monte adentro. También se cuenta con una pequeña actividad ganadera enfocada al autoconsumo. Entre las especies domésticas en cría se tiene chanchos (Cerdos), patos, gallinas y ganado vacuno. La comercialización de los productos se realiza en una feria que tiene lugar en la propia localidad con periodicidad anual, el resto de actividades comerciales se desarrollan en las localidades de Cobija y Riberalta.

La comunidad cuenta con algunos servicios mínimos como son la existencia de un centro de educación, un centro sanitario y sistemas de comunicación con cobertura Entel y cuatro radios. Pero sin embargo cuenta con deficiencias en su sistema eléctrico, alcantarillado y suministro de agua potable. Esta información se desprende de las encuestas realizadas en la propia comunidad y con el alcalde de la misma por el ingeniero Edward Solis (ENDE).

6.3. Sistema eléctrico de la comunidad.

En la actualidad el sistema eléctrico del Sena presenta serias deficiencias en su funcionamiento. No cubriendo la demanda actual de energía y con cortes intermitentes en el suministro. Únicamente 200 familias están inscritas y conectadas al sistema. Este está formado por dos grupos electrógenos diesel. Uno de ellos, el de menor potencia (61 kVA) es dedicado exclusivamente al suministro del centro educativo, el hospital y la alcaldía. El otro, con una potencia aparente de 121 kVA, suministra a las 200 familias inscritas y en algunas ocasiones el alumbrado público. La continuidad en el suministro depende del suministro de Diesel comprado regularmente y dependiente de las oscilaciones en el mercado y el contrabando del combustible. Por lo tanto, con el sistema actual, no se puede asegurar un generación continua y con cobertura total de la demanda.

El grupo electrógeno de 61 kVa trabaja una media de 3 a 8 horas al día y el de 121 kVA aproximadamente unas 3 horas diarias. El generador encargado del suministro en los centros municipales es competencia de la alcaldía y suele tener menores dificultades en el suministro. La Alcaldía Municipal de Sena es encargada del suministro del diesel a este grupo, sin embargo el otro generador depende de las cuotas de las 200 familias y en la actualidad presenta una avería y la población se encuentra en espera de la llegada de los repuestos.

En cuanto a las instalaciones, propiamente dichas, estas se encuentran dentro del área urbana con una casa de máquinas de 3 x 7 m construida en mayo de 2004. Se observan deficiencias en el mantenimiento y limpieza. En el interior de la misma se encuentran los dos generadores de marca STEMAC y con sendos motores marca Communis 6 en línea. Según informaciones del operador estos son sometidos a mantenimiento cada 200 horas de funcionamiento, con inspección de los equipos y cambio de aceite. Estos gastos corren a cargo de la alcaldía. El almacenaje del combustible se realiza en la misma casa de máquinas en turriles (Barriles), con el consiguiente riesgo de siniestro que ello conlleva. Respecto a la red de distribución eléctrica, esta presenta un estado de mantenimiento aceptable. Se trata de una Delta Trifásica en un nivel de tensión de 10 KV. El conductor (ACSR 4 AWF SWAM) tiene una extensión de 700 m. Se cuenta con un transformador elevador de tensión 400 V/10 KV de 112.5 KVA OMAN en buenas condiciones. Así mismo para la distribución se cuentan con dos puestos de transformación de 10 KV/400-220 V de 50 KVA.

La red de baja tensión es estrella trifásica, 400/ 220 V con dos circuitos correspondientes a cada uno de los generadores.

6.4. Evaluación del potencial de la biomasa.

El principal potencial biomásico en el área es el derivado de la actividad castañera. En esta actividad se produce como residuo una elevada cantidad de cascara de castaña y coco. Este último queda en el campo y más adelante estudiaremos la viabilidad de su transporte hasta la planta de gasificación. A parte de contar con estos residuos se pueden aprovechar los residuos vegetales que quedan en la apertura de senderos para el acopio de la castaña. Durante la estancia del Ing. Edward Solis en la comunidad se obtuvieron muestras de cocos y almendras con el fin de realizar un estudio de la posibilidad de recolectar los cocos que quedan en campos después de ser recolectados y extraer las almendras. Este estudio se realiza en este proyecto en el apartado anexos 11.6.

EBA anunciaba recientemente la apertura de una planta de procesamiento de castaña en la localidad del Sena con intención de reemplazar los recolectores privados y organizar la exportación para así beneficiar a la población indígena. En el titular de prensa se hablaba de unos niveles de exportación de 1600 toneladas de castaña ya procesada, pero sin embargo no toda esta castaña será procesada en la planta situada en el Sena. Se calcula un procesamiento del 12 % por la empresa estatal. Por otra parte en el Sena se está construyendo la industria maderera Minero Pando, que prevé una producción de madera entre 600 - 800 mil pie² /año. Considerando un 50 % de tronca en bruto lo restante es desecho biomásico de gran potencial para la producción de electricidad.

Esto supone:

700 mil pie² /año = 65030 m²/año = 58.527.000 kg/año = 160347.9452 Kg/día

De este es aprovechado el 50%, por lo tanto tendríamos de $160347,94/2 = 80.173,97$ Kg/ día para el aprovechamiento como biomasa.

Este residuo ha de tener un tratamiento previo antes de poder ser utilizado en el proceso de la gasificación.

En anexos 11.11. se calcula el potencial biomásico.

6.5. Estudio de la demanda actual y futura.

Para realizar el estudio de la demanda energética en la comunidad del Sena es necesario contar con datos fiables de la población y sus actividades. De las encuestas realizadas por el ingeniero Edward Solis para ENDE podemos obtener esta información de forma aproximada. La comunidad cuenta con:

- Dos centros educativos. Elvira Gutiérrez dedicado a Primaria y Raúl Jiménez dedicado a Secundaria. En total se cuenta con 230 alumnos aproximadamente, un total de 14 aulas y 26 profesores entre normalistas y alumnos. 10 duchas y baños.
- 500 viviendas familiares con un total de 2500 habitantes. 2 a 3 habitaciones.
- Alcaldía.
- Centro de Salud Sena. Esta cuenta con 9 camas, sala de internación, sala de parto, farmacia, una ambulancia, refrigerador de vacunas. El personal al cargo del mismo es 3 médicos en medicina general y odontología, 1 licenciada, 1 administrativo, 4 técnicos malaria, 2 encargadas de la limpieza y 2 conductores de ambulancia. Algunos viven en el propio centro. Cuenta con 7 duchas y cocina.
- 200 luminarias para el alumbrado público.
- Bomba para el bombeo del agua desde un manantial de 735 W de potencia.

En la actualidad buena parte de esta demanda o es cubierta mediante otros energías alternativas o directamente no está cubierta. Por ejemplo la bomba para el agua potable funciona con diesel, en la cocina del hospital es utilizada leña y en algunas casas donde no llega la energía eléctrica se utilizan iluminarias o mecheros.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los elementos de utilización más frecuentes y sus potencias:

Tabla 4

Equipo	Potencia
Lámpara fluorescente pequeña	20 W
Lámpara de mercurio bajo consumo	15 W
Iluminación exterior(Sodio baja presión)	35 W
Televisión	60 W
Video/DVD	25 W
Radio	10 W
Equipo de música pequeño	40 W
Cargador de teléfono móvil	2 W
Ordenador portátil	50 W

Fuente: Propia

Se ha de tener en cuenta el consumo moderado por parte de los residentes y la utilización siempre de equipos eficientes. De esta forma y haciendo estimaciones aproximadas teniendo en cuenta un consumo responsable.

- Por cada casa:

Tabla 5

Equipos y cantidad	Tiempo conectados a la red
3 focos, uno por habitación	7 horas
Cargador del móvil	1 hora
Televisión	2 horas
Equipo de música	2 horas
Radio	2 horas
Video/DVD	1 horas

Fuente: Propia

3 foco encendidos durante una media de 4 horas. Hemos de tener en cuenta que durante las horas centrales del día se ha de evitar el uso de los equipos y el aprovechamiento de la luz solar. Se ha establecido una media de 2 horas para la televisión, equipo de música y radio, se deberá concienciar a la población del consumo responsable, de lo contrario el consumo se dispararía. Se prevé la utilización de otros dispositivos por parte de los habitantes como neveras o cocinas eléctricas. Existen en el mercado equipos especiales para el uso con sistemas solares y eólicos. Por lo tanto se prevé la posibilidad de utilización de cocinas eléctricas y neveras eficientes.

- Iluminación pública:

200 luminarias. Para la iluminación pública se plantea y con el fin de no tener un consumo excesivo, tener durante las horas de mayor tránsito el total de las farolas encendidas y reducir su número durante las horas no transitadas. Normalmente la hora en la que oscurece con pequeñas variaciones a lo largo del año es entre las 18 y 19 horas de la tarde y amanece de las 5 a las 6 de la mañana, de tal forma que tenemos 10 horas nocturnas. Pero sin embargo durante buena parte de estas horas no es necesaria gran cantidad de luz ya que la comunidad está durmiendo.

Se propone el siguiente funcionamiento del alumbrado público, siendo una mejora sustancial frente al actual, ya que en muchas ocasiones se prescindía del alumbrado por cortes en el suministro.

Para horario de invierno.

Tabla 6

Hora	Numero de luminarias encendidas
18:30 – 22:30	200
22:30 – 24:00	100
24:00 – 5:00	50
5:00 – 6:30	100

Fuente: Propia

Para horario de verano

Tabla 7

Hora	Numero de luminarias encendidas
19:00 – 22:30	200
22:30 – 24:00	100
24:00 – 5:00	50
5:00 – 6:00	150

Fuente: Propia

Durante los meses de verano se ha eliminado una hora de funcionamiento debido al aumento del número de horas solares. Las farolas que permanecerán encendidas durante todo el periodo nocturno serán elegidas estratégicamente con el fin de garantizar la iluminación de los puntos más importante de la comunidad.

- En los centros educativos (Elvira Gutiérrez y Raúl Jiménez):

Tabla 8

Equipos y cantidad	Tiempo conectados a la red
14 aulas x 4 fluorescentes pequeños	8 horas
10 duchas x 1 foco consumo eficiente	1 horas
4 Baños x 2 focos consumo eficiente	1 horas
Despacho de profesores x 3 fluorescentes	8 horas
Zona común con 2 focos	2 horas

Fuente: Propia

- Alcaldía Municipal del Sena.

Tabla 9

Equipos y cantidad	Tiempo conectados a la red
Despacho Alcalde Municipal x 2 Fluorescentes	5 horas
5 Despachos Secretarías x 2 Fluorescentes	5 horas
Centro de reuniones x 4 Fluorescentes	1 horas
Zona de actividades x 4 Fluorescentes	1 horas
2 Baños x 2 focos	3 horas

Fuente: Propia

- Centro sanitario.

Tabla 10

Equipos y cantidad	Tiempo conectados a la red
9 habitaciones x 1 Foco	10 horas
Sala de partos x 4 fluorescentes	2 horas

Sala de internación x 3 fluorescentes	10 horas
Farmacia x 4 focos	10 horas
Espacios comunes – 7 focos	9 horas
Recepción x 1 foco	10 horas
Nevera vacunas	24 horas
Residencia Médicos 8 focos	4 horas
Ordenador portátil	3 horas
7 Duchas x 1 foco	2 horas
5 Baños en hospital y residencia x 1 foco	4 horas

Fuente: Propia

En el hospital se requiere de la existencia de una nevera, para ello se ha elegido una de bajo consumo, se trata de una nevera Siemens de eficiencia A+++ modelo KG39EAI40.

El número de horas considerado de iluminación es superior al considerado para las viviendas, para garantizar la correcta atención de los pacientes ingresados y aquellos que acudan a consulta.

- Iglesia.

Tabla 11

Equipos y cantidad	Tiempo conectados a la red
4 Fluorescentes sala principal	7 horas
2 Focos sacristía	7 horas

Fuente: Propia

- Tiendas.

Tabla 12

Equipos y cantidad	Tiempo conectados a la red
3 Focos x 15 tiendas	12 horas
Refrigeradores	24 horas

Fuente: Propia

De los cálculos realizados en anexos 11.12. cálculos de demanda actual y futura de la comunidad del Sena tenemos una demanda actual de consumo de **179.965,44 KWh/año** y se prevé una demanda futura de consumo de **205.588,44 KWh/año**.

Demanda máxima de potencia anexos 11.13. de **41.23 KW**

7. DIMENSIONADO DE PLANTA PILOTO DE GASIFICACIÓN.

7.1. Valoración de la construcción local del gasificador.

La construcción de un pequeño gasificador nos ha demostrado que es relativamente sencillo construir uno, pero también nos ha demostrado que para asegurar su correcto funcionamiento necesita de una investigación mucho más profunda. Existen antecedentes en China e India que nos demuestran la posibilidad de desarrollar esta tecnología localmente. Para ello sería necesaria la investigación en nuevos modelos y configuraciones con el fin de crear un producto diferente, competitivo y que no crearía conflictos con patentes de empresas ya en el sector.

El desarrollo de un modelo de gasificador propio necesitaría del respaldo institucional y gubernamental para cubrir la gran inversión inicial que supone. Una vez vencida esta inversión inicial las ventajas son importantes. Se contaría en Bolivia con una tecnología propia e incluso podría convertirse en referente y exportar tecnología a otros países en vez de ser al contrario como se realiza hasta ahora. Esto fomenta el desarrollo económico y tecnológico de Bolivia así como el social con la creación de puestos de trabajo y mejora de la calidad de vida de los mismos.

En este proyecto, debido al alcance del mismo, nos limitamos a realizar un pequeño gasificador que puede servir como antesala a proyectos más ambiciosos y recurriremos a tecnologías ya desarrolladas para garantizar la electrificación en estas comunidades.

7.2. Gasificadores comerciales.

Uno de los fabricantes punteros en la construcción y comercialización de gasificadores es Ankur Scientific Energy Technologies. Cuenta con una variada gama de gasificadores con diferentes usos y tipos de biomasa como combustible. Nos centramos en aquellos destinados a la producción eléctrica y empleo de cualquier tipo de residuo maderero.

A continuación se muestran algunos de los principales gasificadores ofertados por esta compañía.

Tabla 13

Modelo Power Pack (Ankur)	Potencia nominal (KWe)	Potencia motores auxiliares (KWe)	Modelo Gasificador Biomasa "Ankur"	Consumo de Biomasa (Kg/h)
GAS - 32	32	3	WBG - 60	30
GAS - 40	40	5	WBG - 80	40
GAS - 70	70	8	WBG - 120	70
GAS - 80	80	8	WBG - 150	80
GAS - 180	180	18	WBG - 300	180
GAS - 200	200	25	WBG - 400	200
GAS - 250	250	25	WBG - 400	250
GAS - 320	320	30	WBG - 500	320
GAS - 500	500	45	WBG - 700	500
GAS - 750	750	68	WBG - 850	750
GAS - 1000	1000	90	WBG - 1100	1000
GAS - 1500	1500	135	WBG - 1800	1500

Fuente: Propia, datos Ankur Scientific.

7.3. Elección del gasificador.

De acuerdo a los cálculos realizados para la comunidad del Sena tenemos una demanda futura:

- Potencia máxima: **41,23 Kw**
- Energía consumida: **205.588,44 KWh/año**

Según observamos en la tabla de los modelos comerciales y las potencias nominales de los mismos los conjuntos gasificador – motor – generador más cercanos a la potencia máxima son:

Tabla 14

Modelo Power Pack (Ankur)	Potencia nominal (KWe)	Potencia motores auxiliares (KWe)	Modelo Gasificador Biomasa “Ankur”	Consumo de Biomasa (Kg/h)
GAS - 40	40	5	WBG - 80	40
GAS - 70	70	8	WBG - 120	70

Fuente: Propia, datos Ankur Scientific.

Según observamos el equipo generador GAS – 40 resulta insuficiente para la potencia demandada en algunos momentos del día. El equipo gasificador generador GAS – 70, con una potencia nominal de 70 KWe y una potencia cautiva de 8 KWe nos entrega una potencia neta de 62 KWe.

Factor de carga = Demanda promedio / Demanda máxima

Demanda máxima: 41,23 Kw

Demanda promedio: 19,65 Kw

Factor de carga = **0,47**

El principal problema con el que nos encontramos en este tipo de instalaciones en comunidades aisladas es la imposibilidad del almacenamiento de una cantidad suficiente de energía como para detener el funcionamiento del gasificador durante un periodo de tiempo. De acuerdo a la energía consumida y a la potencia generada por el gasificador, este sería capaz de generar la energía demandada diaria en un periodo de 9,08 horas. Sin embargo, este debe estar operativo durante las 24 horas diarias, por ello el factor de carga es tan bajo. No obstante, se prevé un aumento de la población a un medio o largo plazo. Durante el periodo de 2010 registro un aumento de la población en un 20 %, aunque se espera que este dato no siga subiendo, se prevé un aumento de la población a lo largo del tiempo. De tal forma que el factor de carga deberá ser estudiado en función a los nuevos usuarios que vayan apareciendo para distribuir el consumo a lo largo del día y lograr una mayor eficiencia en el sistema.

Por lo tanto, y pesar de un factor de carga bajo y que demuestra que la instalación podría ser más eficiente, se opta por el modelo GAS – 70 como solución lógica para una

comunidad aislada y por lo tanto víctima de este tipo de problemas en el consumo irregular y almacenamiento de la energía eléctrica.

8. PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto para una planta de generación de energía eléctrica mediante gasificación de una potencia nominal de 70 KWe y ofertada por la compañía **Ankur Scientific Energy Technologies Pvt. Ltd.** Se ha confiado en esta compañía, procedente de India, por considerarse una de las empresas punteras en lo que a gasificadores se refiere. El presupuesto realizado por Ankur utiliza la Rupia India, se convierte a dólares tomando la siguiente conversión, este puede tener pequeñas oscilaciones. 1 USD = 46 INR

De la misma forma se hace la conversión de cada uno de los precios a bolivianos y euros. Normalmente aunque la moneda en Bolivia es el boliviano para tecnología se emplean exclusivamente el dólar.

Se desglosa el presupuesto en los diferentes equipos de los que precisa el gasificador así como los costes asociados al montaje del mismo y formación de los operarios encargados de controlar su funcionamiento.

Para la conversión a bolivianos y euros se utiliza las siguientes conversiones.

1 BOB = 6,5 INR

1 EUR = 64 INR

En el presupuesto no se han incluido los gastos asociados a las actividades y equipos necesarios para la recogida, transporte y adaptación a la granulometría de la biomasa. Al contar con la beneficiadora de castaña y esta resultar como residuo el proceso de descascarado no son necesarios estos gastos. La granulometría, de acuerdo a las medidas máximas y mínimas dadas por el fabricante, es adecuada tal como se obtiene de la beneficiadora.

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)	Precio total (BOB)	Precio total (EUR)
1.	Cargos ingeniería	Todo el servicio	—	7608,7	53846,2	5468,8
2.	Sistemas para adaptar la biomasa a la granulometría especificada.	—	—	—	—	—
3.	Sistemas de secado de la biomasa.	—	—	—	—	—
4.	Sistemas de transporte de la biomasa.	—	—	—	—	—
5.	Gasificador de biomasa Ankur Modelo WBG-120	1	—	104347,8	738461,5	75000,0
6.	Línea paralela de filtro*	Equipos e instalación				
7.	Sistema de cargado de la biomasa	1				
8.	Intercambiador de calor para enfriado del gas.	1				
9.	Medidor de humedad	1				
10.	Sistema de eliminación de cenizas.	1				
11.	Tuberías de gas	Equipos e instalación				
12.	Torre de enfriamiento del generador de gas.	1	7608,7	7608,7	53846,2	5468,8
13.	4 TR enfriadores.	1	5000,0	5000,0	35384,6	3593,8
14.	Planta de tratamiento de aguas.	Equipos e instalación	11956,5	11956,5	84615,4	8593,8
15.	PLC, Panel de control del gasificador.		19891,3	19891,3	140769,2	14296,9
Cargos embalaje & transporte						
16.	Cargos por embalaje del sistema	4% del valor del pedido		8460,9	59310,7	6022,7
17.	FOB (Cláusula de comercio internacional)	—	—	4782,6	33846,2	3437,5
Grupo motor generador						
18.	Motor 100 % generador 70 KWe (India)	1,0	49673,9	49673,9	351538,5	35703,1
19.	Torre de refrigeración del motor	Equipos e instalación	—	5434,8	38461,5	3906,3
20.	3 operarios durante 2 meses para el montaje	45 días de trabajo	228,26 Operario/día	30815,1	216013,9	21935,0
21.	Formación de personal al cargo en fabrica de origen (India)	1 mes de formación	43,47 Persona/día + Desplazamientos	6000,0	42060,0	4270,9
Total				261580,3	1794307,6	187697,3

Por lo tanto el presupuesto asciende a:

- 261.580,3 USD
- 1.794.307,6 BOB
- 187.697,3 EUR

9. CONCLUSIONES.

Tras el estudio de las diferentes fuentes de energía y la evaluación del potencial energético en la zona se puede determinar la utilización de la biomasa para generación eléctrica como una alternativa viable a la demanda energética y utilización de combustibles fósiles. No obstante, de la experiencia obtenida en la realización del gasificador modelo, el desarrollo de una tecnología propia de gasificación requiere de un largo proceso de investigación y una fuerte inversión inicial. El presente proyecto se trata de un proyecto piloto y que pretende ser la antesala a futuras investigaciones en la búsqueda de una tecnología propia de conversión de biomasa en energía eléctrica. El desarrollo de tecnologías propias permitiría a Bolivia tener una independencia tecnológica y la posibilidad de exportar tecnología, con los beneficios que ello conlleva en la economía del país. La financiación gubernamental supondría una inversión de futuro en un país cuya economía está fuertemente apoyada en la venta de recursos y no tanto en la conversión de los mismos y el desarrollo de tecnologías propias.

Uno de los principales inconvenientes encontrados en la electrificación de comunidades aisladas radica en la imposibilidad de almacenar una cantidad suficiente de energía, bien sea mediante baterías u otros sistemas, como para garantizar el consumo de toda la energía producida y optimizar el proceso. Uno de las vías de investigación en las energías renovables debe ir en la dirección del estudio de sistemas que combinen diferentes fuentes de energía. Por lo tanto la línea de investigación no debe ir únicamente en la utilización exclusiva de la biomasa como fuente de energía, si no la combinación de esta con otras fuentes que permitan crear una instalación más eficiente. Tras el estudio de los recursos energéticos en la zona amazónica se plantea como una solución viable la utilización de un sistema híbrido biomasa-hídrica. De esta forma los máximos de potencia demandada serían cubiertos por el funcionamiento simultáneo de ambos conversores y los mínimos únicamente por la energía hidráulica.

En el presente proyecto se trata la solución técnica a una necesidad, pero sin embargo, es necesaria la utilización de mecanismos de capacitación de la población frente a la introducción de una nueva tecnología. Así mismo será necesaria la concienciación de la población y el fortalecimiento en hábitos para un consumo responsable y de acuerdo a la instalación con el fin de evitar altas potencias demandadas en determinadas horas del día.

10. BIBLIOGRAFÍA.

10.1. Referencias bibliográficas.

- [1] THOMAS B. REED, AGUA DAS. “Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems”. 1988. Biomass energy foundation.
- [2] JORGE MARCIAL HERNANDEZ. “Pruebas experimentales de una planta de gasificación portátil de carbón vegetal con capacidad 5 -10 KW para bombeo de agua” Guayaquil – Ecuador 1991. Escuela superior politécnica del litoral.
- [3] WALTER CANEDO ESPINOZA. “Diagnóstico del sector energético en el área rural de Bolivia”. Bolivia, abril 2010.
- [4] Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, Viceministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Dirección General de Desarrollo Productivo. “Estudio de Identificación, Mapeo Y Análisis Competitivo de la Cadena Productiva de la Castaña”. Bolivia, diciembre 2003.
- [5] P.R. BONELLI, P.A. DELLA ROCCA, E.G. CERRELLA, A.L. CUKIERMAN. “Effect of pyrolysis temperature on composition, surface properties and thermal degradation rates of Brazil Nut shells”. Buenos Aires, junio 2000.
- [6] LUIS FERNÁNDEZ DEL POZO. “Aprovechamiento de biomasa en generación aislada de energía eléctrica”. Santa Cruz de la Sierra – Bolivia, 2008.
- [7] PETER QUAACK, HARRIE KNOEF, HUBERT E. STASSEN. “Energy from biomass: a review of combustion and gasification technologies” 1999.
- [8] ENRIQUE VELO GARCÍA, “Estudio de alternativas para la electrificación rural en la zona de selva del Perú” Universitat Politècnica de Catalunya. 2006.
- [9] SONSOLES DÍAZ DE AGUILAR LA CALLE, “Electrificación de una comunidad rural en Mozambique” Madrid, junio 2008.
- [10] FELÍX RUSTAN ROCA SUBIRANA. “Diseño mecánico de un gasificador” Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia. Julio 1999.
- [11] Ministerio de desarrollo rural, agropecuario y medio ambiente. “Aprovechamiento de Productos Forestales No Maderables en las Tierras Comunitarias de Origen de Tierras Bajas” Ana Clavijo. Agosto 2008.
- [12] “Memoria - Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa”. Santiago, Chile, 1996.

10.2. Recursos de internet.

<http://www.ankurscientific.com/>

<http://www.energrup.com>

<http://www.agve.com.ar>

<http://www.fao.org>

<http://www.woodgas.com/>

<http://www.uclm.es>

<http://www.bun-ca.org/>

<http://www.upcomillas.es>

11. ANEXOS

11.1. Mapas de Bolivia

11.1.1. Bolivia.

Ilustración 4



Ilustración 5



11.1.2. Extensión de la amazonia en el continente suramericano.

Ilustración 6



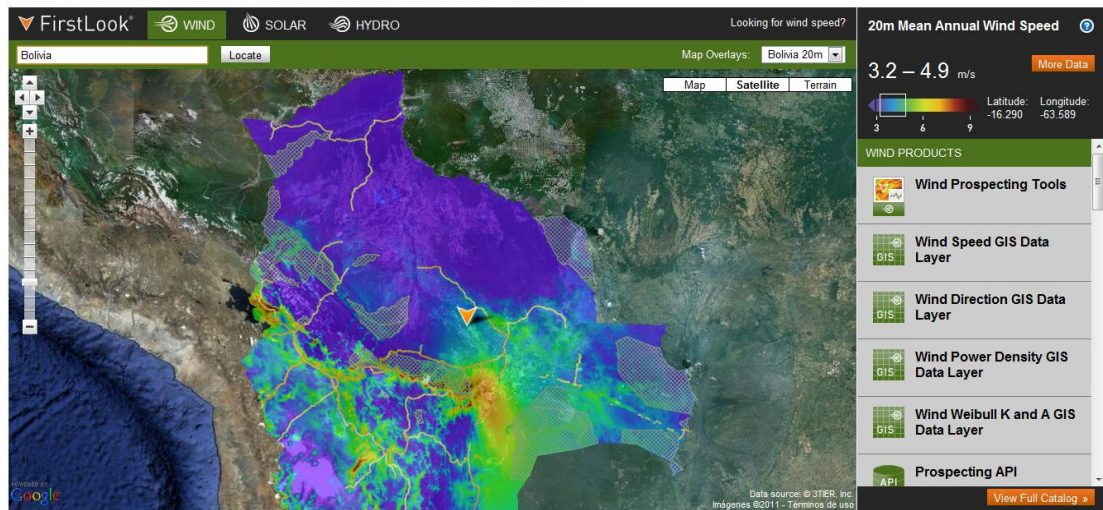
Sistema Interconectado de Bolivia

11.1.3. Mapa Sistema Interconectado de Bolivia.



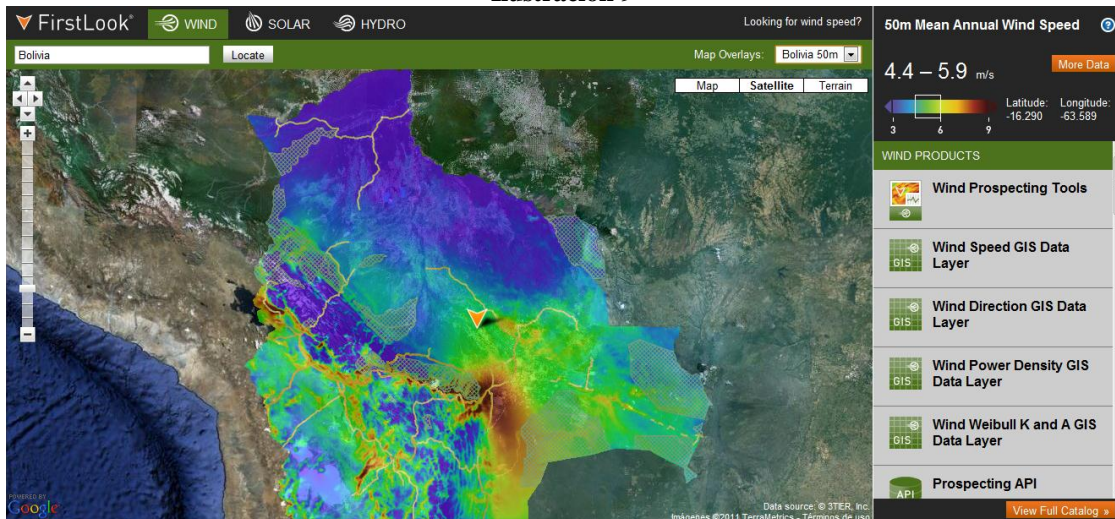
11.1.4. Mapas eólicos de Bolivia.

Ilustración 8



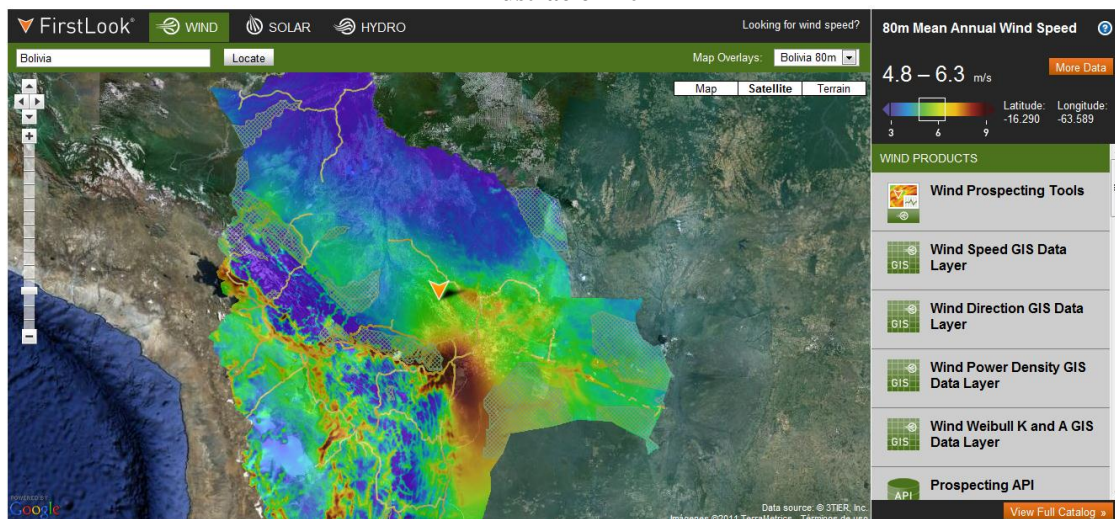
Velocidad media del viento a 20 m de altitud.

Ilustración 9



Velocidad media del viento a 50 m de altitud.

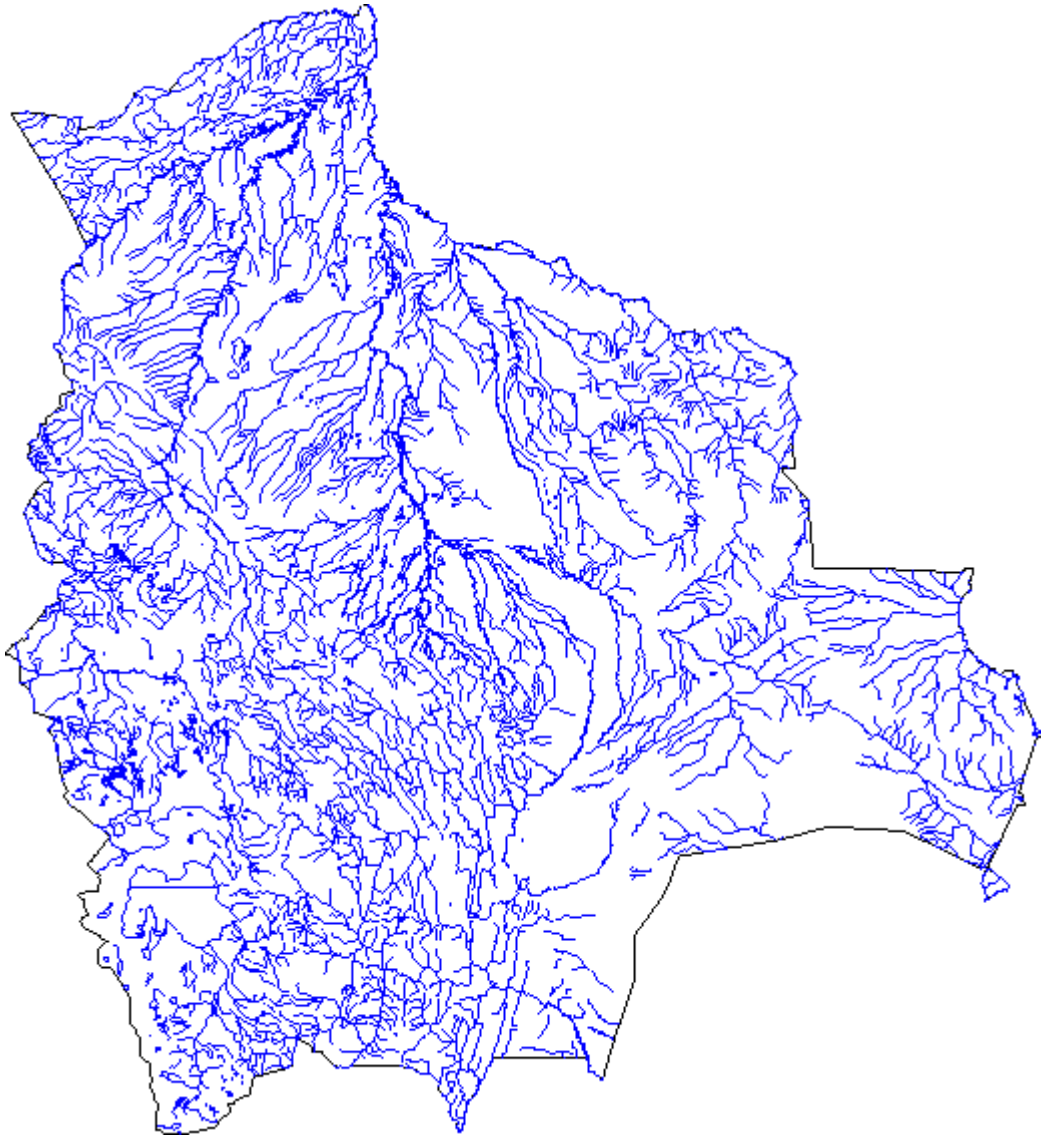
Ilustración 10



Velocidad media del viento a 80 m de altitud.

11.1.5. Mapa hídrico de Bolivia.

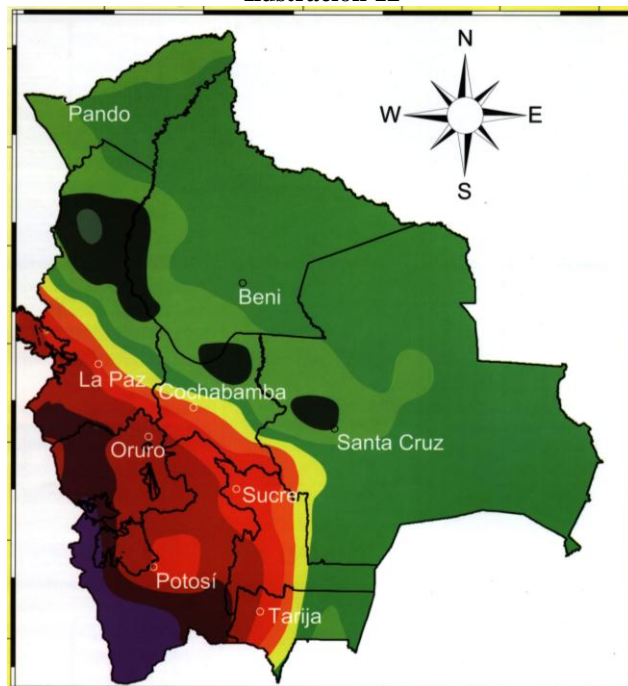
Ilustración 11



Mapa hídrico de Bolivia.

11.1.6. Mapa solar de Bolivia.

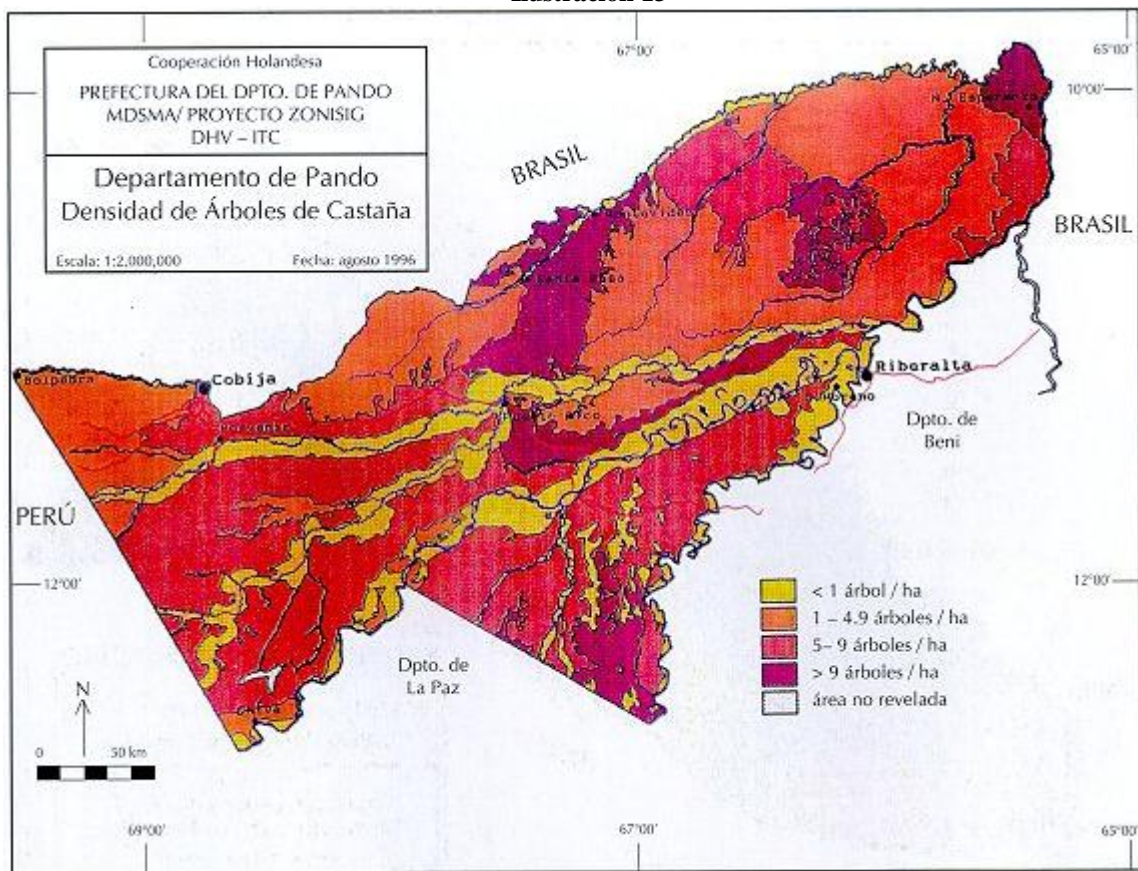
Ilustración 12



Mapa solar de Bolivia.

11.1.7. Población de árbol castaño en Pando.

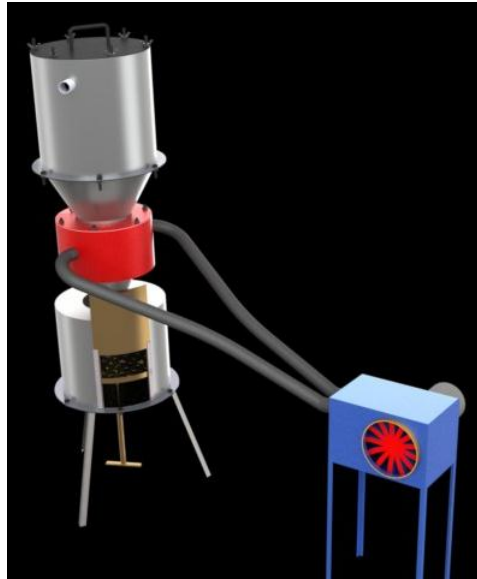
Ilustración 13



Densidad de árboles de castaña en el departamento de Pando.

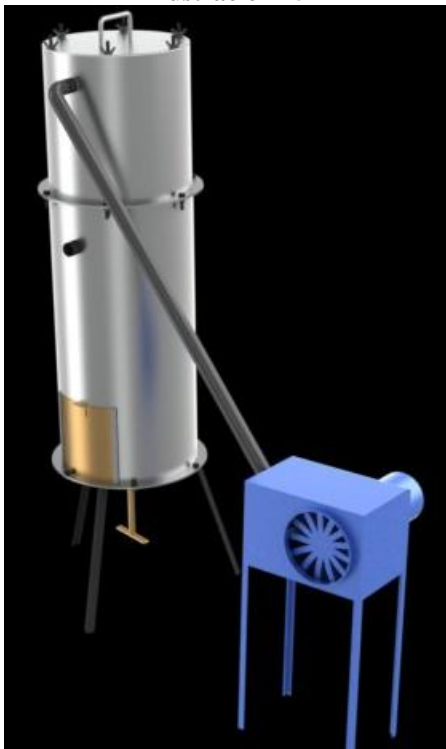
11.2. Fotos virtuales gasificadores diseñados (Solid Works).

Ilustración 14



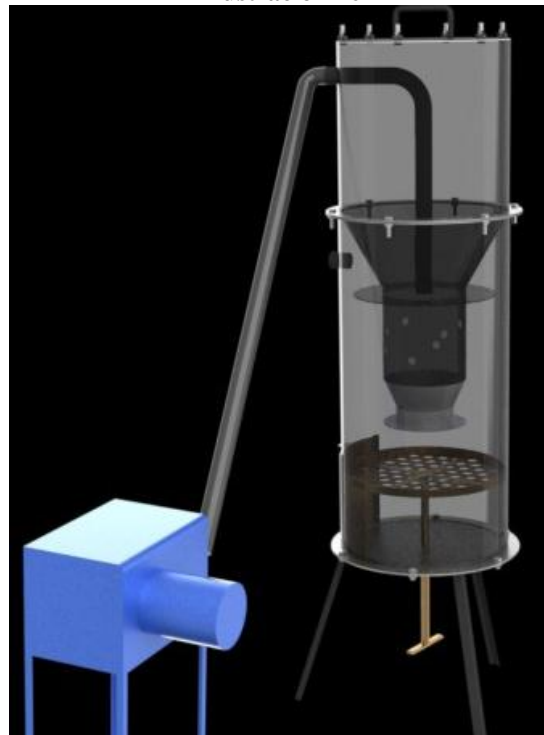
Modelo 1

Ilustración 15



Modelo 2

Ilustración 16



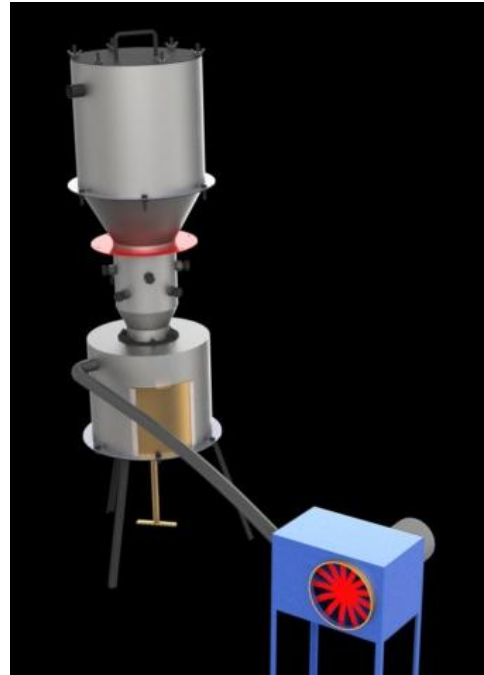
Modelo 2

Ilustración 17



Modelo 3

Ilustración 18



Modelo 4

11.3. Manual de procedimientos de ensayos con gasificador.

Manual de procedimientos de ensayos con gasificador

Manual de ensayos con gasificador

Índice

1. Objetivo.
2. Introducción.
3. Gasificadores construidos para la realización de los ensayos.
4. Mediciones que se realizarán durante el ensayo.
5. Condiciones ambientales.
6. Tipos de gasificadores.
7. Combustible a utilizar.
8. Instrumentos de medición.
9. Encendido del gasificador.
10. Granulometría.
11. Elección de la parrilla.
12. Sellado de juntas.
13. Procedimientos.
 - 13.1. Determinación de la granulometría.
 - 13.2. Ensayos con gasificadores.
 - 13.2.1.1. Modelo 1.
 - 13.2.1.2. Modelo 2.
 - 13.2.1.3. Modelo 3.
 - 13.2.1.4. Modelo 4.
 - 13.2.1.5. Modelo 5.

Objetivo

El presente documento pretende establecer una metodología para la realización de los ensayos que nos permita analizar los resultados de forma conjunta sin cometer errores.

Introducción

En muchas ocasiones para poder determinar el funcionamiento futuro de un equipo que se está diseñando no nos basta con la realización de cálculos basados en la teoría, si no que necesitamos de la realización de ensayos y toma de datos experimentales para poder determinar su régimen de funcionamiento. Más a aun si se trata de una tecnología nueva o que introduce modificaciones en su funcionamiento frente a sistemas ya impuestos y con bases de datos experimentales.

En materia de gasificadores de biomasa la bibliografía es escasa. Podemos encontrar estudios realizados para gasificadores que emplean madera, carbón o incluso otras materias primas como bagazo o cascarilla de arroz, pero sin embargo, el empleo de cáscara de castaña como combustible biomásico es un tema pendiente de estudio. De aquí la necesidad de realizar pruebas experimentales y generar una pequeña base de datos para poder dimensionar el gasificador y adaptarlo a este recurso.

El presente manual tiene como objetivo dar a conocer los procedimientos a llevar a cabo durante la realización de los ensayos con el gasificador. Se expondrá detalladamente la forma de proceder y la toma de datos en diferentes circunstancias y regímenes de funcionamiento del gasificador.

Gasificadores contruidos para la realización de los ensayos.

Para la realización de los ensayos se han diseñado y construido varios tipos de gasificadores. De acuerdo a los modelos ya presentes en el mercado y teniendo en cuenta que la planta a diseñar es de baja potencia, se ha optado por el empleo de 2 gasificadores downdraft y 3 updraft. Se han diseñado de tal forma que sea posible realizar modificaciones que afecten a la operatividad de los mismos. Consiguiendo así diferentes formas de operar, algunas de las cuales sugieren cambios frente a los modelos existentes ya en el mercado.

Estos gasificadores han sido diseñados y contruidos con el único objetivo de la realización de ensayos. No se pretende generar con ellos una cantidad de syngas suficiente como para poder mantener un motor de combustión interna en funcionamiento.

Se ha optado por la fabricación de los mismos en dimensiones reducidas por varios motivos que exponemos a continuación. Los resultados obtenidos, después de realizados los cálculos oportunos, serán de igual utilidad. Consiguiéndose un ahorro considerable de material y una mayor facilidad de manejo durante los ensayos. Así mismo, se facilitara el pesado de la muestra de biomasa, al ser esta de menor volumen.

Mediciones que se realizarán durante el ensayo

Durante el funcionamiento del gasificador y tratando de esperar siempre a que este alcance el régimen estacionario de funcionamiento se realizaran las siguientes medidas:

- Toma de temperaturas en las diferentes zonas del gasificador. Estas zonas están marcadas por las diferentes reacciones que tienen lugar en el interior del gasificador. Se distinguirán zona de oxidación o combustión, zona de reducción, zona de pirolisis y zona de secado.
- Toma de temperatura del syngas a su salida del gasificador.
- Medida de las condiciones ambientales en las que se está realizando el ensayo. Tales como presión atmosférica, temperatura, humedad ambiental, altitud y otros factores ambientales que puedan influir en la operatividad del gasificador y en el valor de los datos tomados.
- Medida de caudal de entrada de aire al gasificador.
- Medida de caudal de salida de syngas del gasificador.
- Medida del consumo de biomasa por unidad de tiempo y superficie de rejilla del gasificador.

Condiciones ambientales

Los datos experimentales obtenidos serán función de las condiciones ambientales en las que se realicen. Hemos de tener en cuenta a la hora de realizar los ensayos que condiciones ambientales como la altitud nos puede llevar a grandes errores en las mediciones. Es por ello de vital importancia el realizar los ensayos en unas condiciones ambientales similares a las que se presentaran en la zona para la que se proyecta el gasificador.

En áreas amazónicas, lugar para el que se proyecta la planta, la altitud es próxima al nivel del mar y la humedad es muy elevada. Esta elevada humedad es consecuencia de la alta concentración de vegetación y las constantes precipitaciones que se producen. Así mismo la presión es mayor y esto también influirá en el funcionamiento del gasificador.

En un país como Bolivia, con variaciones tan grandes de altitud y climas tan diversos, se presenta interesante la opción de realizar un estudio del funcionamiento del gasificador en distintos puntos del país. Obviamente, para el presente proyecto, basta con el comportamiento del gasificador en condiciones similares a las que se presentan en el área amazónica del país. Pero este estudio de la variación del rendimiento en función de la altitud supone un complemento perfecto al mismo.

Una práctica muy conveniente consistiría en realizar los mismos ensayos para tres puntos, o en su defecto para dos puntos, del país seleccionados estratégicamente. Estos puntos serían seleccionados en función de la altitud fundamentalmente, aunque también podrán influir otros factores en la elección de los mismos. Pero sin embargo, por cuestiones de extensión y tiempo excede a los contenidos de este proyecto y se sugiere como próxima practica a realizar.

Teniendo en cuenta estos factores se realizarían los mismos ensayos, siguiendo la misma metodología, en cada uno de los puntos. Consiguiendo de esta forma calcular la variación del rendimiento del gasificador en función de la altitud.

Los puntos a realizar los ensayos, atendiendo a las razones anteriormente expuestas, serían Villa Tunari, Cochabamba y La Paz como puntos representativos de baja, media y alta altitud respectivamente. Como hemos comentado anteriormente pudiéndose reducir los ensayos a dos de estas localizaciones. En tal caso los ensayos se realizarían únicamente en Cochabamba y La Paz. Posteriormente se realizarían los cálculos oportunos para obtener los datos validos a altitudes amazónicas.

Comparando los rendimientos obtenidos en cada punto del país podemos obtener un factor de reducción de rendimiento consecuencia de la altitud. Factor de gran utilidad para un país como Bolivia.

En el presente proyecto se realizarán única y exclusivamente los ensayos oportunos en la ciudad de Cochabamba y se aplicarán posteriormente las correcciones teóricas que permitan simular el comportamiento del gasificador en la zona amazónica de Bolivia.

Tipos de gasificadores

Para la realización de los ensayos se han diseñado varios gasificadores distintos y con la posibilidad de realizar modificaciones en los mismos. De esta forma conseguiremos determinar cuál de los diseños tiene un mayor rendimiento y una mayor funcionalidad.

Para poder determinar cuál de los diseños presenta unas mejores aptitudes de funcionamiento y produce un syngas de mayor calidad es necesario que los diseños tengan unas mismas dimensiones. Así mismos se realizarán los ensayos bajo las mismas condiciones para cada uno de los gasificadores.

Se realizarán cinco ensayos distintos correspondiendo con los diferentes diseños de gasificador. Estos diseños corresponden a:

- Gasificador updraft o de corrientes opuestas de biomasa y agente gasificante con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.
- Gasificador downdraft o de corrientes paralelas de biomasa y agente gasificante con entrada de aire por el interior del gasificador a la zona de combustión.
- Gasificador downdraft o de corrientes paralelas de biomasa y agente gasificante con entrada de aire por interior del gasificador a zona superior de combustión.
- Gasificador updraft o de corrientes contrarias de biomasa y agente gasificante con entrada de aire por la zona inferior a la parrilla mediante cilindro exterior.
- Gasificador updraft o de corriente contrarias de biomasa y agente gasificante con entrada de aire por la parte de abajo del gasificador.

Combustible a utilizar

El funcionamiento del gasificador y la calidad del gas obtenido dependerán, en parte, del combustible que estemos empleando. Por ello, es importante determinar la calidad de la biomasa que se está empleando para el proceso de la gasificación. A la hora de determinar si la biomasa es adecuada para el proceso se tendrán en cuenta propiedades como.

- Granulometría.
- Humedad.
- Composición (análisis elemental e inmediato)

Para la realización de los ensayos emplearemos dos tipos de biomasa. De esta forma, empleando ambos combustibles en unas mismas condiciones podremos comparar los resultados obtenidos con cada uno de ellos y poder así determinar cuál de ellos presenta unas mejores propiedades para la gasificación.

El gasificador que deseamos dimensionar deberá funcionar con cáscara de castaña. Sin embargo, para la realización de los ensayos, comenzaremos empleando madera. Una vez realizadas todas las mediciones en diferentes regímenes de funcionamiento y en los diferentes gasificadores con la utilización de madera pasaremos a realizar las mismas pruebas utilizando cascara de castaña. En el apartado dedicado a análisis de datos se compararán los resultados arrojados durante la utilización de cada uno de los materiales.

Instrumentos de medición

Para la toma de datos durante la realización de los ensayos se requieren de varios equipos de medición. De esta forma conseguiremos controlar el funcionamiento del gasificador frente a las diferentes variables que vallamos introduciendo. Desafortunadamente no contamos con la cantidad de equipos que habríamos deseado para la realización de la toma de datos. Sin embargo, los equipos con los que se cuenta pueden servir para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el presente proyecto.

Se exponen a continuación los instrumentos de medida con los que se cuenta:

- Pistola térmica de infrarrojo.
- Sonda de temperatura.
- Balanza.
- Analizador de CO₂.

Encendido del gasificador

Una de las particularidades que tienen este tipo de equipos es que necesitan de un tiempo hasta alcanzar el régimen normal de funcionamiento. En este periodo se inicia el proceso de oxidación en la zona de combustión y el calor aportado por esta reacción se transmite al resto de zonas iniciándose así lentamente las reacciones que en esas zonas tienen lugar.

Para que esta reacción de oxidación se inicie necesitamos de una fuente de energía externa. Este punto ha sido, en muchas ocasiones, objeto de debate en materia de energías renovables. Ya que necesitamos el aporte de energía para su arranque, convirtiendo esta tecnología en dependiente de otras energías.

Normalmente, los gasificadores existentes en el mercado, cuentan con sistemas que les permiten iniciar el proceso de una forma automática. Estos sistemas están basados en una resistencia eléctrica o un flujo de aire caliente, que dan inicio al proceso de la combustión, no siendo necesario el encendido manual. Los gasificadores con los que se realizarán los ensayos han sido diseñados única y exclusivamente para la realización de pruebas y suponen una versión simplificada de los gasificadores existentes en el mercado. No disponen de ningún automatismo que regule su funcionamiento y tampoco disponen de un sistema de arranque.

El encendido del gasificador se realizara de forma manual y siguiendo las siguientes instrucciones:

- Primeramente, se retiraran del gasificador todos aquellos residuos pertenecientes a quemas anteriores. Se pondrá especial cuidado en la limpieza de las zonas propensas al atascamiento o cegado, tales como la parrilla o las toberas de entrada de aire y salida de gas.
- Se llenara, con material biomásico, la zona perteneciente a la combustión.
- A continuación se procederá al rociado, con líquido inflamable, de la biomasa previamente vertida.
- Posteriormente se encenderá el líquido inflamable.
- En este momento, se encenderá el soplador conectado a las toberas de entrada de aire con el fin de asegurar la existencia del oxígeno necesario para la combustión completa.

- Después de esperar a que toda la biomasa entre en combustión se procederá al llenado, hasta la parte superior, del gasificador.
- Finalmente se cerrara la tapa del gasificador.

Una vez realizado este proceso de encendido se requerirá de un tiempo hasta que el gasificador alcance el régimen estacionario de funcionamiento y tengamos un flujo de gas constante.

Para la realización del encendido se recomienda la utilización de alcohol o liquido de encendido de barbacoas. También podríamos utilizar gasolina, o cualquier otro líquido inflamable, pero sin embargo se desaconseja su utilización, ya que entrañan un mayor riesgo para el operario. En el apartado dedicado a medidas de seguridad se tratara este tema.

Granulometría

La granulometría es una de las propiedades que deberemos tener en cuenta a la hora de elegir la biomasa a utilizar. Hace referencia al diámetro medio de partícula y es de vital importancia en el proceso de la gasificación. Debe ser tal que entre partículas quede el hueco necesario para el paso del gas, pero sin que este sea excesivo. Si el diámetro de partícula es grande tendremos grandes huecos entre partículas y el paso de gas será mayor. Por el contrario, si el diámetro de partícula es más pequeño, el flujo de gas se reducirá. Una granulometría excesivamente gruesa provocara un flujo en el interior del gasificador demasiado grande. Como resultado se producirá un desplazamiento de la combustión hacia la zona de reducción y pirolisis y el gasificador no funcionara adecuadamente. Si, por el contrario, tenemos una granulometría demasiado fina, no tendremos el hueco suficiente para el paso de gas y el flujo en el interior del gasificador se interrumpirá, es decir, se producirá el ahogado del gasificador.

Cualquiera de los dos casos anteriormente expuestos, tanto una granulometría excesivamente gruesa, como una excesivamente fina, es indeseable y fatal en el proceso de la gasificación. La granulometría ha de ser la adecuada para las dimensiones del gasificador y se determinara mediante la realización de ensayos.

Elección de la parrilla

La elección de la parrilla a de cobrar mayor importancia en unos modelos que en otros. Por ejemplo, en el gasificador tipo updraft en el que estamos introduciendo el aire por la parte inferior del gasificador y a través de la parrilla. En este tipo los huecos de la parrilla han de ser tales que permitan el paso de la cantidad de aire necesaria y a su vez no han de ser excesivamente grandes, ya que la biomasa caería antes de carbonizarse completamente. Por lo tanto, no solo nos influye la cantidad de aire que hemos de aportar, sino que también nos está influyendo la granulometría elegida. Esta será determinada en el primero de los ensayos.

A pesar de los diferentes requerimientos de cada modelo, se pretende utilizar una misma parrilla para la realización de todos los ensayos.

Sellado de las juntas del gasificador

Para el correcto funcionamiento del gasificador es necesario que este sea completamente estanco. De acuerdo al diseño, material empleado y forma de construcción no queda garantizada la completa estanqueidad de los volúmenes después del montaje. Para asegurar el cierre hermético de las diferentes partes hemos de utilizar un material diferente para el sellado de las juntas. Este material ha de presentar las siguientes propiedades:

- Alta resistencia a la temperatura.
- Capacidad para adaptarse perfectamente a las piezas y asegurar la estanqueidad.
- Facilidad de retirar una vez realizado el ensayo.

Teniendo en cuenta estas propiedades se ha pensado en dos materiales. Uno de ellos, el corcho, se utilizara en la parte superior del gasificador. Esta parte, correspondiente al secado de la biomasa, se encuentra a una temperatura menor y se prevé que este material aguante. Sin embargo en el resto de zonas se empleara arcilla, ya que este material asegurará el sellado y es muy resistente a la temperatura.

Procedimientos

Con el fin de poder comparar resultados y que estos puedan ser analizados en su conjunto sin cometer errores se fijaran unos procedimientos de actuación.

Para cada uno de los modelos de gasificador diseñado se realizaran dos ensayos. Para el primero de ellos se utilizara como biomasa madera y para el segundo cascara de castaña. Ambas biomosas tendrán el diámetro de partícula establecido en el primer ensayo que se realizara, la determinación de la granulometría.

Determinación de la granulometría

La primera experiencia que hemos de realizar con el gasificador será la determinación de la granulometría. Necesitamos conocer el diámetro de partícula con el que vamos a trabajar durante el resto de los ensayos.

Los gasificadores diseñados para la realización de los ensayos, aunque con configuraciones diferentes, presentan unas mismas dimensiones. Por lo tanto, no será necesaria la realización de este ensayo con cada uno de los modelos construidos. Al tener las mismas dimensiones funcionaran con una misma granulometría. En todo caso, de observarse problemas en alguno de los modelos durante ensayos posteriores, se valorara el estudiar granulometrías diferentes para cada uno de los modelos. En principio, suponemos que todos funcionaran con una misma granulometría.

Para la realización del ensayo se elegirá cualquiera de los gasificadores diseñados y se procederá al ensamblado de las diferentes partes que lo componen. Una vez montado el gasificador y antes de ponerlo en marcha hemos de elegir el diámetro de partida para las partículas de la biomasa. Es aconsejable, con el fin de evitarnos un número excesivo de quemadas durante el ensayo, consultar bibliografía y tratar de adaptar la granulometría de partida a las dimensiones del gasificador.

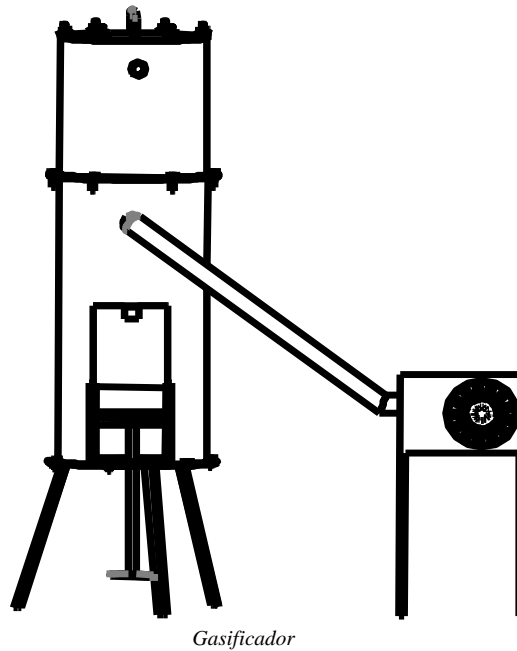
Elección de diámetro de partida

Las dimensiones del gasificador con el que se realizarán los ensayos son aproximadamente, ya que existe variación entre unos modelos y otros:

Diámetro: 260 mm

Altura total: 815 mm

Ilustración 19



Se elige una dimensión de partida para las partículas de 2x2x3 cm

Una vez elegido el diámetro de partícula con el que vamos a comenzar se continuara con el encendido del gasificador. Para ello, como ya hemos comentado anteriormente, llenamos la zona de combustión con biomasa del diámetro seleccionado, rociamos con líquido inflamable y encendemos. Una vez que la biomasa este en completa combustión rellenamos el gasificador hasta su parte superior y cerramos la tapa.

A continuación esperamos a que el gasificador alcance su régimen estacionario y realizamos la medición del flujo de gas a la salida del gasificador. También controlaremos el flujo de aire en las toberas de entrada.

Dependiendo de los resultados obtenidos en estas mediciones continuaremos con el ensayo o lo daremos por concluido. Para tomar esta decisión tendremos en cuenta que:

- Si la granulometría es excesivamente fina no existirá hueco suficiente para que pase el gas a través del seno de la biomasa. Como resultado, tendremos un flujo de gas muy pequeño o nulo. Así mismo, la entrada de aire a través de las toberas será muy escasa o nula. El soplador que fuerza la entrada de aire no será capaz de vencer la resistencia que la biomasa opone al paso del aire. El sonido que produzca el soplador será indicativo de la resistencia que este está encontrando en el interior del gasificador.
- Si la granulometría es excesivamente gruesa el hueco entre partículas será mayor y por lo tanto la circulación de aire y gas en el interior del gasificador será mayor. Al tomar el dato del flujo de gas en el tubo de salida comprobaremos que este es mayor. De la misma forma, el flujo de entrada de aire será mayor. Si analizamos el syngas de salida, este no cumplirá los parámetros para la combustión en el motor de combustión interna, ya que al ser el flujo de gas superior al adecuado se está desplazando la reacción de combustión hacia la de reducción, perjudicando seriamente el proceso de la gasificación.

Tanto si ocurre el primero o el segundo de los casos tomaremos la determinación de continuar con el ensayo y realizar una nueva quemada con un diámetro de partícula diferente. Si estamos frente al primero de los casos tendremos que aumentar el diámetro de partícula, lo reduciremos si nos encontramos frente al segundo.

Continuaremos con el ensayo realizando el número de quemas necesarias hasta que el flujo de gas sea el adecuado.

Se realizarán dos ensayos, uno con madera y el otro con cáscara de castaña.

Ensayos con gasificador modelo 1

Se trata de un gasificador updraft o de corrientes opuestas de biomasa y agente gasificante que introduce una modificación frente a este tipo de gasificador. En este modelo, la entrada de aire se realiza por medio de unas toberas alojadas en la zona de combustión y no por la parte de debajo de la parrilla, como suele ser habitual.

Primeramente se realizará el ensamblaje de las piezas que forman el gasificador.

Se conectarán las toberas de la zona de combustión al soplador por medio de unos tubos flexibles.

A continuación se procederá a la puesta en marcha del gasificador. Para el encendido del mismo se rellenará la zona de combustión con el material biomásico, se rociará este con líquido inflamable y se encenderá con la ayuda de un encendedor. Una vez que la biomasa esté en completa combustión añadiremos el resto de biomasa hasta llenar completamente el gasificador y cerraremos la tapa.

Transcurrido un tiempo el equipo alcanzará el estado estacionario de funcionamiento. En este tiempo, el calor aportado por la reacción de combustión se propagará a lo largo de la biomasa contenida en el gasificador. Dependiendo de la temperatura alcanzada en cada área, se delimitarán las zonas correspondientes a pirolisis, reducción y secado.

Una vez que se haya alcanzado el régimen estacionario de funcionamiento realizaremos una pesada del gasificador y pondremos en funcionamiento el segundo de nuestro cronómetro. Esto nos permitirá, tras controlar el tiempo de operación y realizar una nueva pesada al término del mismo, tener un control del consumo de biomasa. Si este dato lo dividimos entre la superficie de parrilla existente, tendremos el consumo de combustible por unidad de superficie de parrilla. Dato de gran importancia en el diseño, cálculo y dimensionado de un gasificador y principal motivo de la realización de estos ensayos.

Se continuará tomando control de temperatura alcanzada en:

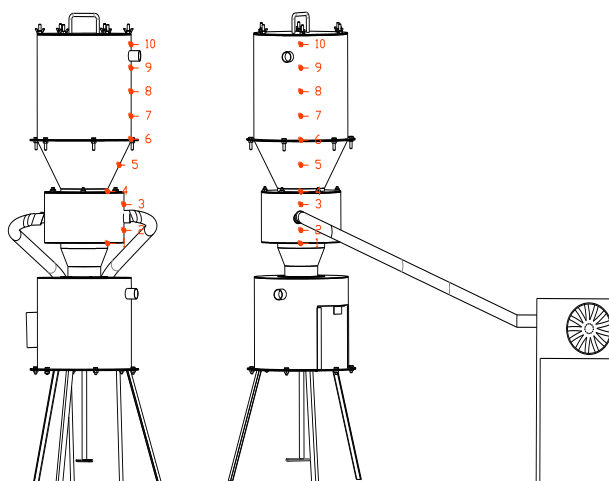
- Zona de combustión.
- Zona de reducción.
- Zona de pirolisis.
- Zona de secado.

Se medirá también la temperatura:

- Del aire a la entrada.
- Del syngas a la salida.

En la siguiente figura se muestran los puntos de toma de temperaturas.

Ilustración 20



Puntos de toma de temperaturas en gasificador modelo 1.

Para la toma de temperaturas nos serviremos de una sonda y una pistola térmica de infrarrojo. La pistola es capaz de tomar temperaturas únicamente en superficies, por lo tanto para la toma de la temperatura del syngas se empleara la sonda.

En el momento en el que tengamos todas las temperaturas, mediremos las velocidades de entrada de aire y salida de syngas. Este dato, junto con las respectivas áreas, nos permitirá calcular los caudales de entrada de aire en el gasificador y el de producción de gas pobre. Para la toma de estas velocidades nos serviremos de un anemómetro.

Una vez realizadas todas estas mediciones esperaremos a que el gasificador alcance una hora de funcionamiento desde el momento en el que pusimos el cronometro en marcha. Será entonces cuando realicemos la segunda pesada del gasificador.

Así mismo, durante la hora de funcionamiento del gasificador, además de la toma de los datos anteriormente expuestos, se tomara control del correcto funcionamiento del gasificador.

- Regularidad en el funcionamiento. El caudal de syngas a la salida deberá ser constante durante todo el tiempo de operación.
- Comportamiento del gasificador frente al posible atascado de la biomasa en el interior. Se prestará especial atención a las zonas con menor diámetro, correspondientes a los dos conos y a la zona de oxidación.
- Comportamiento frente al atascamiento en toberas de entrada de aire.
- Comportamiento del material frente a los esfuerzos a elevada temperatura a los que está sometido.

Ensayos con gasificador modelo 2

El segundo diseño de gasificador con el que vamos a realizar los ensayos es el downdraft o de corrientes paralelas de biomasa y agente gasificante. Para ello es necesario desmontar el modelo anterior y montar las piezas de la nueva configuración. Este gasificador tiene la particularidad de incorporar un tubo interior a través del cual el aire es introducido en la zona inmediatamente superior a la de combustión desde la parte superior del gasificador.

También hemos de sustituir el cilindro de parrilla por el cilindro diseñado para este modelo y el mayor de ellos.

Por lo tanto, una vez limpiados los residuos del ensayo anterior y adoptada la nueva configuración se procederá al encendido del gasificador procediendo de la misma forma que en el primero de los ensayos. Sin embargo, en esta ocasión, para un encendido más rápido podemos hacer uso del tubo alojado en el interior y conectar el soplador a este de forma que consigamos una mayor oxigenación en la zona de encendido.

Una vez encendido se rellena de biomasa hasta la parte superior y se procede al sellado y cierre de la tapa superior. A continuación, con la ayuda de la pistola de infrarrojos, tomaremos la temperatura en las siguientes zonas del gasificador:

- Zona de combustión.
- Zona de reducción.
- Zona de pirolisis.
- Zona de secado.

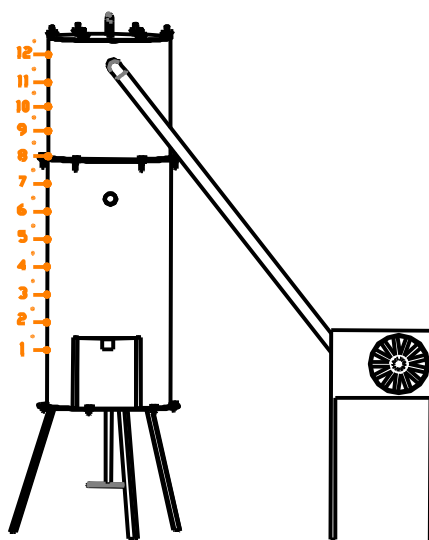
También tomaremos la temperatura:

- Del aire a la entrada en las toberas.
- Del syngas a la salida del gasificador.

Estas dos últimas medidas las realizaremos con ayuda de la sonda de medida.

En la siguiente figura se muestran los puntos de colocación de las sondas para tomar las temperaturas.

Ilustración 21



Puntos de toma de temperaturas en gasificador modelo2.

Una vez tomadas las temperaturas mediremos la velocidad del aire y del syngas. Para esta medición nos ayudaremos de un anemómetro. Con el objetivo de poder posteriormente calcular los flujos.

Deberemos pesar, transcurrida la hora de operación, el gasificador para poder determinar el consumo por unidad de superficie de la parrilla.

Como se ha comentado anteriormente, durante el periodo de operación, se controlara el correcto funcionamiento del mismo y se anotara toda falla u observación que se contemple referente a:

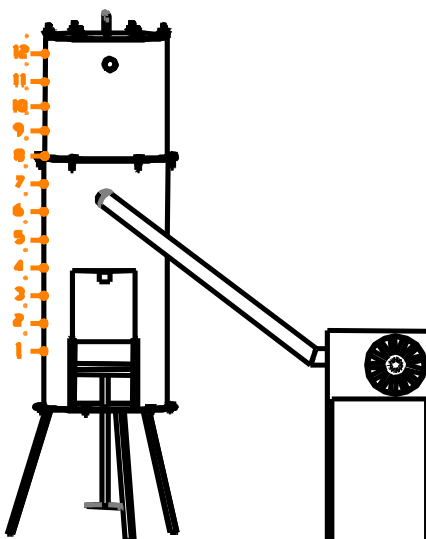
- Regularidad en el funcionamiento. El caudal de syngas a la salida deberá ser constante durante todo el tiempo de operación.
- Comportamiento del gasificador frente al posible atascado de la biomasa en el interior. Se prestará especial atención a las zonas con menor diámetro, correspondientes a los dos conos y a la zona de oxidación.
- Comportamiento frente al atascamiento en toberas de entrada de aire.
- Comportamiento del material frente a los esfuerzos a elevada temperatura a los que está sometido.

Ensayos con gasificador modelo 3.

Para la realización de este ensayo únicamente hemos de retirar la biomasa no combustionada en la anterior prueba y desmontar el tubo interior de suministro de aire. La configuración es similar con la particularidad de intercambiar los conductos de entrada y salida de aire y syngas respectivamente. De esta forma convertimos un downdraft en un updraft.

Una vez encendido y en régimen estacionario de funcionamiento tomaremos las temperaturas con la sonda infrarroja en los puntos mostrados en la figura:

Ilustración 22



Puntos de toma de temperaturas en gasificador modelo 3.

Operando bajo el mismo procedimiento, durante el periodo de operación, se controlara el correcto funcionamiento del mismo y se anotara toda falla u observación que se contemple referente a:

- Regularidad en el funcionamiento. El caudal de syngas a la salida deberá ser constante durante todo el tiempo de operación.
- Comportamiento del gasificador frente al posible atascado de la biomasa en el interior. Se prestará especial atención a las zonas con menor diámetro, correspondientes a los dos conos y a la zona de oxidación.
- Comportamiento frente al atascamiento en toberas de entrada de aire.
- Comportamiento del material frente a los esfuerzos a elevada temperatura a los que está sometido.

Ensayos con gasificador modelo 4

Para la realización de este ensayo volvemos a una configuración similar a la del primer ensayo. Esta incluye la particularidad de no tener el anillo de distribución del agente gasificante a lo largo de las toberas albergadas en la pared de la zona de combustión. En esta ocasión la manguera de suministro de aire se conectara al conducto situado en el cilindro de la parrilla. De esta forma tendremos un gasificador updraft similar al primero pero de funcionamiento más cercano a los modelos comerciales en los cuales el agente gasificante asciende desde la parte inferior de la parrilla.

La toma de temperaturas se realiza en los siguientes puntos:

Siguiendo la rutina de procedimientos creados se tomara medida del consumo de combustible a lo largo del ensayo. Para ello se realizara una pesada del gasificador en vacío otra una vez encendido y lleno y otra una vez finalizado el ensayo. De la misma forma se tomara control de la masa de biomasa añadida durante el ensayo.

Durante el mismo, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Regularidad en el funcionamiento. El caudal de syngas a la salida deberá ser constante durante todo el tiempo de operación.
- Comportamiento del gasificador frente al posible atascado de la biomasa en el interior. Se prestará especial atención a las zonas con menor diámetro, correspondientes a los dos conos y a la zona de oxidación.
- Comportamiento frente al atascamiento en toberas de entrada de aire.
- Comportamiento del material frente a los esfuerzos a elevada temperatura a los que está sometido.

Ensayos con gasificador modelo 5

Se trata de un gasificador downdraft de una configuración muy similar al modelo 2. Este modelo se diferencia únicamente en una tubería interior más larga que alcanza la zona de combustión y en la que el aire llega a través de los pequeños orificios presentados en esta. Los procedimientos a llevar a cabo son los mismos que para el modelo 2.

11.4. Descripción construcción del gasificador.

El primer paso realizado es trasladar los planos realizados en Autocad a las planchas de hierro. Esto se realiza con ayuda de una punta metálica, una regla, una escuadra y un compás para marcado de planchas.

Ilustración 23



Plancha de hierro y utensilios de trabajo.

Ilustración 24



Marcado de la plancha.

Ilustración 25



Marcado de la plancha.

Una vez marcadas se cortan, para ello nos servimos de diferentes técnicas, ya que no se cuenta de una guillotina adecuada para realizar todos los cortes. Las piezas con grandes tramos rectos se realizan con una guillotina manual. Las superficies curvas se continúan haciendo con oxicorte, pero sin embargo no da buen resultado al sobrecalentarse el material y se prueba a cortar el material con un cincel y un martillo.

Ilustración 26



Cortado de la plancha con la guillotina.

Ilustración 27



Corte de los anillos con oxicorte.

Ilustración 28



Corte de anillo con cincel y martillo.

Una vez cortadas las planchas estas son enderezadas con ayuda de un martillo y posteriormente se quitan las rebabas en el esmeril.

Ilustración 29



Enderezado de bordes tras el cortado.

Ilustración 30



Retirado de rebabas con esmeril.

Ilustración 31



Retirado de rebabas con lima.

Una vez cortadas y lijadas las planchas se procede al proceso de cilindrado. Para ello se adaptan los cilindros a una tubería gruesa de hierro, para poder cilindrar mejor fijamos la plancha con dos puntos de soldadura. Posteriormente se sueldan los extremos.

Ilustración 32



Cilindrado.

Ilustración 33



Cilindrado.

Ilustración 34



Soldado cilindro.

Para los dos conos del gasificador. Cortamos la plancha con una rebarbadora, esmerilamos los bordes y cilindramos manualmente. Finalmente se sueldan los extremos.

Ilustración 35



Corte de conos con rebarbadora.

Ilustración 36



Conos cortados.

Ilustración 37



Cilindrado de los conos.

Los anillos se unen de dos en dos y se taladran, con el fin de poder poner posteriormente los pernos. A continuación se sueldan a los cilindros y los conos. Lo mismo hacemos con la tapa del cilindro de la zona de la parrilla, la soldamos.

Ilustración 38



Repasado de los anillos en el esmeril.

Ilustración 39



Soldado de los anillos al cilindro principal.

Ilustración 40



Soldado de conos y cilindros.

En el cilindro de combustión se taladran unos orificios para la instalación de las toberas. Estas están formadas por unas tuercas soldadas al cilindro y unos pernos taladrados. Estos se taladran en el torno.

Ilustración 41



Taladrado de toberas en zona de combustión.

Ilustración 42



Taladrado de pernos en el torno.

Ilustración 43



Retirada de material sobrante tras la soldadura de toberas.

Para la configuración de los modelos 2 y 5 es necesario un tubo interior. Este se fabrica a partir de un tubo galvanizado de una pulgada de diámetro al que se hace unos orificios para la entrada del aire en la zona de combustión.

Ilustración 44



Marcado de los agujeros en tubo tobera.

Ilustración 45



Taladro de toberas en cilindro.

Ilustración 46



Tubo interior de entrada de aire.

Por último se realizan pequeños detalles. Se colocan tres patas, los conductos de entrada y salida de aire y syngas y las tapas superior y de cenizas.

Ilustración 47



Soldado de las patas.

Ilustración 48



Corte de la puerta en cilindro de parrilla.

Ilustración 49



Repasado en esmeril.

11.5. Descripción de los ensayos

El primer paso para la realización de los ensayos es el montaje del modelo con el que queremos ensayar. Para evitar los escapes al exterior de gas y humo vamos sellando todas las juntas con arcilla.

Ilustración 50



Sellado de juntas con arcilla.

Ilustración 51



Fijado de la manguera de entrada de aire con abrazaderas.

En los primeros ensayos realizados, y con el fin de facilitar el encendido de la biomasa en la zona de combustión utilizamos carbón. Para el encendido vertemos alcohol. Durante los siguientes ensayos y tras comprobar que se enciende con relativa facilidad prescindimos del carbón y empleamos directamente la biomasa. Una vez que tenemos toda la zona de combustión con brasas vamos rellenando el gasificador y tapándolo una vez que este esté lleno.

Ilustración 52



Cebado de la zona de combustión.

Ilustración 53



Adición de biomasa.

Durante la ejecución de los primeros ensayos se observó que se producía atascamiento con relativa facilidad por lo que se optó por reducir la granulometría de la biomasa. El resultado fue bueno, un mejor funcionamiento del gasificador y la aparición de un gas óptimo con mayor rapidez. Para observar si el gas que se estaba produciendo era adecuado se acercaba un encendedor a la salida del syngas del gasificador.

Ilustración 54



Combustible biomásico. Granulometría 2x1x1 cm.

Ilustración 55



Gasificador modelo 2 funcionando.

Durante el transcurso de los mismos se realizan mediciones con el fin de tener constancia sobre los procesos que están teniendo lugar. Se toman temperaturas cada 5 min y se hacen mediciones del consumo de biomasa y velocidad de salida del syngas. También se mide la velocidad de salida del syngas a través del gasificador.

Ilustración 56



Toma de temperaturas con pistola infrarroja.

Ilustración 57



Pesado del gasificador al final de operaciones.

Una vez realizadas las pruebas se realiza la pesada de la biomasa sin consumir y de la ceniza restante.

Ilustración 58



Ceniza restante.

Ilustración 59



Biomasa sin consumir.

11.6. Datos ensayo pesado cascara de castaña.

Ensayo pesado castaña

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
CENTRO TECNOLÓGICO AGROINDUSTRIAL

INFORME DE ENSAYOS

Muestra: Se toma como muestra un coco completo de castaña amazónica (Bertholletia excelsa).

Procedimiento: Se realiza el separado de cada una de las partes de la castaña para su posterior pesado en balanza.

Resultados:

Muestra	C – 06 (g)	C – 02(g)
Coco entero	456.80	-----
Corteza coco	80.25	-----
Coco sin corteza	375.40	306.00
Solo coco	236.00	206.15
Castaña	135.70	99.10
Solo cáscara almendra	73.70	72.50
Solo almendra	60.15	25.75

Material empleado:

- Balanza con precisión de 0.01 gramos para pesar las diferentes partes de la castaña.
- Martillo, yunque y cincel para romper el coco y cáscara de las almendras.

Observaciones: solo contamos con una muestra completa. La muestra C-02 no tiene la capa que envuelve el coco, de tal forma que nos faltan los datos correspondientes a coco entero y corteza coco.

Ensayo realizado por:

- Diego Vargas
- Sergio Azcona

20-08-2010

UMSS

Rectificación envase en el que hemos pesado la muestra.

La muestra de C- 06 corteza del coco se pesa con unos portafolios, por lo tanto tenemos que hacer la rectificación del peso.

Peso portafolios = 4.90 g

Peso cáscara de coco más peso portafolios = 85.15 g

Peso cáscara de coco = $85.15 - 4.90 = 80.25$ g

Las pesadas de las diferentes partes de la muestra C – 02 se realizan con pequeñas bolsas, para facilitar el pesado. La rectificación es la siguiente:

Peso bolsa = 0.65 g

Peso bolsa más coco entero sin corteza = 306.65 g

Peso bolsa más solo coco = 206.80 g

Peso bolsa más castaña = 99.75 g

Peso bolsa más cascara de castaña = 73.15 g

Peso bolsa más solo almendra = 26.40 g

De tal forma que los pesos son:

Peso coco entero sin corteza = 306.0 g

Solo coco = 206.15 g

Castaña = 99.10 g

Cascara de castaña = 72.50 g

Solo almendra = 25.75 g

Los datos que aparecen en la tabla están ya rectificadas.

Cálculo de porcentajes en peso de cada parte de la castaña

Realizamos los cálculos primero para la muestra C -06, que es de la que disponemos de todos los datos.

Peso del coco completo = 456.80 g

En el coco completo estamos considerando el peso de la cáscara del coco, el coco, la cáscara de la castaña y la castaña.

Presentamos a continuación los pesos de las diferentes partes de la muestra C – 06

Tabla 15

Corteza coco	80.25 g
Coco sin corteza	375.40 g
Solo coco	236.00 g
Castaña	135.70 g
Solo cáscara castaña	73.70 g
Solo almendra	60.15 g

Fuente: Propia.

Por lo tanto, atendiendo a la siguiente fórmula, tendremos el porcentaje en peso de cada parte del coco de castaña.

Porcentaje en peso = (Peso parcial x 100) / Peso total

- Corteza de coco:

$$(80.25 \times 100) / 456.80 = 17.56 \%$$

- Coco entero sin corteza.

$$(375.40 \times 100) / 456.80 = 82.18 \%$$

- Solo coco.

$$(236.00 \times 100) / 456.80 = 51.66 \%$$

- Castaña.

$$(135.70 \times 100) / 456.80 = 29.70 \%$$

- Solo cáscara de castaña.

$$(73.70 \times 100) / 456.80 = 16.13 \%$$

- Solo almendra.

$$(60.15 \times 100) / 456.80 = 13.16 \%$$

Los porcentajes en peso de las diferentes partes del coco de la castaña son:

Tabla 16

Corteza del coco	17.56 %
coco	51.66 %
Cáscara castaña	16.13 %
Castaña	13.16 %

Fuente: Propia.

Si sumamos los porcentajes de cada parte:

$$17.56 + 51.66 + 16.13 + 13.16 = 98.51 \%$$

Como era de esperar este porcentaje no llega a 100, esto se debe a la pérdida de material durante el proceso de separado de las diferentes partes.

$$100 - 98.51 = 1.49 \%$$

Asumimos una pérdida de material del 1.49 % en peso durante el manipulado y pesado de la muestra. Es de suponer que esta pérdida de material pertenece a cada una de las partes de la muestra, por lo que asumimos que no tiene especial incidencia en los porcentajes calculados.

La planta beneficiadora de castaña tan solo utiliza la parte del coco correspondiente a la almendra. Esta parte es comercializada como comestible. El resto de las partes suponen un

residuo y pueden ser utilizadas como biomasa. De tal forma que el porcentaje en peso de material aprovechable como biomasa es el siguiente:

$$17.56 + 51.66 + 16.13 = 85.35 \%$$

11.7. Fotos ensayo pesado castaña

Ilustración 60



Muestras

Ilustración 61



Pesado coco con cáscara

Ilustración 62



Pelado coco.

Ilustración 63



Pesado castañas con cáscara

Ilustración 64



Partes separadas.

Ilustración 65



Pesado cáscara

11.8. Datos ensayos con gasificador modelo.

Datos ensayos gasificador modelo y observaciones.

11.8.1. Datos y conclusiones de los ensayos realizados

Al trabajar con un modelo de gasificador con el cual no se ha experimentado anteriormente y que incorpora algunas modificaciones respecto a otros modelos ya existentes en el mercado es necesaria la realización de mejoras constantes. La toma de datos nos permite controlar que es lo que está ocurriendo durante todo el ensayo, determinar que ha funcionado bien, que ha funcionado mal y que mejoras debemos incorporar en el siguiente ensayo. Al terminar cada ensayo y antes de la realización del siguiente, siempre y cuando este sea del mismo modelo, debemos sacar las conclusiones correspondientes a fin de mejorar el rendimiento del sistema y poder garantizar unos datos finales adecuados.

11.8.2. Ensayo 1 (5-11-2010)

Modelo: *Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.*

Combustible: *Madera.*

El objetivo de este ensayo es poner en funcionamiento por primera vez el gasificador con el objetivo de tomar un primer contacto con la forma de operar del mismo. No tomamos ningún dato durante el desarrollo del mismo y tan solo realizamos una inspección visual del funcionamiento del mismo. El encendido se realiza con carbón y el resto del gasificador se llena con ramas y otros restos de biomasa de los que se disponía en aquel momento. La comprobación de si se produce algo de gas se realiza poniendo una llama incandescente en la salida de los gases. Como conclusiones a este primer ensayo se determina que la bioma tiene una granulometría excesivamente grande, esta tiene un exceso de humedad, ya que se encontraba a la intemperie y estaba expuesta a los fenómenos meteorológicos y además era irregular, lo que dificultaba el deslizamiento de la misma a través del gasificador. Uno de los principales miedos a los que nos enfrentábamos en este primer ensayo era el comportamiento de los materiales con los que había sido construido el gasificador, sin embargo, en ese aspecto no se produjo ninguna complicación. El material aguanta las temperaturas que, sobre todo, en la zona de combustión y en los pernos utilizados como toberas para la introducción del aire son muy elevadas.

11.8.3. Ensayo 2 (8-11-2010)

Modelo: *Gasificador updraft con introducción de aire en la zona de combustión mediante anillo y toberas.*

Combustible: *Madera.*

Granulometría: *Dimensiones máximas 10 x 10 x 30 mm.*

Así como en el primer ensayo no nos importaba el modelo con el que estábamos trabajando, ya que queríamos comprobar el comportamiento del gasificador sin hacer diferencia de modelo, a pesar de ello utilizamos el gasificador modelo 1. En este segundo ensayo ya estamos teniendo en cuenta el modelo en el que estamos trabajando a fin de localizar los problemas de operatividad de cada modelo y poder finalmente, después de realizados todos los ensayos, sacar las conclusiones oportunas acerca de cuál de ellos es más adecuado para los fines para los que vamos a utilizar el gasificador.

En esta ocasión en vez de carbón utilizamos la propia biomasa para realizar el encendido del gasificador. Uno de los problemas a los que nos enfrentamos en esta ocasión es una

mayor dificultad para encenderlo que si utilizamos carbón. Solucionamos el problema utilizando papel de periódico mezclado con la biomasa, aparte del alcohol de quemar, ya utilizado en el primer ensayo. Se utilizan como combustible madera, concretamente tacos de una granulometría de 2x2x3 cm. El funcionamiento es mucho mejor que en el primer ensayo en el que teníamos una granulometría mayor y poco uniforme.

0:00 Encendido de la zona de combustión.

No se consigue el encendido solo con alcohol. Se añade mezclado con la biomasa papel para facilitar el encendido.

0:15 Se consigue el encendido de la zona de combustión.

0:30 Temperaturas. Oxidación -> 380 °C

Reducción -> 220 °C

0:39 Temperaturas:

Tabla 17

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperaturas (°C)	350	150	70	300	200	130	43	48	40

Fuente: Propia.

0:48 No hay llama constante. Al apagar el ventilador la llama es constante.

1:00 Apagamos y abrimos para observar el consumo de biomasa.

11.8.4. Ensayo 3 (9-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión por medio de anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Granulometría: Dimensiones no superiores a 10 x 10 x 30 cm

En esta ocasión realizamos una toma de las temperaturas del gasificador con una pistola infrarroja. Comprobamos que las temperaturas alcanzadas son inferiores a las teóricas, pero tampoco le damos mucha importancia, ya que nosotros estamos tomando la temperatura en el exterior del gasificador, las temperaturas en el interior serán superiores, sobre todo en la zona de combustión, donde teóricamente se debe alcanzar la mayor temperatura.

Durante el transcurso del ensayo y al tratar combustionar el gas obtenido comprobamos que la generación de este no es constante. En un principio se piensa que es puede ser debido a un exceso de flujo de aire introducido en la zona de combustión, pero, sin embargo, tras finalizar el ensayo y abrir la tapa comprobamos que en el interior hay una gran cantidad de humedad. Por lo tanto la producción de gas se estaba viendo perjudicada por un exceso de humedad en la biomasa utilizada.

En este ensayo se mantiene la granulometría inicial 2x2x3 cm, pero consideramos al termino del mismo que esta es excesivamente grande para las dimensiones del gasificador y para el próximo decidimos reducir la granulometría.

0:00 Se inicia el encendido.

0:04 Ya encendido. Se va añadiendo el resto de la leña.

0:10 Se acaba de rellenar el contenido restante y se cierra la tapa.

0:17 Temperaturas

Tabla 18

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperaturas (°C)	250	100	55	300	140	97	38	37	31	29

Fuente: propia.

- 0:19 Llama constante con máximo flujo. Dura 1 minuto.
 0:21 Probamos a quitar una de las dos mangueras de alimentación de aire.
 0:37 Ya no tenemos llama constante.
 0:41 Abrimos tapa.
 Detectamos problemas de atascamiento.

11.8.5. Ensayo 4 (10-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en la zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Granulometría: Se prueba una granulometría más fina 10 x 10 x 20 mm.

Se consigue una biomasa de granulometría 1x1x2 y con menor contenido de humedad. Se observa que el funcionamiento del gasificador es mejor con esta madera. Por una parte se produce menor atascamiento en la zona de combustión al reducir la granulometría y por otra la calidad del gas es muy superior al tener la biomasa un menor contenido de humedad. Se toman temperaturas en dos ocasiones, estas muestran las temperaturas más elevadas en la zona de combustión y disminuyendo progresivamente conforme nos acercamos a la parte superior del gasificador y por tanto, de secado de la biomasa. Al final del ensayo deja de producir gas. Al abrir la tapa se comprueba que esto se debe a que la biomasa se ha consumido completamente.

Se coloca parrilla algo más baja a 3 cm de la parte de arriba.

Flujo de aire en mangueras medido en vacío 17 m/s

Diámetro = 25.4 mm

0:00 Encendido de la zona de combustión.

0:33 Temperaturas

Tabla 19

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperaturas (°C)	235	128	45	256	136	78	35	34	33	32

Fuente: propia.

0:51 No se produce gas. Tras mover el equipo y bajar la parrilla se inicia la producción de gas.

1:02 Se sigue produciendo gas.

1: 04 Temperaturas.

Tabla 20

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperaturas (°C)	300	103	51	352	222	106	40	33	35	31

Fuente: propia.

Flujo de aire = 2.9 m/s

Diámetro sección = 25.4 mm

1:14 No produce gas. Se inicia producción de gas al mover el equipo y la parrilla.

Funciona mucho mejor cuando abrimos la parrilla.

1:38 Llama constante durante un largo tiempo.

Tabla 21

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperaturas (°C)	332	103	47	254	132	109	48	45	49	43

Fuente: propia.

1:43 Ya no se produce llama constante.

1:45 Al abrir comprobamos que se ha consumido toda la biomasa.

11.8.6. Datos ensayo 5 (11 – 11 – 2010))

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Cascara de castaña

Granulometría:

En esta ocasión no es necesario preparar la biomasa para que tenga una granulometría determinada. La cascara de castaña se encuentra en el estado en el que termina después de ser procesada en la beneficiadora correspondiente y tras salir como residuo. Es el primer ensayo realizado con cáscara de castaña y las conclusiones sacadas son muy positivas. La granulometría es adecuada tal como la cáscara viene de la beneficiadora y el atascamiento producido por el reducido tamaño del gasificador no se llega a producir. La cascara de castaña tiene una menor densidad, esto quiere decir que ocupara bastante más espacio en el gasificador y tendremos que rellenar el gasificador un mayor número de veces, aunque el consumo másico sea parecido. Este aspecto ha resultado un problema ya que la tapa superior del gasificador no es muy adecuada para su rápida apertura y cierre.

Otro aspecto a tener en cuenta en cuanto al uso de la castaña como combustible para la gasificación es una producción menor de alquitrán y por lo tanto una mayor vida útil del gasificador.

0:00 Encendido de la zona de combustión.

0:08 Cerrado del gasificador después del completo llenado.

Producción de llama constante.

0:37 Rellenado del gasificador con cáscara de castaña.

Producción de llama constante.

1:37 Se gasta la castaña. Nuevamente se rellena.

Se sigue produciendo llama

1:64 Se rellena nuevamente con cáscara de castaña. En menor cantidad esta vez.

11.8.7. Datos ensayo 6 (11 – 11- 2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Cáscara de castaña.

Granulometría:

En el ensayo anterior se detecta un descenso de la temperaturas en la zona de combustión y estas temperaturas aumentan, sin embargo, en puntos más bajo. Esto nos está diciendo que la zona en la que se está produciendo la combustión es más reducida y se está desplazando hacia abajo, creemos que se produce ahogamiento. Para tratar de solucionar este problema en el encendido, antes de cerrar la tapa del gasificador, tratamos de que la combustión se esté produciendo en un área mayor al de la zona de combustión, también en la zona de

reducción y pirolisis. De esta forma aseguramos que, hasta alcanzado el régimen permanente de funcionamiento, no se va a producir un ahogamiento en la zona de combustión con presencia de oxígeno. Una vez alcanzado el régimen permanente el funcionamiento es óptimo.

En esta ocasión se espera a que la zona de combustión suba manteniendo la tapa abierta durante un mayor tiempo.

Se produce llama. Por si sola no dura mucho tiempo, hay proporcionarle llama para que se mantenga. Al abrir la tapa, sale llama constante por todo.

11.8.8. Datos ensayo 7 (15-11-2010))

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Cáscara de castaña.

Granulometría: 1 x 0.5 x 2 cm

Peso del gasificador en vacío: 13.75 kg

Peso en el momento de cerrarlo: 17.77 kg

Biomasa añadida: $1.735 + 0.09 + 0.52 = 2.345$ kg

Disposición de los puntos de toma de temperaturas

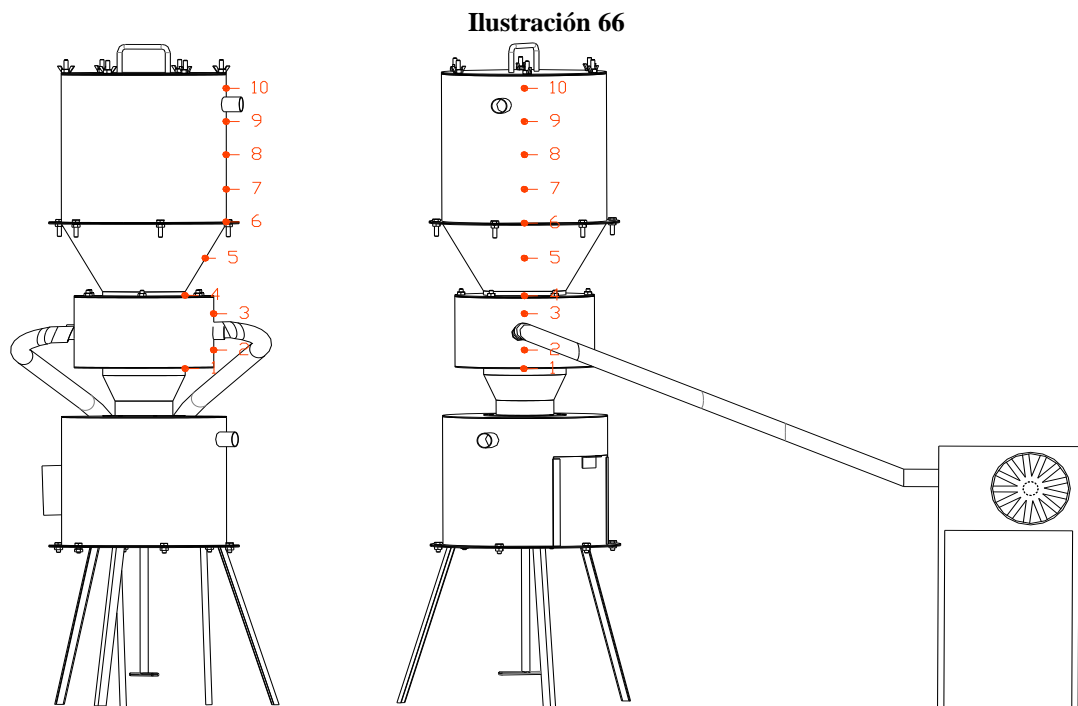
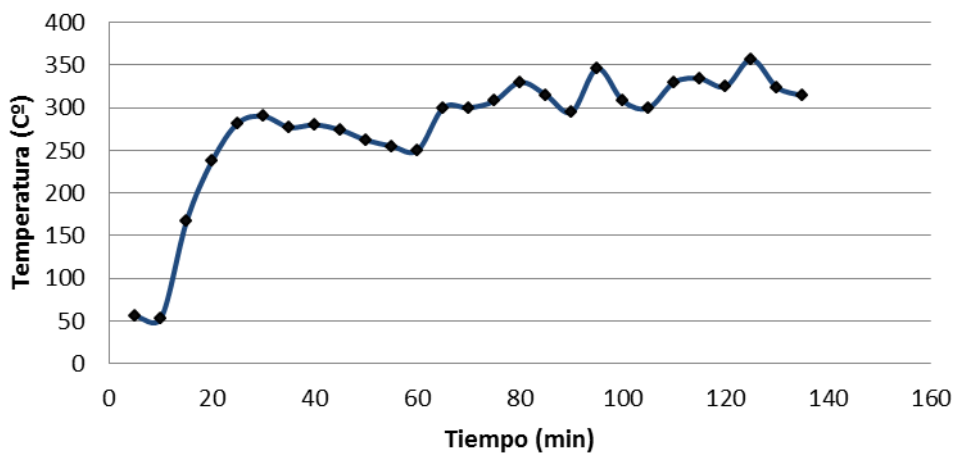


Tabla 22

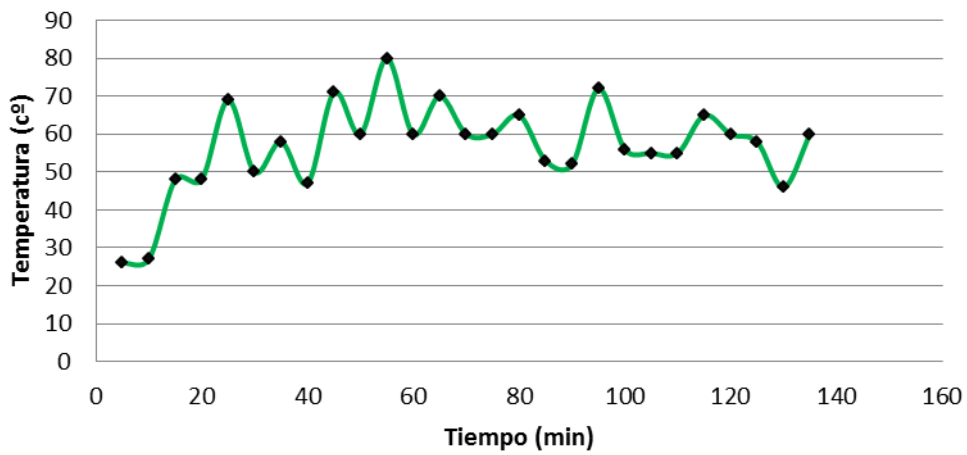
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	56	26	25	87	66	85	42	41	38	45
10	53	27	26	145	92	86	40	48	37	44
15	167	48	30	225	127	82	41	41	40	53
20	238	48	39	342	230	83	37	36	30	33
25	282	69	45	304	191	98	35	37	31	35
30	290	50	45	345	196	103	38	38	33	35
35	277	58	47	325	210	120	41	40	32	35
40	280	47	41	305	170	108	42	40	34	36
45	274	71	41	352	163	103	39	36	32	36
50	262	60	43	312	171	98	40	37	34	35
55	255	80	44	325	180	100	40	38	35	35
60	250	60	42	343	195	105	42	37	35	45
65	300	70	40	290	170	120	44	41	35	40
70	300	60	42	255	150	110	42	41	34	48
75	308	60	41	270	160	100	40	39	32	35
80	330	65	45	238	91	100	40	40	35	37
85	315	53	44	200	105	103	41	39	34	36
90	295	52	45	202	135	106	41	36	31	37
95	346	72	45	205	125	110	44	40	35	38
100	308	56	45	222	102	104	42	41	34	39
105	300	55	45	281	105	106	42	44	38	43
110	330	55	48	243	115	110	49	52	40	49
115	334	65	41	215	98	108	45	48	39	47
120	325	60	43	165	100	31	36	35	33	37
125	357	58	43	206	95	85	35	36	34	35
130	324	46	42	220	90	100	50	48	41	50
135	314	60	43	210	76	130	50	57	43	55

Fuente: propia.

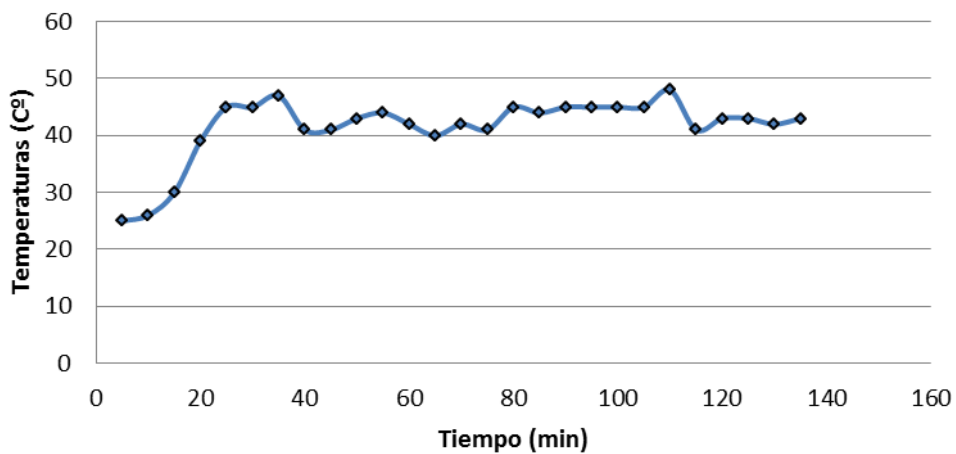
Temperaturas punto 1



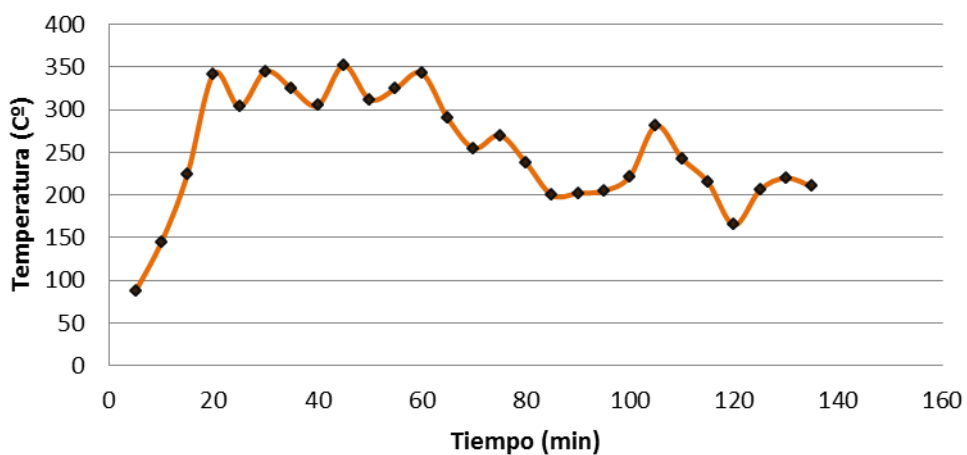
Temperaturas punto 2



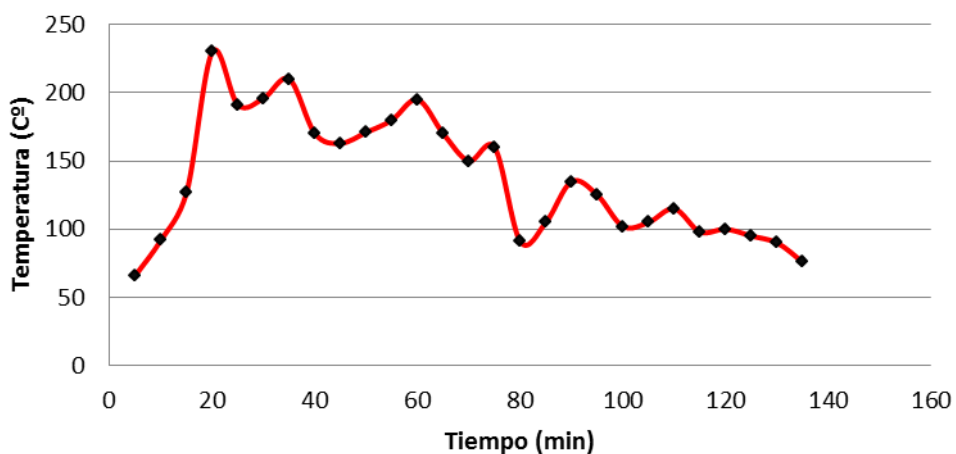
Temperaturas punto 3



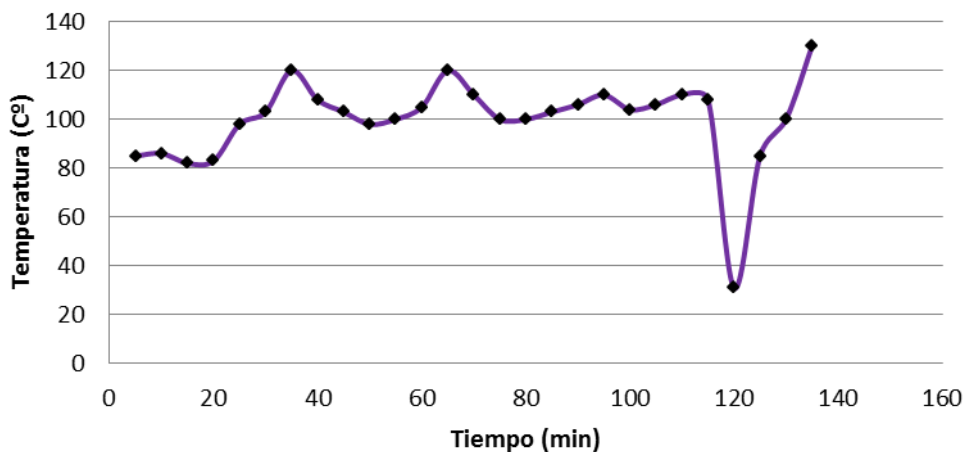
Temperaturas punto 4



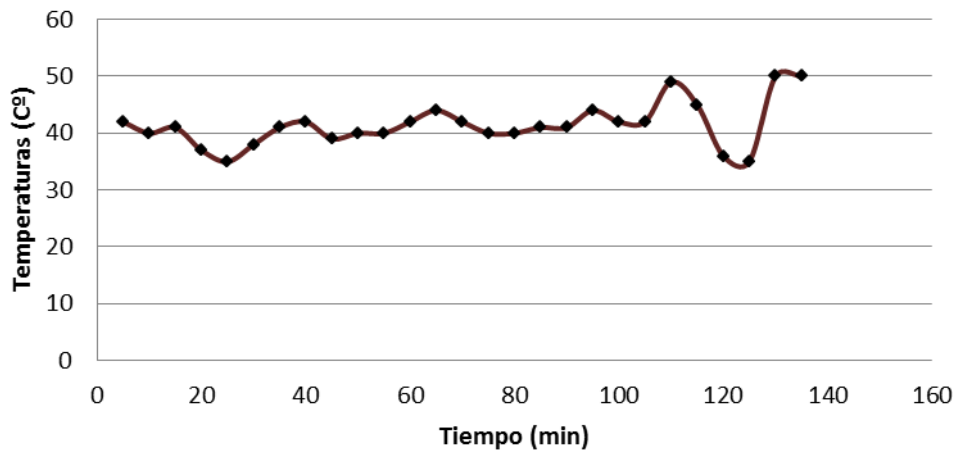
Temperaturas punto 5



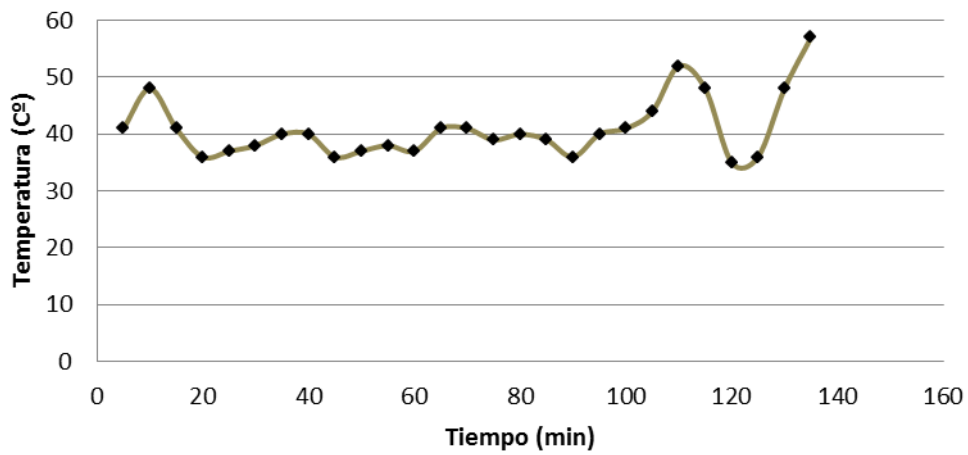
Temperaturas punto 6



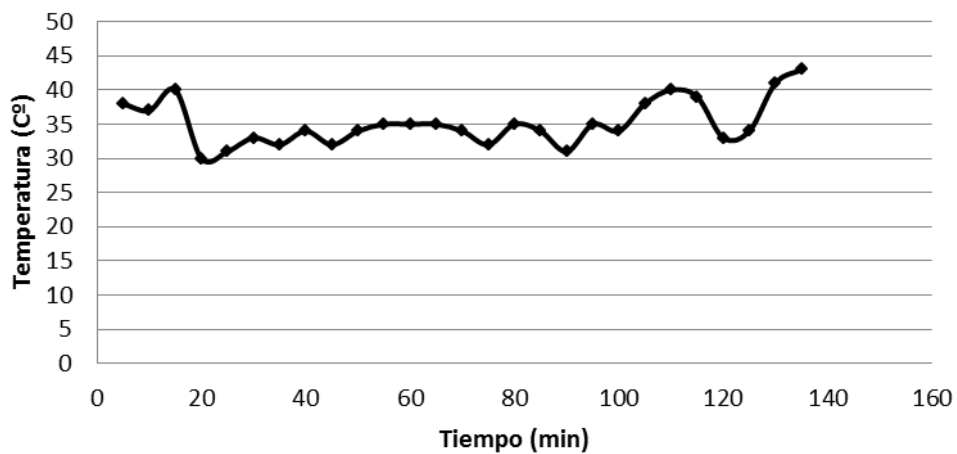
Temperaturas punto 7



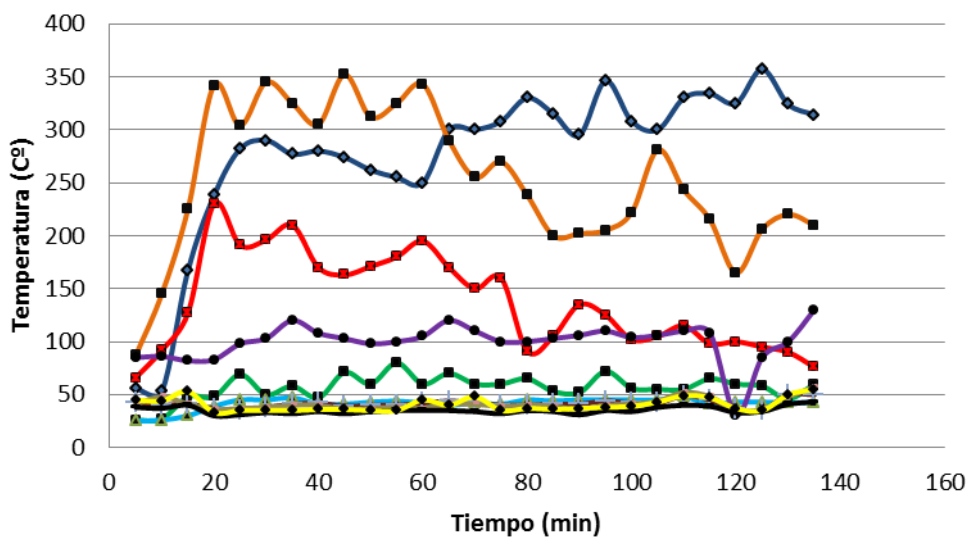
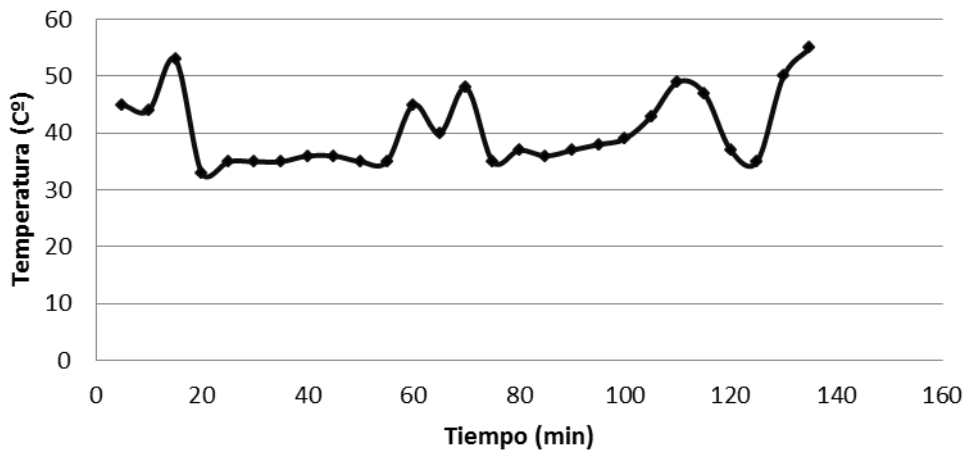
Temperaturas punto 8



Temperaturas punto 9



Temperaturas punto 10



11.8.9. Datos ensayo 8 (16 – 11 – 2010)

Modelo: Gasificador downdraft con entrada de aire en la zona inmediatamente superior a la de combustión por medio de tubo interior.

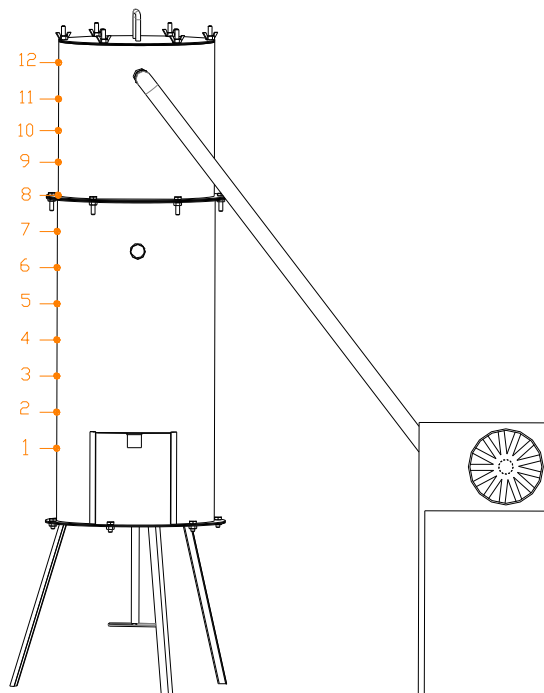
Primer ensayo que se realiza con este modelo, no se toman datos.

11.8.10. Datos ensayo 9 (17-11-2010)

Modelo: Gasificador downdraft con entrada de aire en la zona inmediatamente superior a la de combustión por medio de tubo interior.

Situación de los puntos de toma de temperaturas.

Ilustración 67



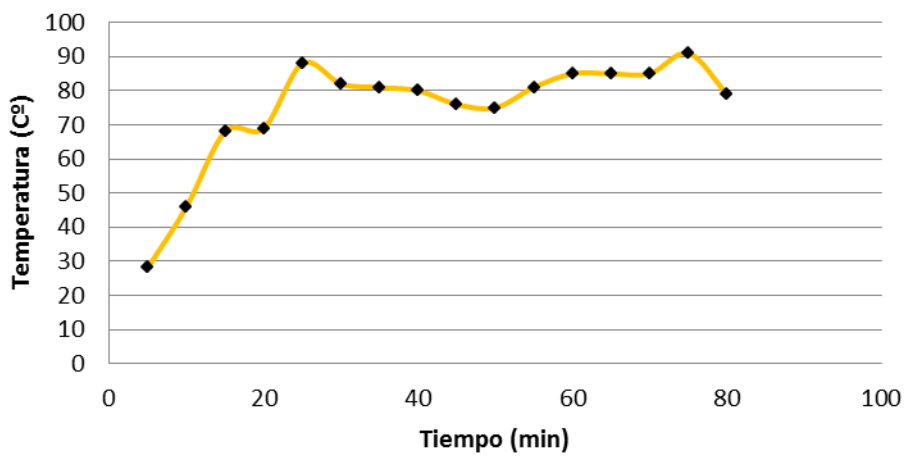
Puntos de toma de temperaturas en gasificador modelo 2.

Tabla 23

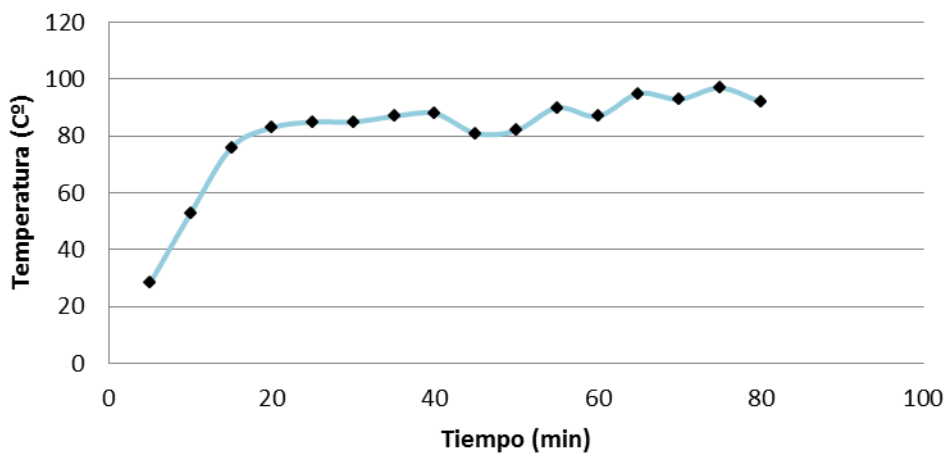
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	28,2	28,3	31,5	33,6	36,8	46,2	41	128	48	55	54	69
10	46	53	78	93	85	102	78	180	56	48	38	40
15	68	76	115	128	114	112	80	165	58	47	39	41
20	69	83	121	139	120	115	89	170	52	46	34	36
25	88	85	125	138	125	117	89	170	51	42	34	38
30	82	85	126	140	118	108	78	165	49	44	38	40
35	81	87	125	143	130	115	73	169	48	45	39	39
40	80	88	130	143	125	110	85	148	50	44	43	46
45	76	81	120	135	115	110	81	150	56	47	41	46
50	75	82	120	140	125	120	90	156	55	47	39	46
55	81	90	132	150	139	108	80	170	56	49	43	48
60	85	87	130	145	126	114	76	137	55	44	37	42
65	85	95	140	156	139	130	82	144	49	43	37	45
70	85	93	147	166	140	125	83	152	53	50	38	47
75	91	97	144	150	139	125	90	164	82	66	51	64
80	79	92	139	160	142	130	91	208	100	92	84	85

Fuente: propia.

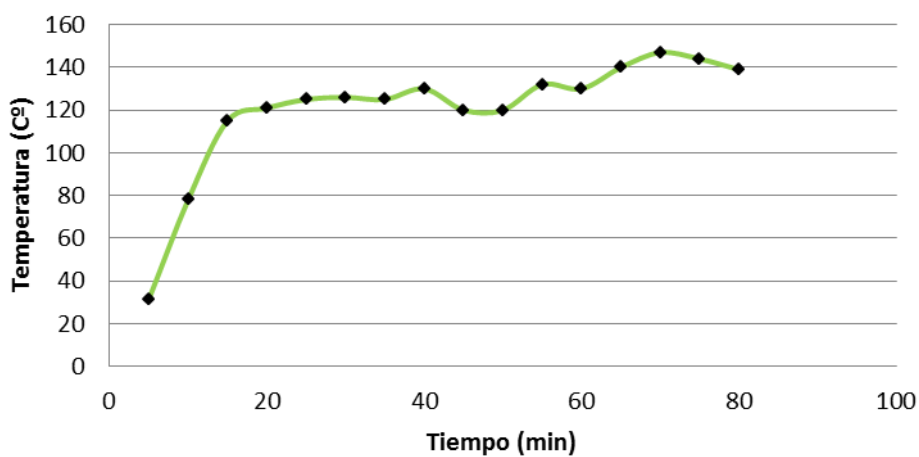
Temperaturas punto 1



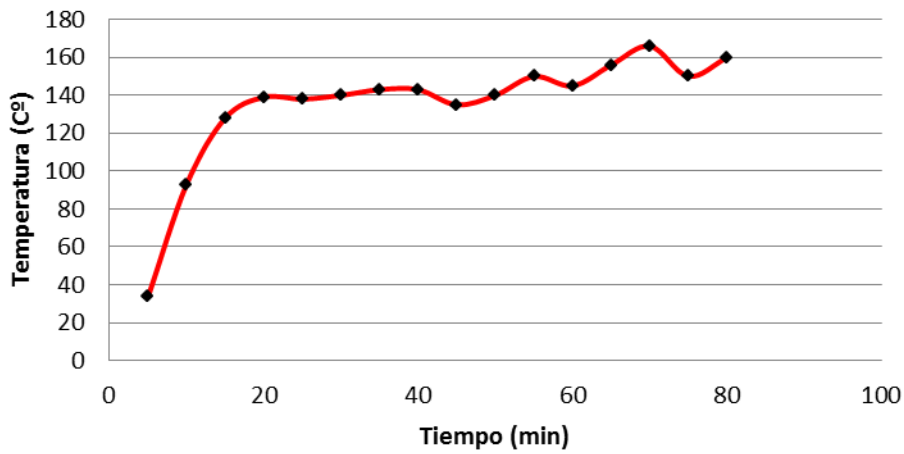
Temperaturas punto 2



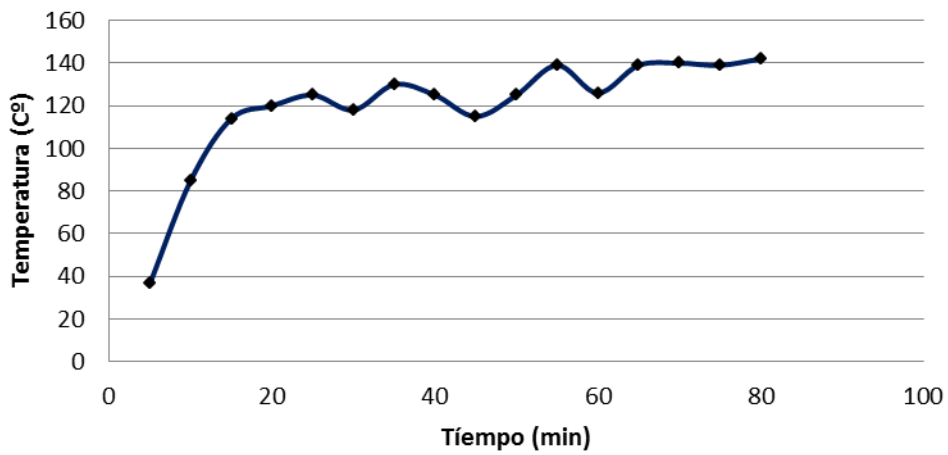
Temperaturas punto 3



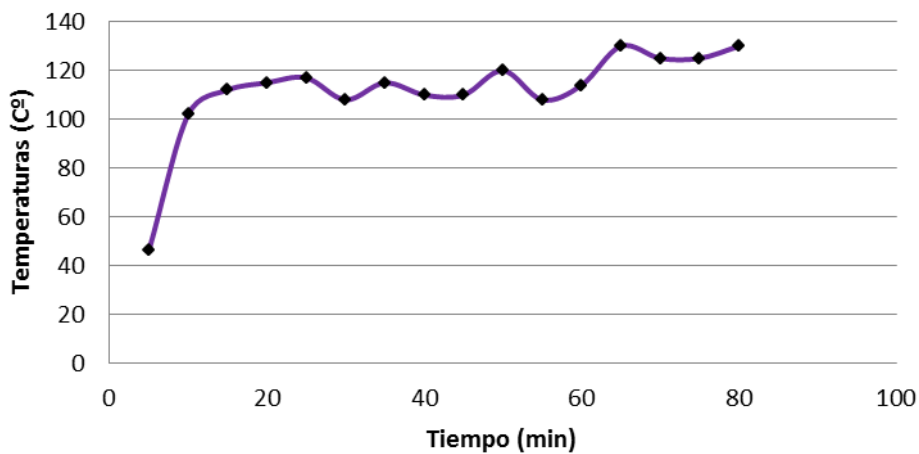
Temperaturas punto 4



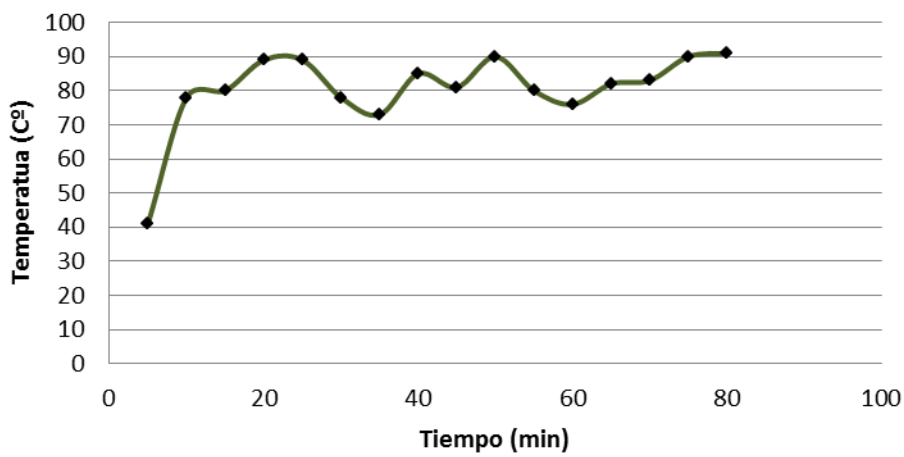
Temperaturas punto 5



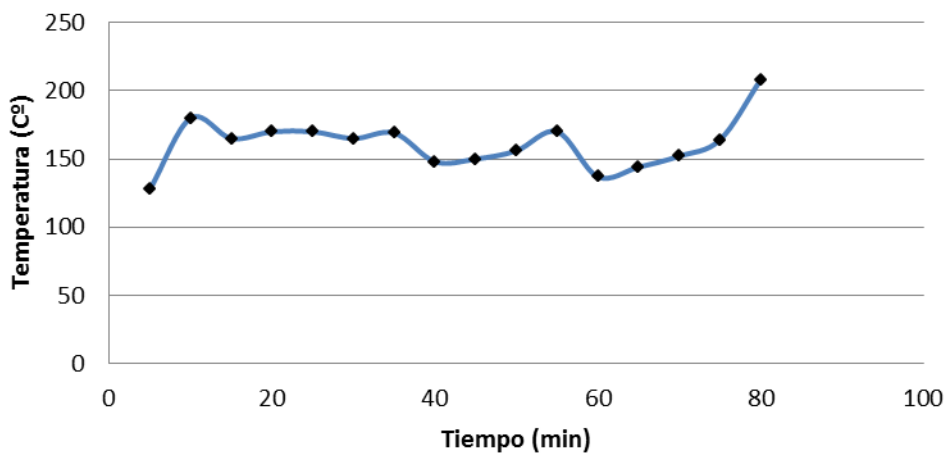
Temperaturas punto 6



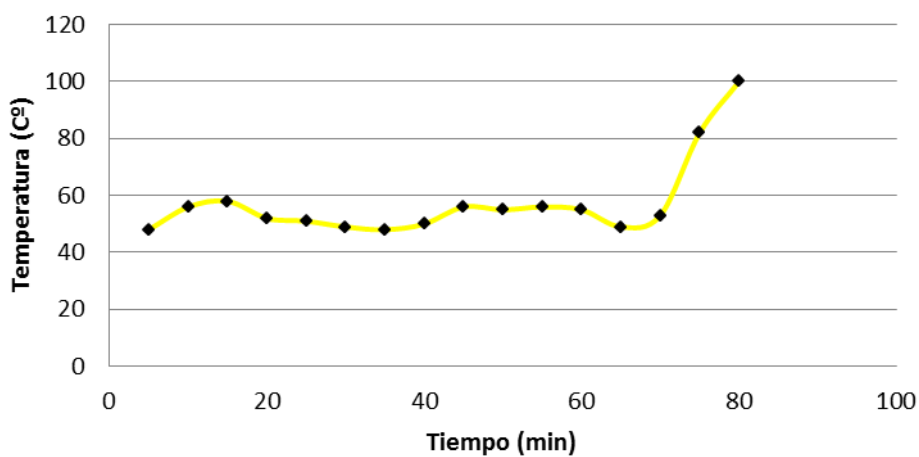
Temperaturas punto 7



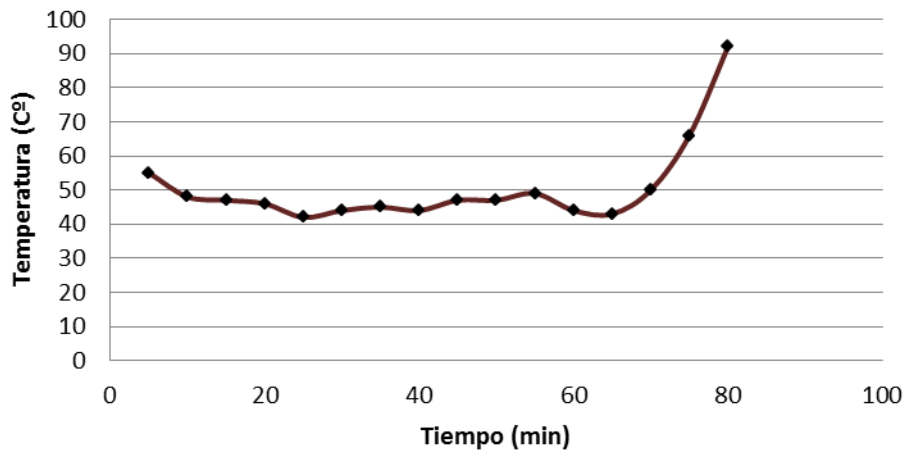
Temperaturas punto 8



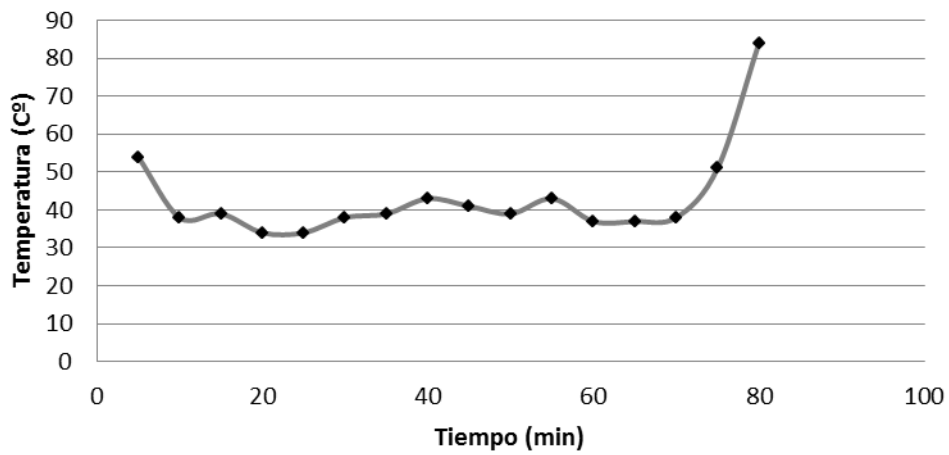
Temperaturas punto 9



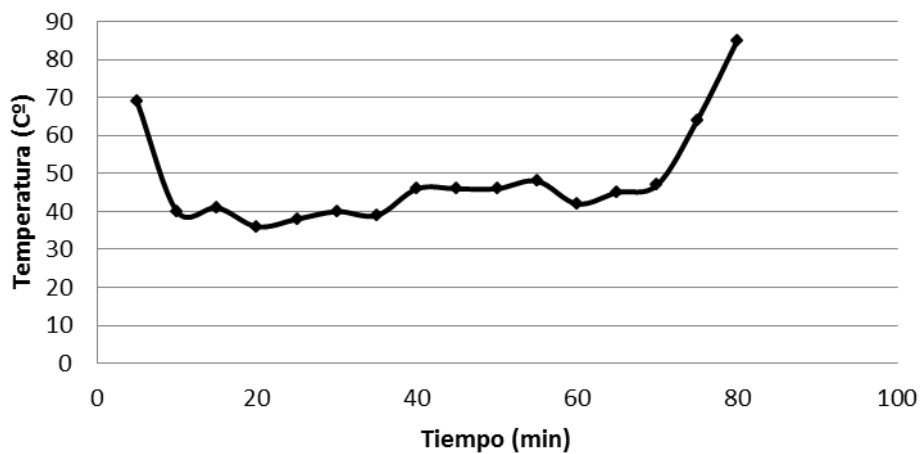
Temperaturas punto 10

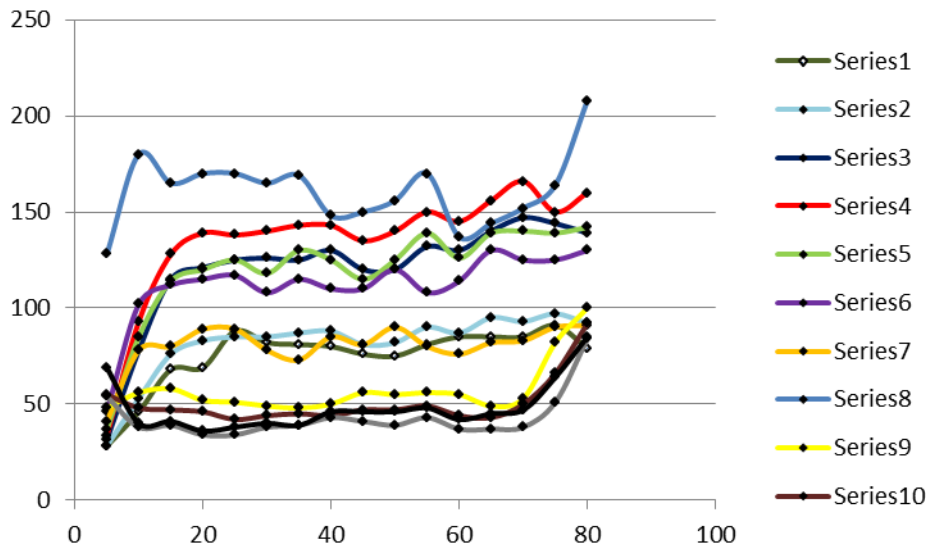


Temperaturas punto 11



Temperaturas punto 12





11.8.11. Datos ensayo 10 (18-11-2010)

Modelo: Gasificador updraft 2.

Combustible: Madera.

Masa del gasificador en vacío = 14 kg

Masa de biomasa introducida

Masa biomasa más dos cubos = 6.710 kg

Masa cubos = 0.990 Kg

Masa biomasa introducida = $6.710 - 0.990 = 5.72$ kg

Masa biomas introducida segunda vez más recipiente = 0.970 kg

Masa recipiente = 0.065 kg

Masa biomasa introducida segunda vez = $0.970 - 0.065 = 0.905$ kg

Masa de biomasa introducida en total = $5.72 + 0.905 = 6.625$ kg

Peso final del gasificador = peso inicial del gasificador + peso de biomasa sin consumir + peso de cenizas

Peso de biomasa sin consumir = Peso final del gasificador – peso inicial del gasificador – peso de cenizas

Peso de biomasa sin consumir = $18.45 - 14 - 0.365 = 4.085$ kg

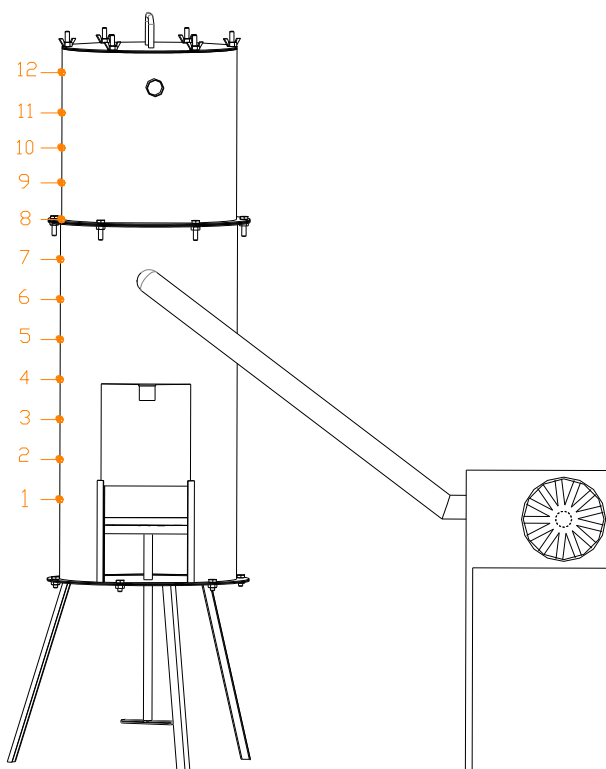
Masa de biomasa consumida = Biomasa introducida – Biomasa no consumida = $6.625 - 4.085 = 2.54$ kg

Biomasa consumida en un tiempo de operación de 1 hora 10 minutos, es decir, 70 minutos

$2.54/70 = 0.0362857$ kg/min

$0.0362857 * 60 = 2.177$ kg/h

Ilustración 68



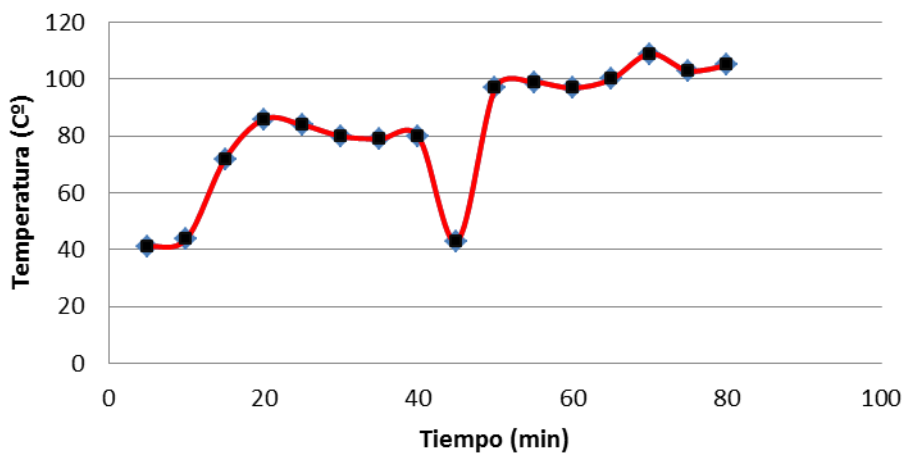
Puntos de toma de temperaturas.

Tabla 24

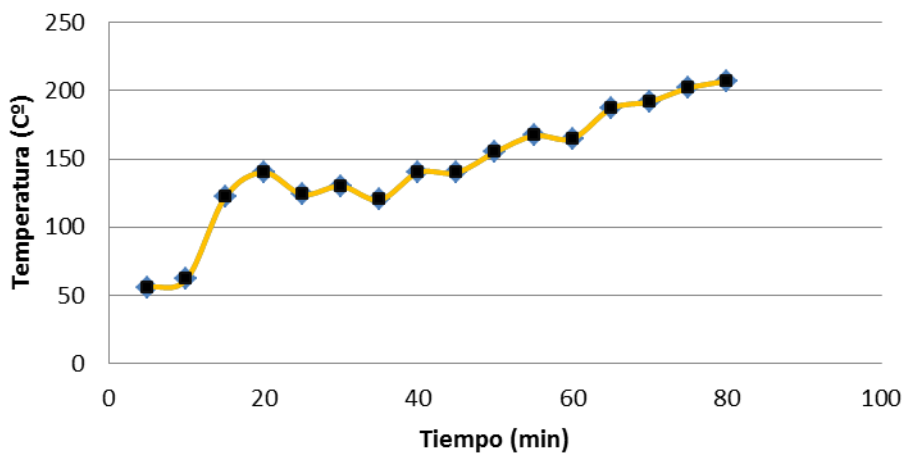
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	95	80	76	49	41	86	42	46	43	51	56	41
10	110	96	80	56	43	93	46	51	45	57	62	44
15	220	186	160	115	67	150	57	58	47	50	122	72
20	255	210	162	113	75	175	65	59	45	48	140	86
25	251	194	161	120	70	170	76	62	51	55	124	84
30	285	200	170	120	80	184	73	72	53	55	130	80
35	286	212	180	130	81	188	73	60	51	55	120	79
40	300	245	200	130	88	200	74	67	52	69	140	80
45	281	210	180	132	87	204	80	73	57	70	140	43
50	331	260	186	129	85	170	61	62	45	54	155	97
55	320	220	177	126	85	175	65	61	54	57	167	99
60	268	181	144	94	64	134	60	50	45	55	165	97
65	288	188	145	80	56	132	53	50	45	58	187	100
70	301	194	150	97	55	134	57	51	50	58	192	109
75	294	190	175	95	57	136	60	64	57	70	202	103
80	295	196	167	101	59	135	58	63	53	67	207	105

Fuente: propia.

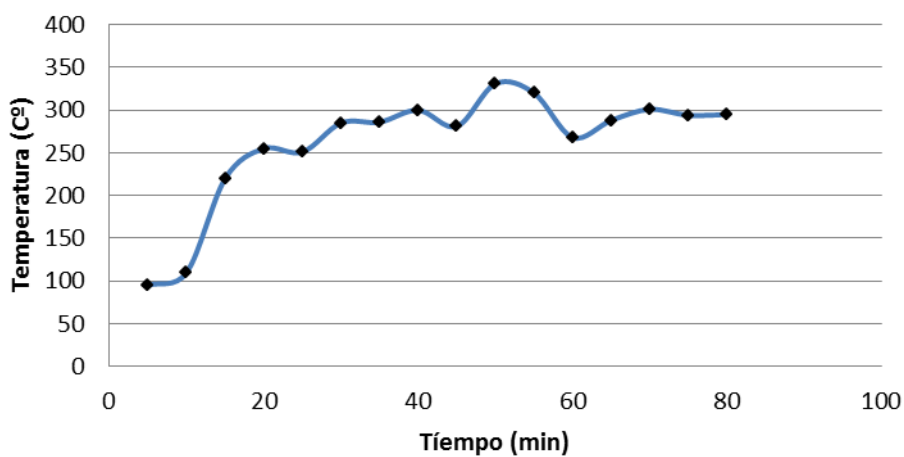
Temperaturas punto 1



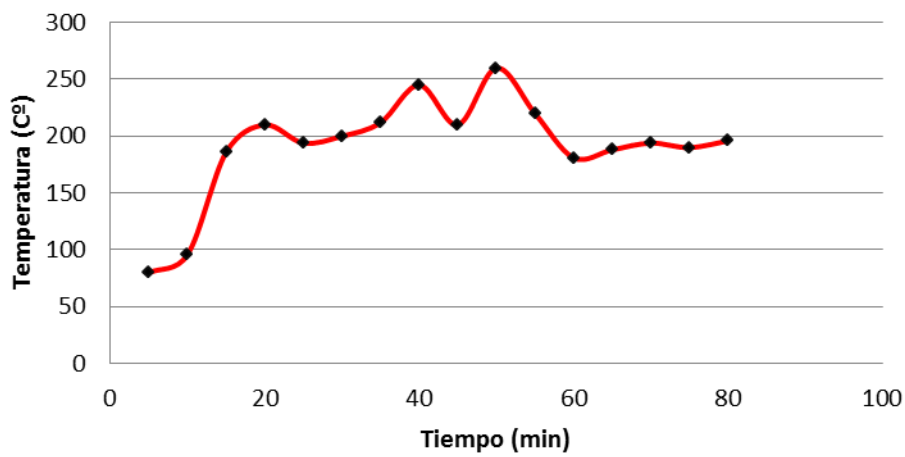
Temperaturas punto 2



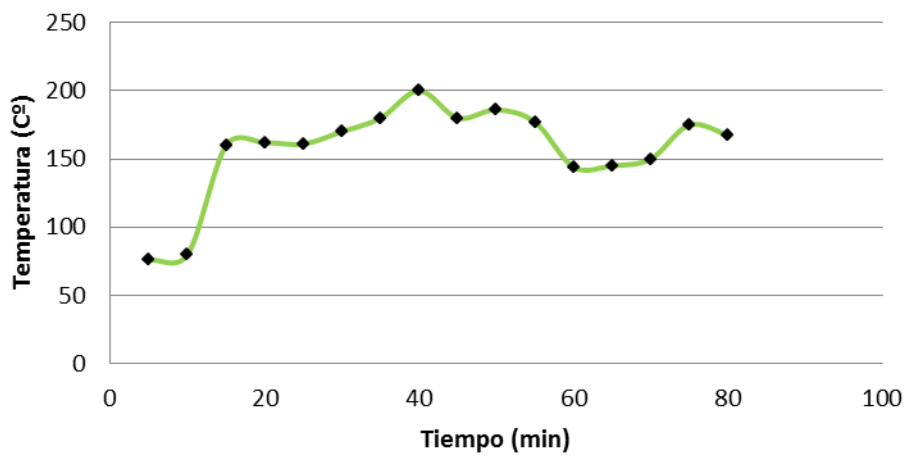
Temperaturas punto 3



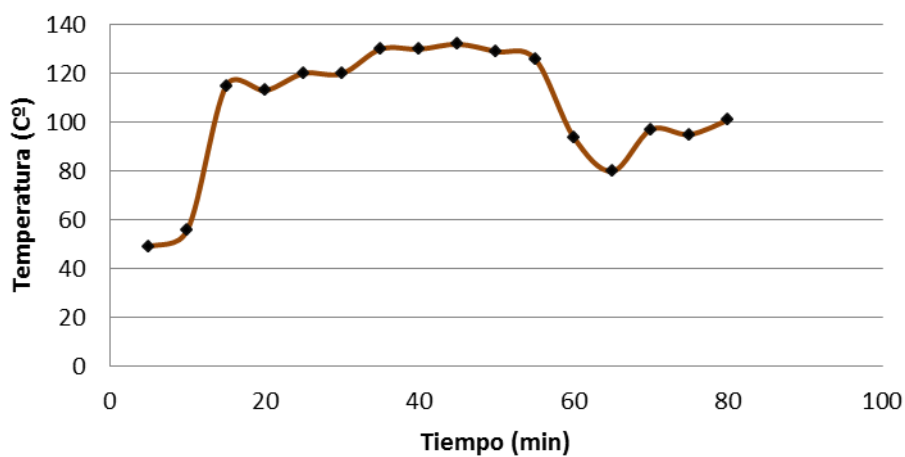
Temperaturas punto 4



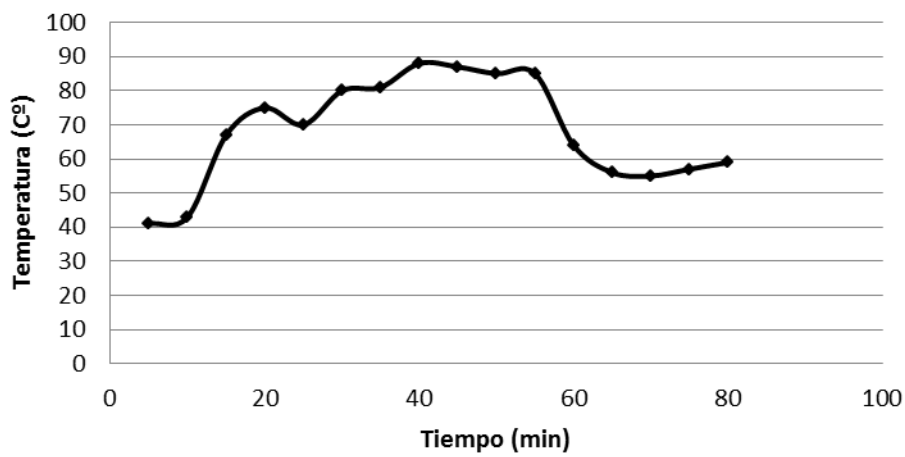
Temperaturas punto 5



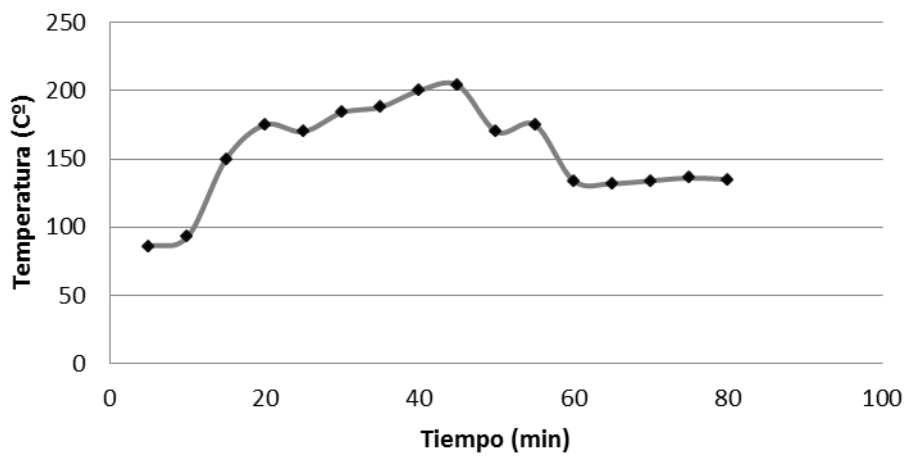
Temperaturas punto 6



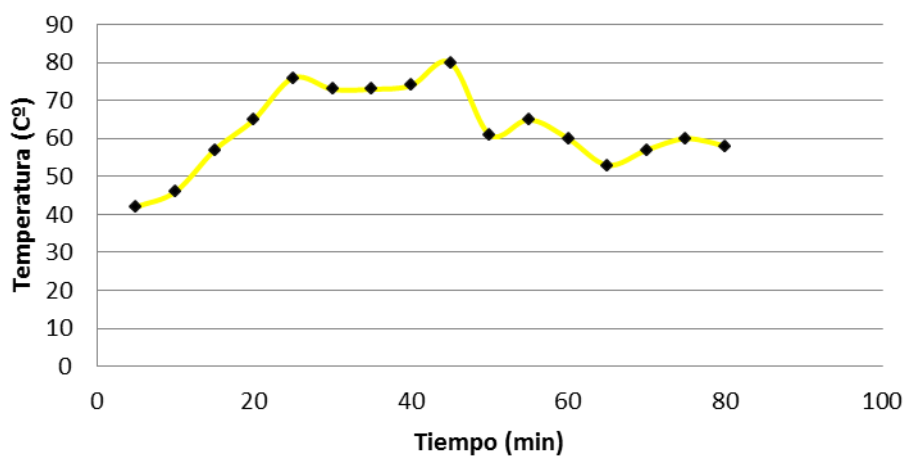
Temperaturas punto 7



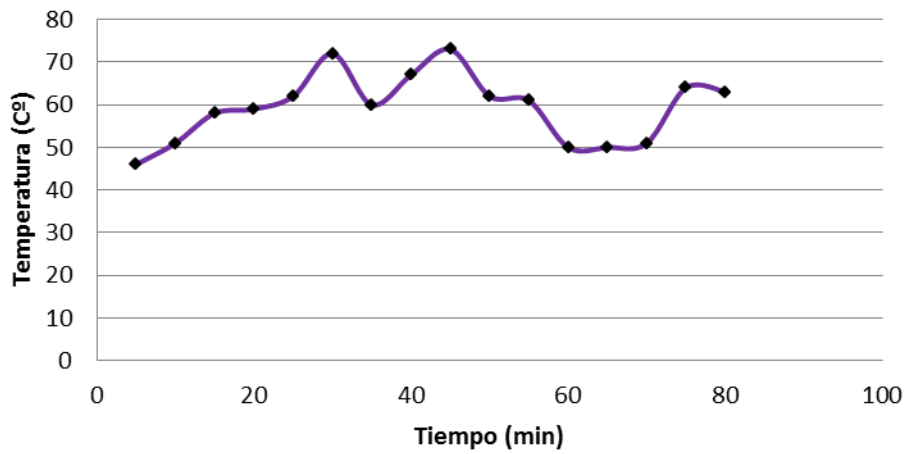
Temperaturas punto 8



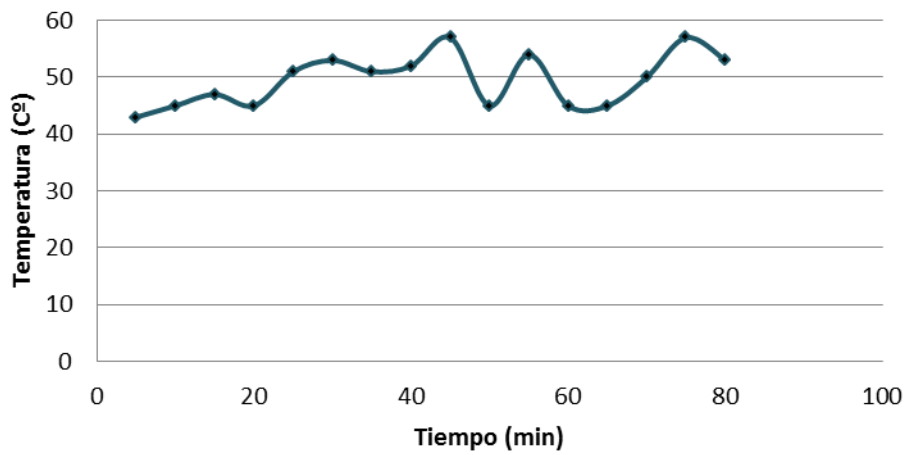
Temperaturas punto 9



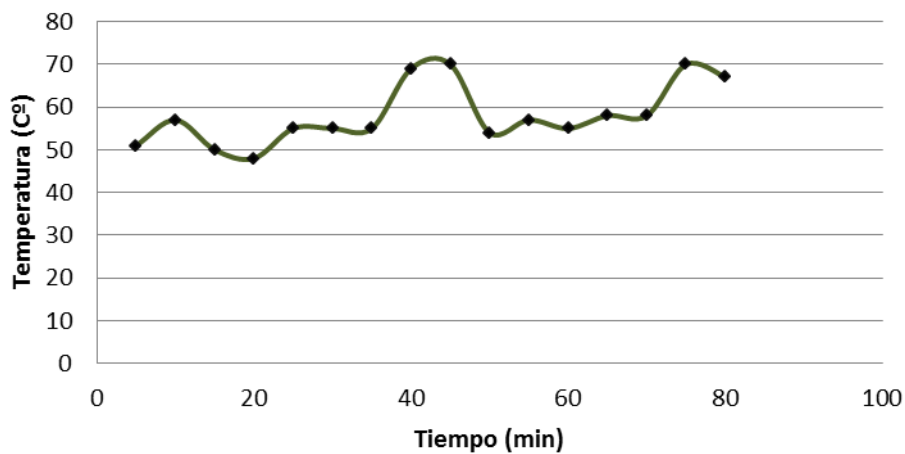
Temperaturas punto 10

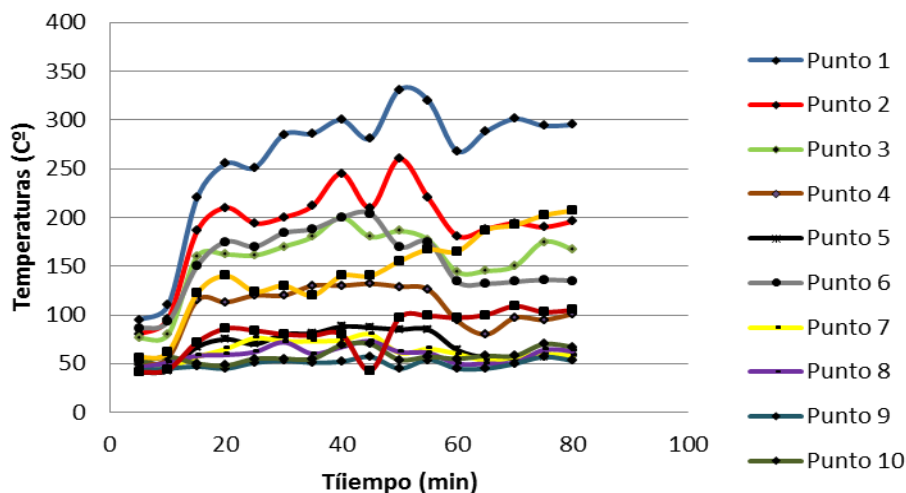


Temperaturas punto 11



Temperaturas punto 12



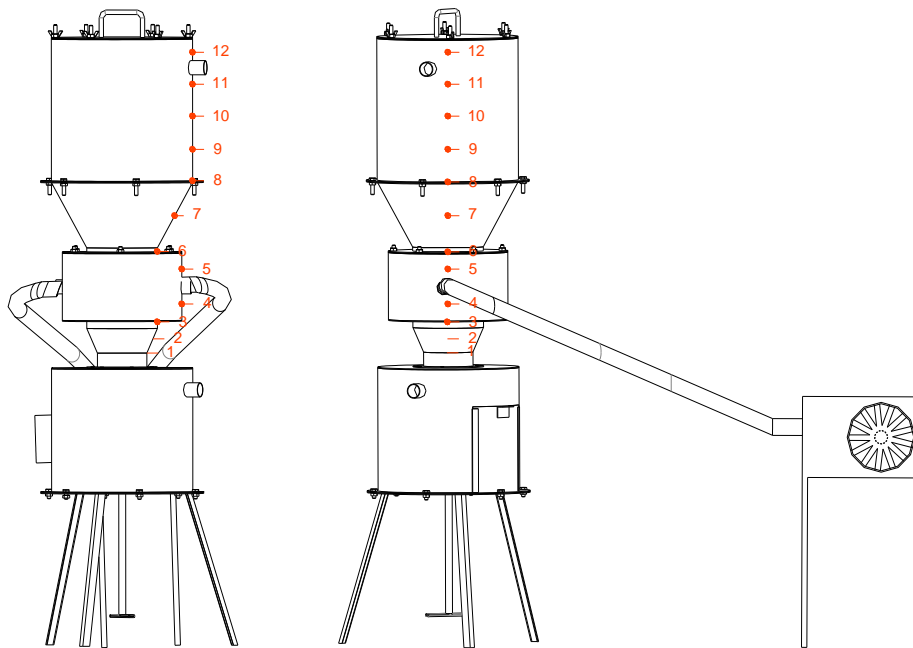


11.8.12. Ensayo 11 (23-11-2011)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Ilustración 69



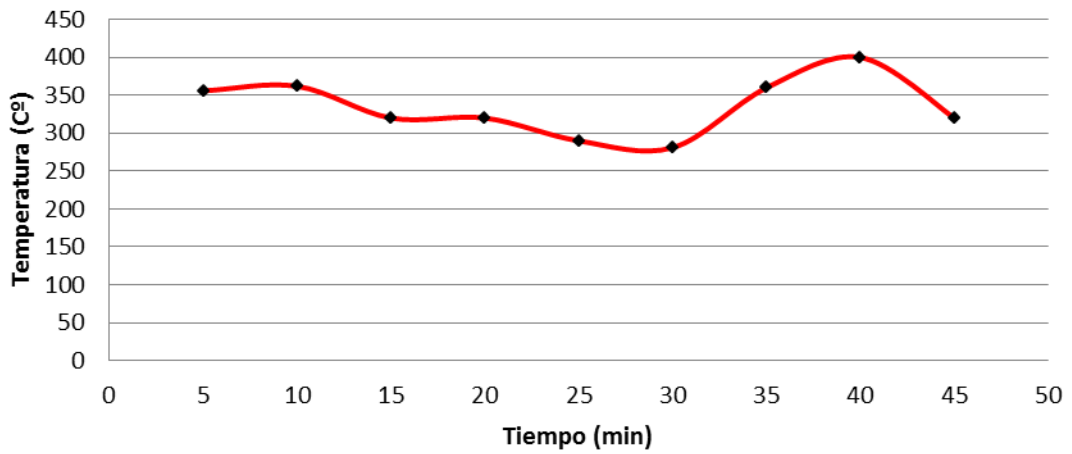
Puntos de toma de temperaturas en gasificador modelo 1.

Tabla 25

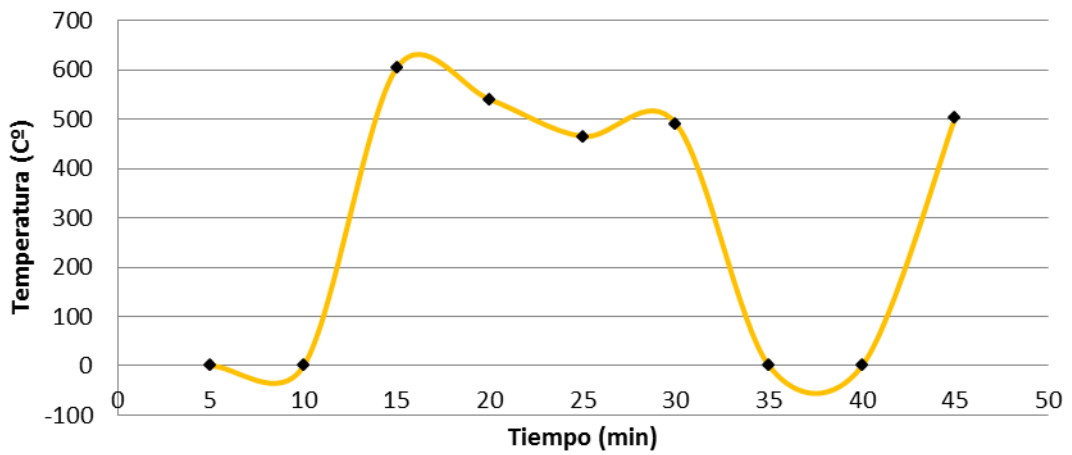
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	356	0	0	562	404	229	210	103	60	63	62	63
10	362	0	0	597	489	310	258	130	58	54	49	57
15	320	604	504	438	346	220	185	117	52	47	44	46
20	320	540	415	345	280	184	160	106	42	39	34	41
25	290	465	370	280	222	148	125	82	43	39	36	39
30	281	491	380	278	211	138	116	75	37	36	35	37
35	360	0	570	460	369	207	170	100	44	41	36	39
40	400	0	540	447	356	212	180	115	45	41	36	38
45	320	503	399	324	268	170	160	95	45	38	40	41

Fuente: propia.

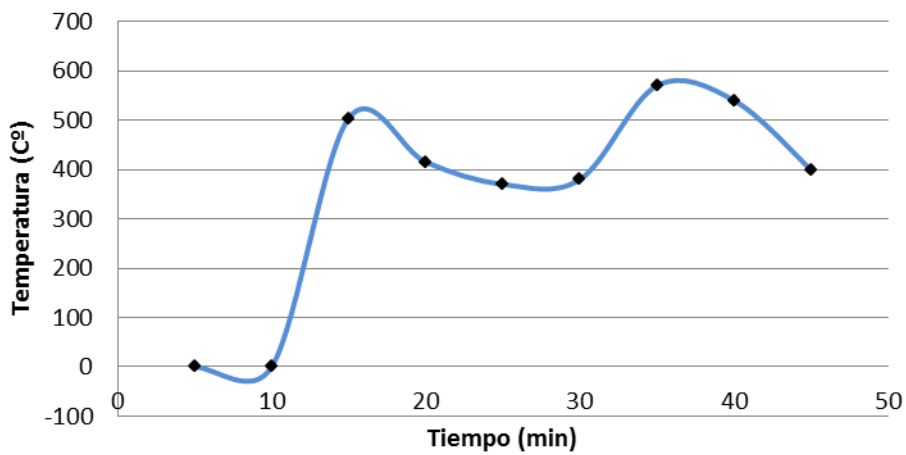
Temperaturas punto 1



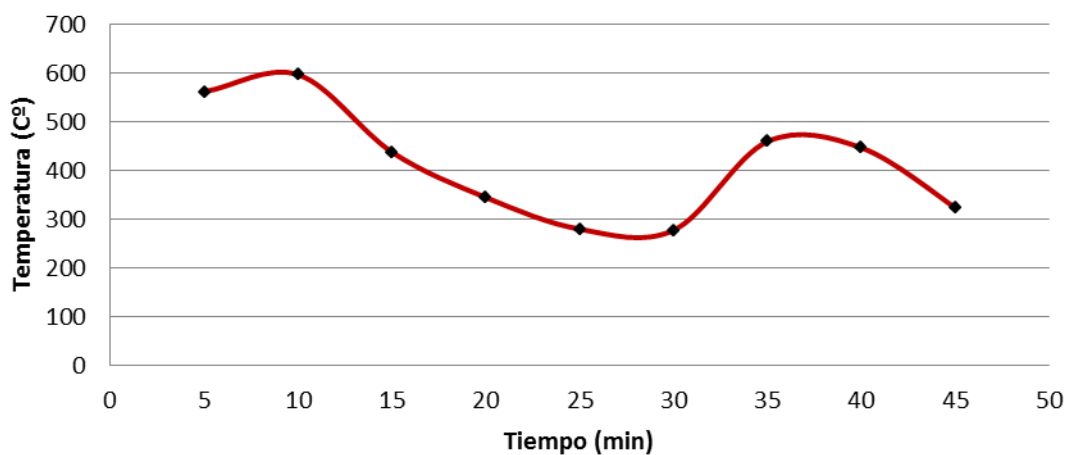
Temperaturas punto 2



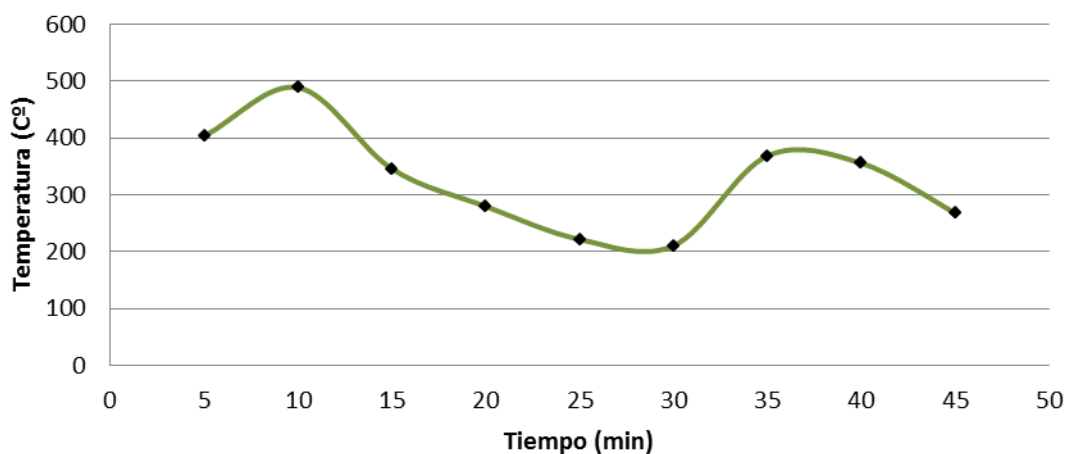
Temperaturas punto 3



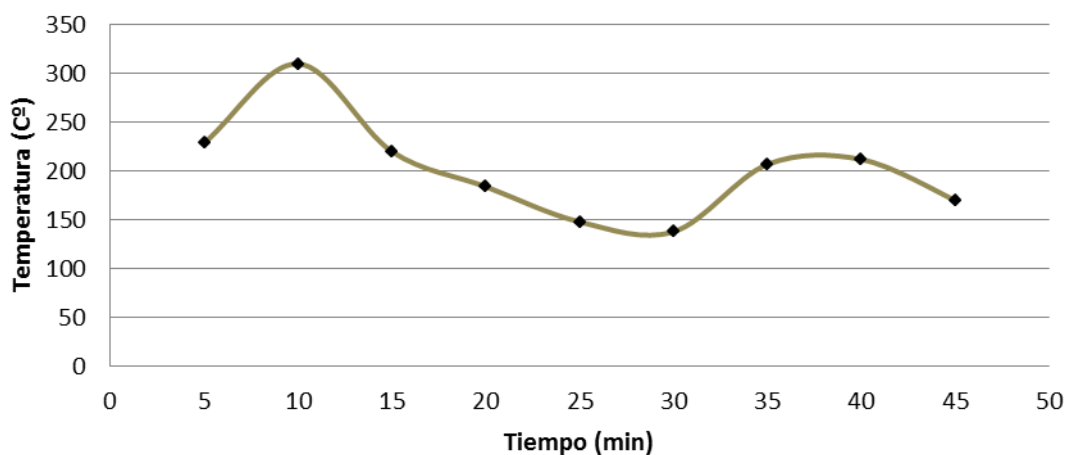
Temperaturas punto 4



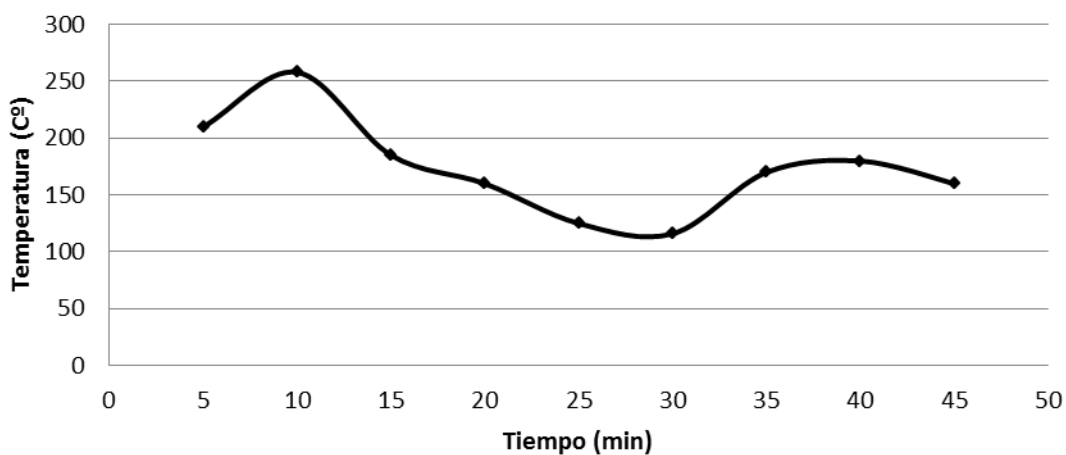
Temperaturas punto 5



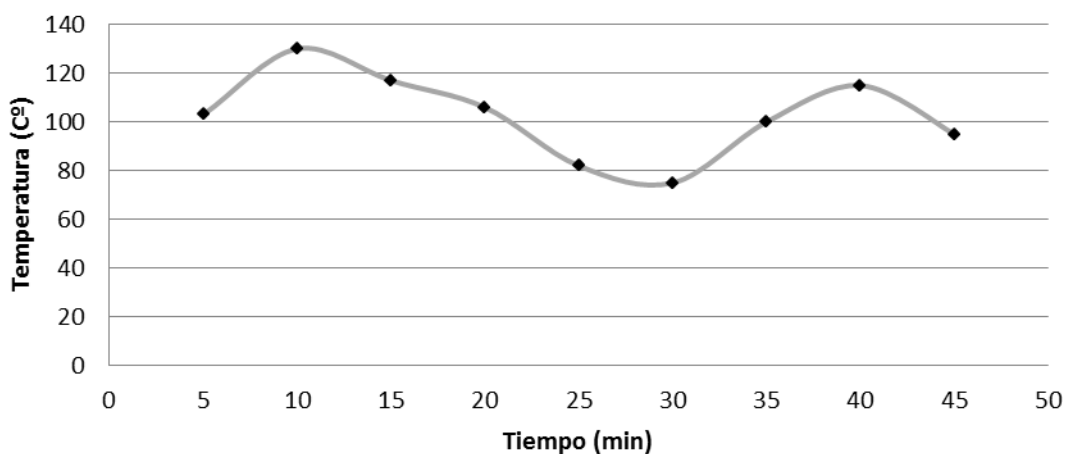
Temperaturas punto 6



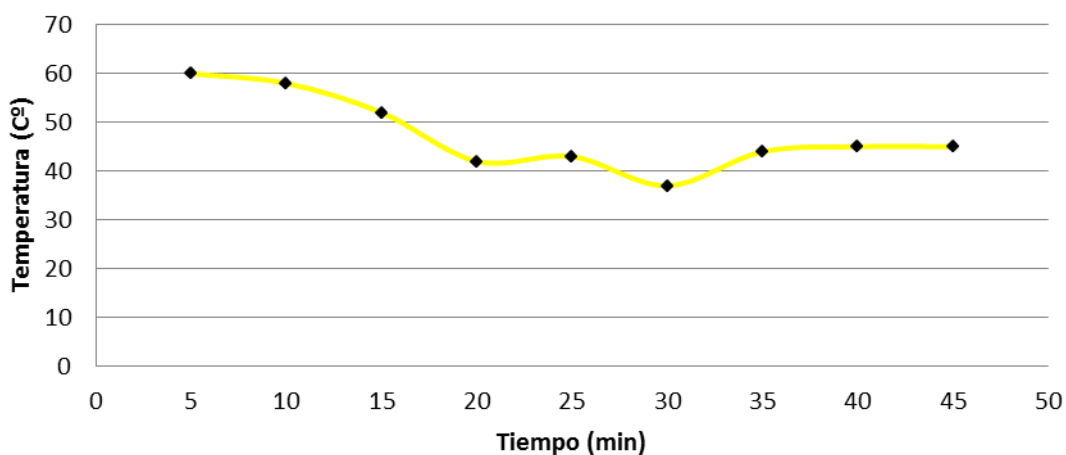
Temperaturas punto 7



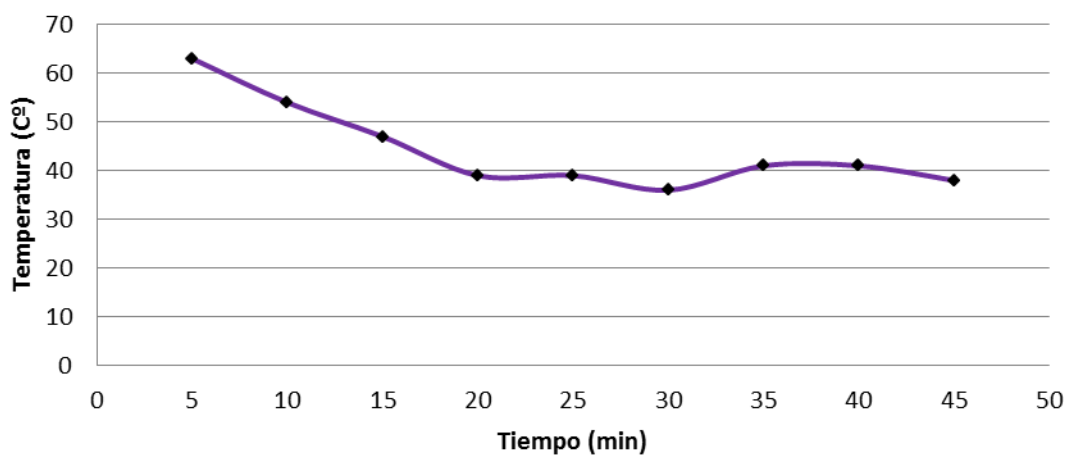
Temperaturas punto 8



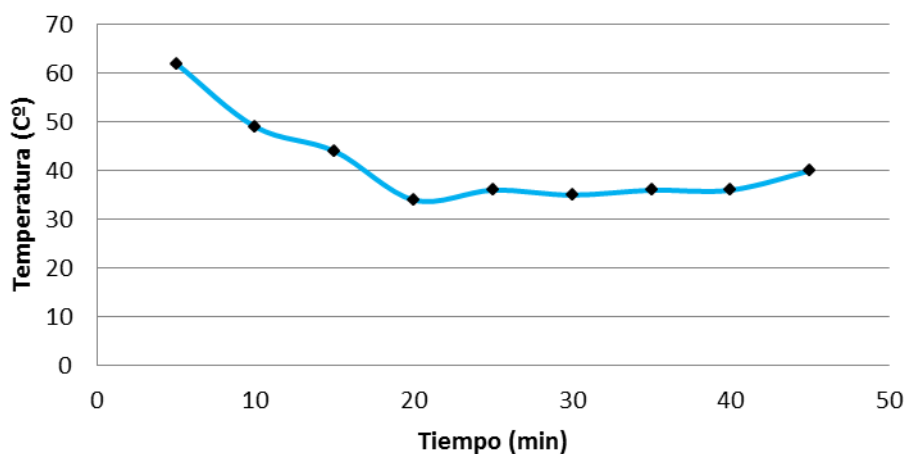
Temperaturas punto 9



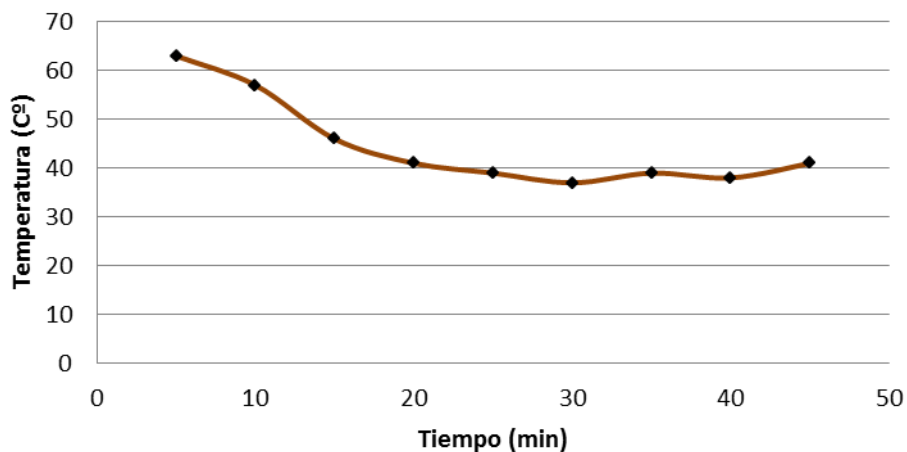
Temperaturas punto 10



Temperaturas punto 11



Temperaturas punto 12



11.8.13. Datos ensayo 12 (24- 11 -2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

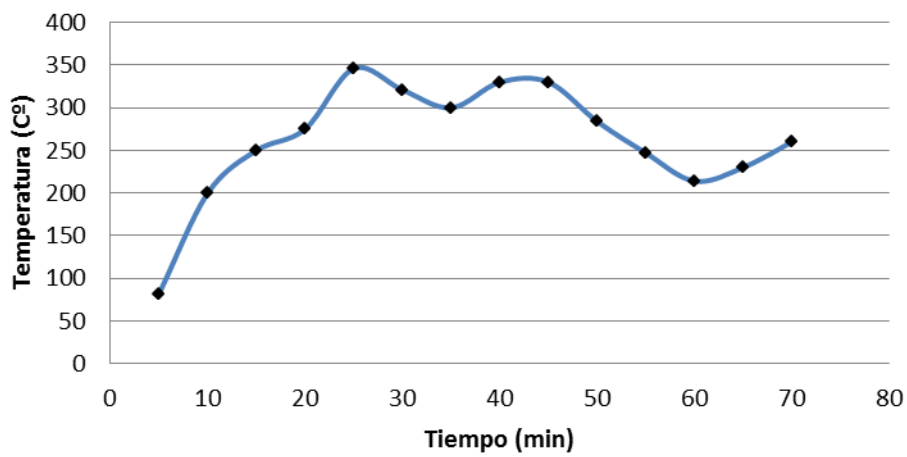
Combustible: Madera.

Tabla 26

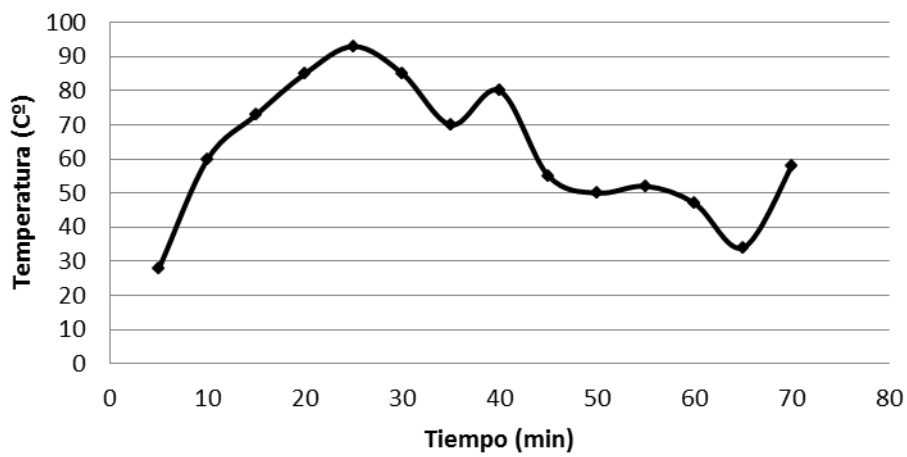
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	82	28	27	110	115	159	79	81	75	116
10	200	60	46	145	120	115	51	57	50	80
15	250	73	51	169	133	112	50	53	42	53
20	275	85	60	205	150	110	46	42	38	45
25	346	93	72	235	155	93	40	41	30	33
30	321	85	63	195	122	93	41	38	33	39
35	300	70	56	178	160	98	41	35	32	36
40	330	80	62	210	160	100	42	38	36	39
45	330	55	46	145	100	80	37	35	35	37
50	284	50	38	126	90	72	38	34	35	39
55	247	52	36	115	78	80	33	34	33	36
60	214	47	35	105	42	68	30	39	26	29
65	230	34	40	130	100	73	30	29	28	33
70	260	58	46	140	115	74	36	35	32	31

Fuente: propia.

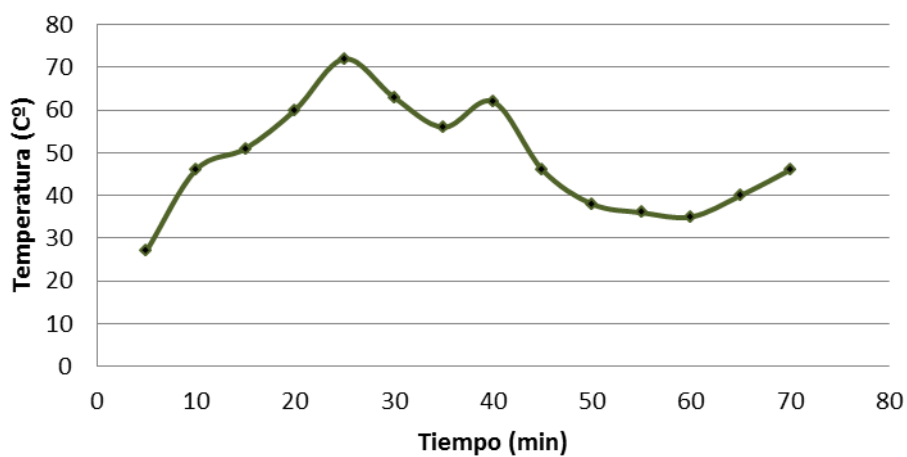
Temperaturas punto 1



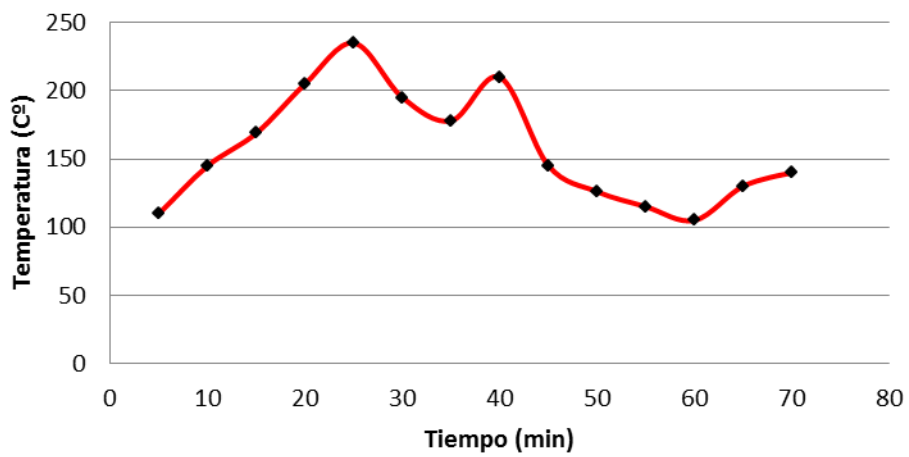
Temperaturas punto 2



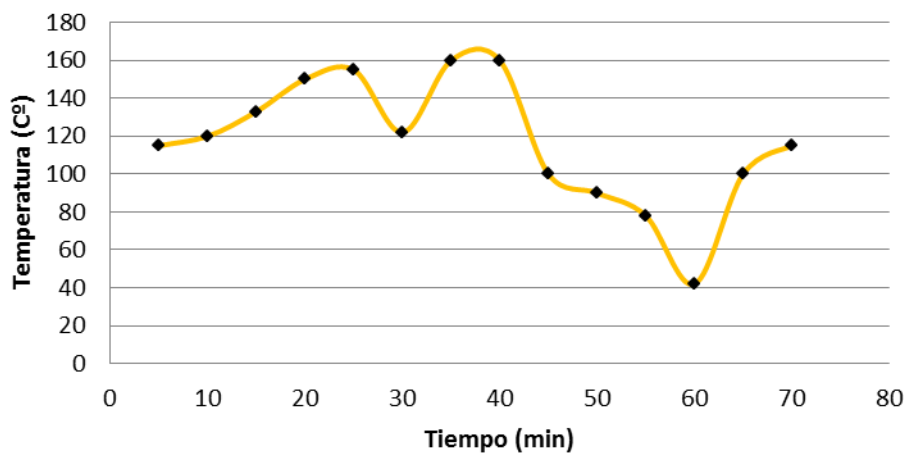
Temperaturas punto 3



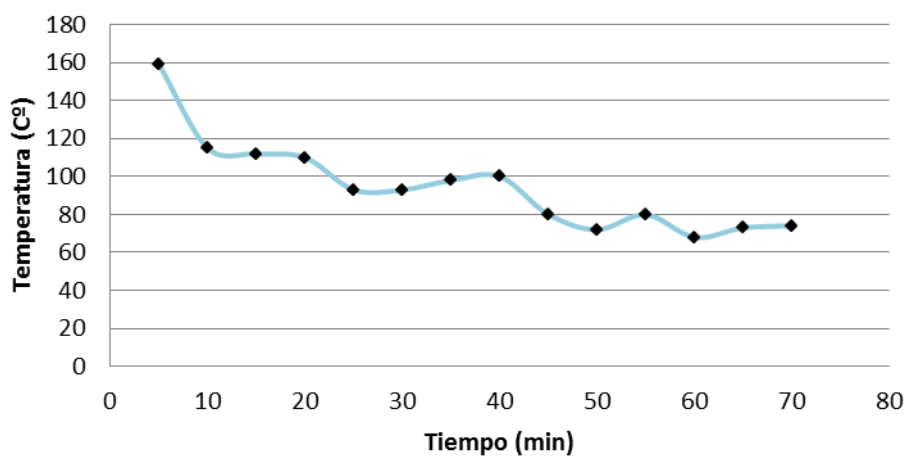
Temperaturas punto 4



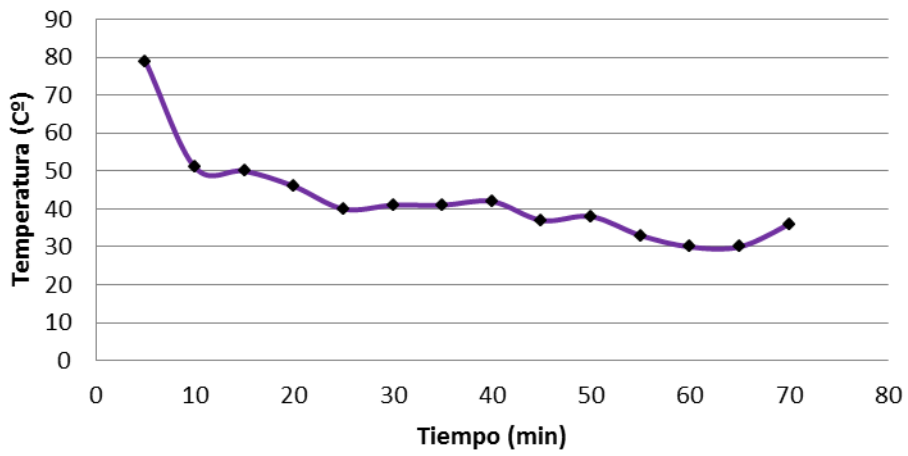
Temperaturas punto 5



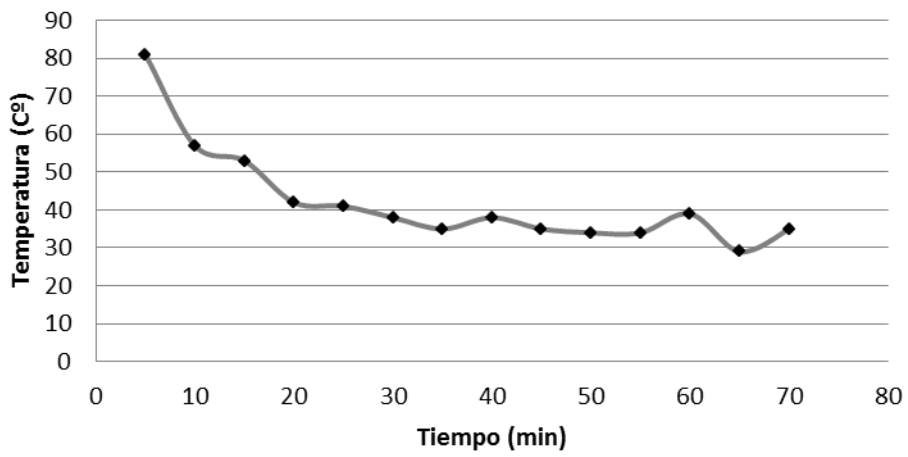
Temperaturas punto 6



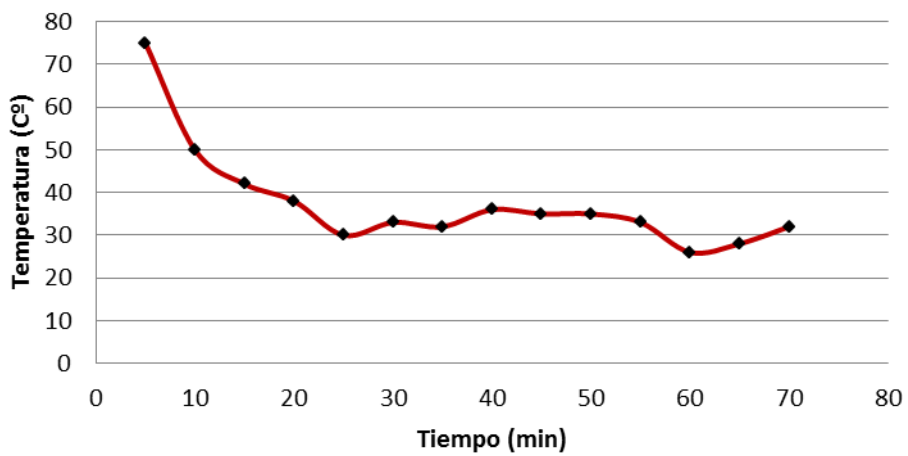
Temperaturas punto 7



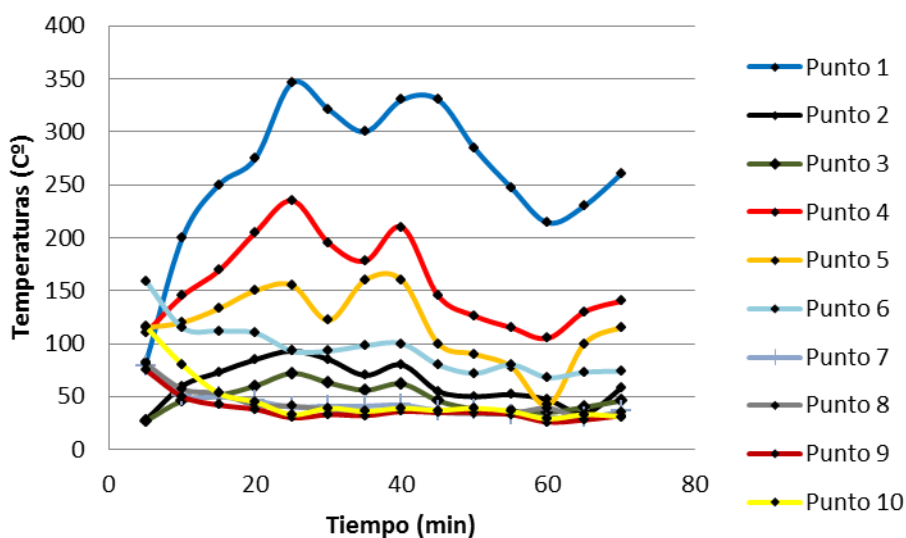
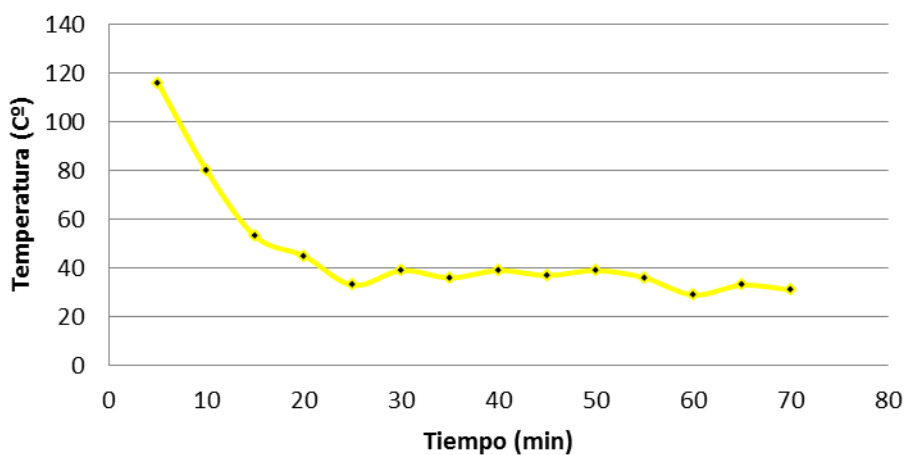
Temperaturas punto 8



Temperaturas punto 9



Temperaturas punto 10



11.8.14. Datos ensayo 13 (7-12 – 2010)

Modelo: Gasificador updraft con entrada de aire en zona de combustión mediante anillo y toberas.

Combustible: Madera.

Peso gasificador en vacío: 14 kg

Biomasa añadida:

Masa con 2 cubos = 7.04 kg

Masa de los dos cubos = 1.48 kg

Masa introducida = $7.04 - 1.48 = 5.56$ kg

Masa del gasificador al desenchufar = 15.1 kg

Masa cenizas con el cubo de pesado = 0.850 kg

Masa cubo de pesado = 0.355 kg

Masa de cenizas = $0.850 - 0.355 = 0.495$ kg

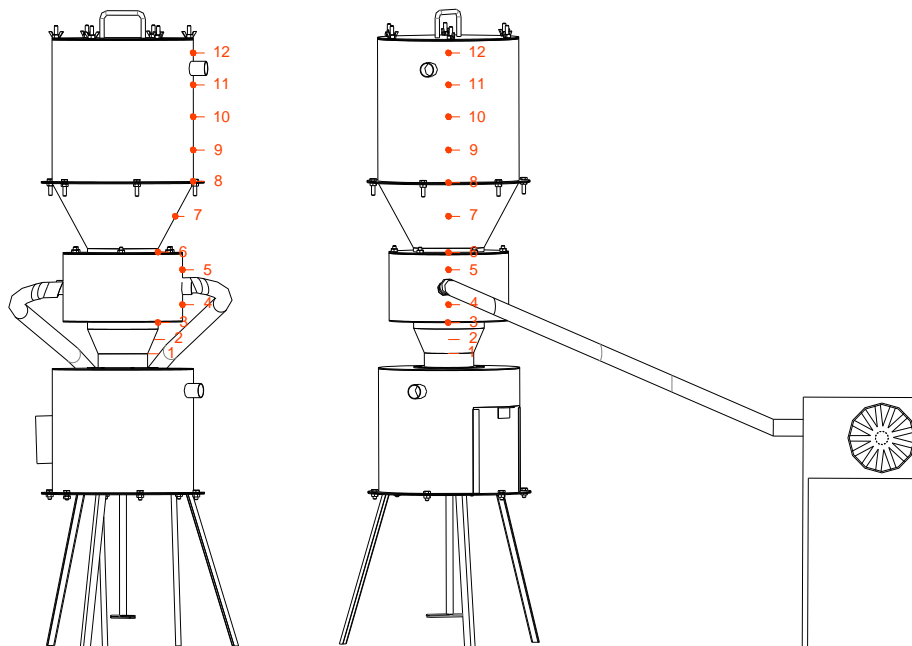
Biomasa sin consumir contenida en el gasificador en el apagado = $15.1 - 14 - 0.495 = 0.605$ kg

Biomasa consumida = $5.56 - 0.605 = 4.955$ kg

[129]

Tiempo de operación del gasificador = 1 hora 22 minutos 9 segundos = 4929 segundos
 Consumo = $4.955/4929 = 1.005274 \cdot 10^{-3}$ kg/segundo = 3.6189 kg/hora

Ilustración 70



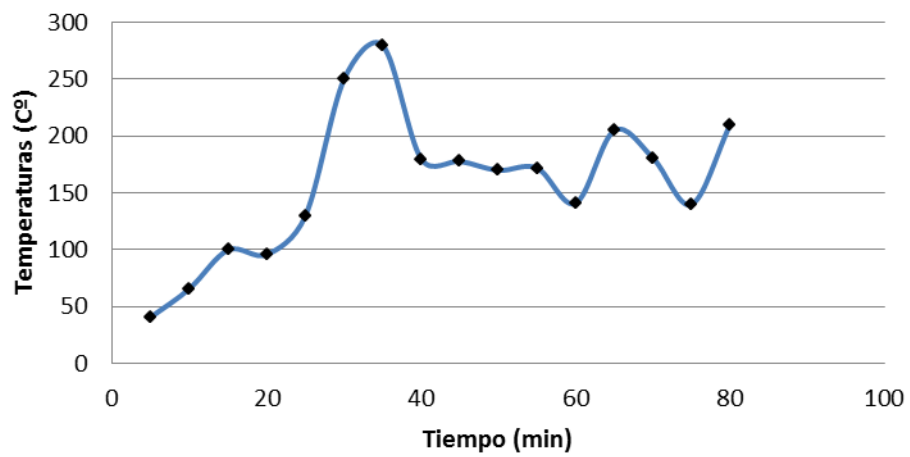
Puntos de toma de temperaturas en gasificador modelo 1.

Tabla 27

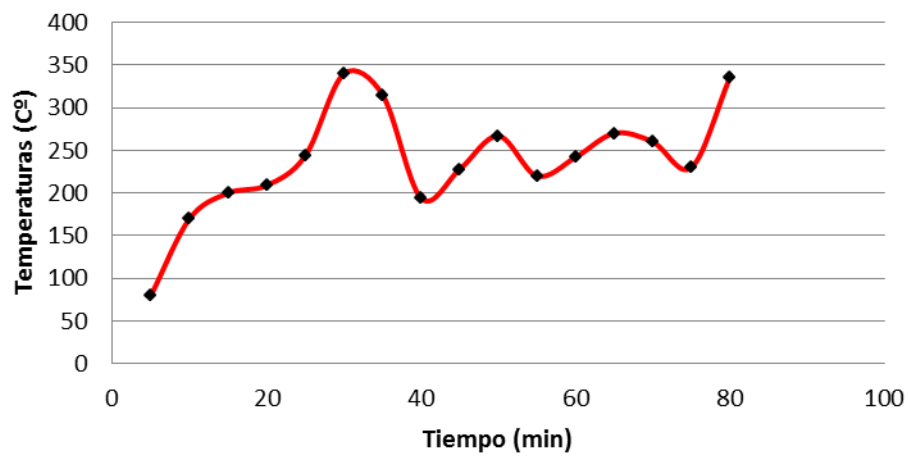
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	41	80	130	38	33	100	110	90	63	67	68	120
10	66	170	300	80	48	160	158	123	63	70	68	110
15	100	200	290	95	60	280	220	85	45	42	44	60
20	96	209	264	93	62	280	233	85	40	38	36	44
25	130	244	304	70	58	215	190	89	40	35	33	39
30	250	340	345	110	60	235	195	86	40	39	37	38
35	280	315	286	65	49	145	130	74	42	38	36	40
40	180	194	160	34	35	77	72	58	37	36	34	36
45	178	228	215	41	31	97	85	57	38	36	35	40
50	170	267	283	50	45	150	110	61	34	34	32	37
55	172	220	226	49	39	120	100	63	43	40	39	48
60	141	242	279	61	52	185	145	65	39	36	34	41
65	205	270	295	65	48	160	145	73	40	40	39	45
70	181	260	245	50	36	160	140	73	43	42	40	48
75	140	230	260	59	48	215	155	84	50	49	45	58
80	210	336	353	51	47	160	135	90	55	47	45	62

Fuente: propia.

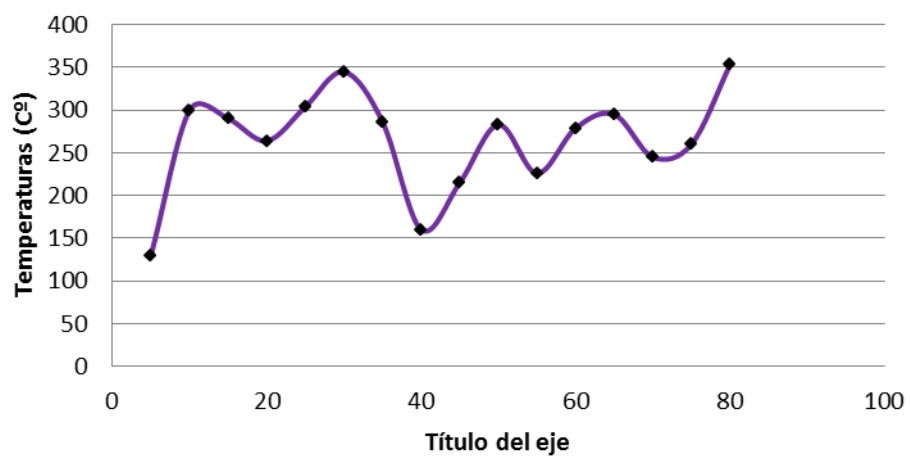
Temperaturas punto 1



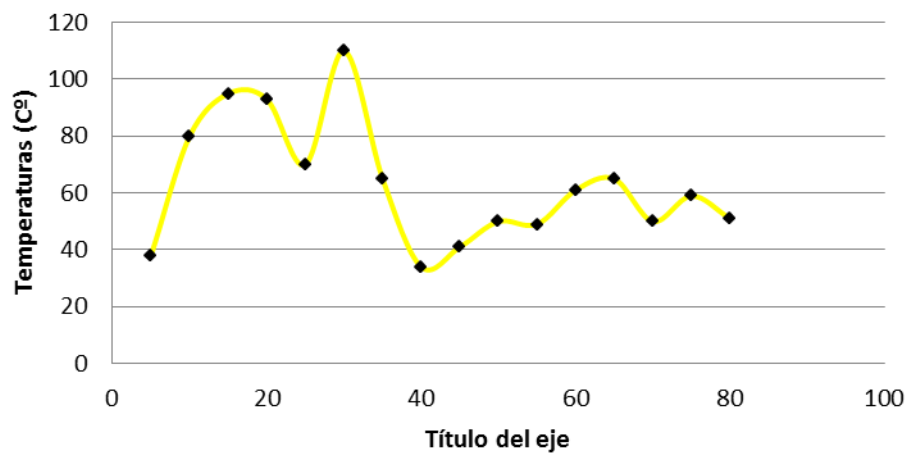
Temperaturas punto 2



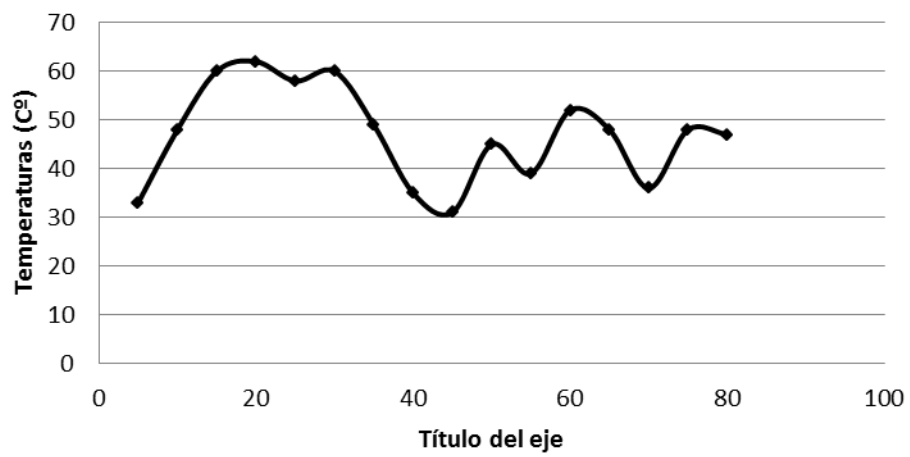
Temperaturas punto 3



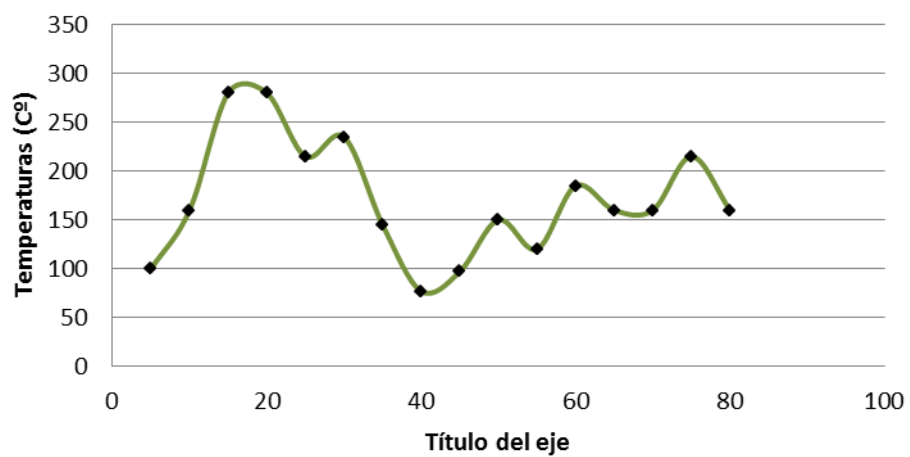
Temperaturas punto 4



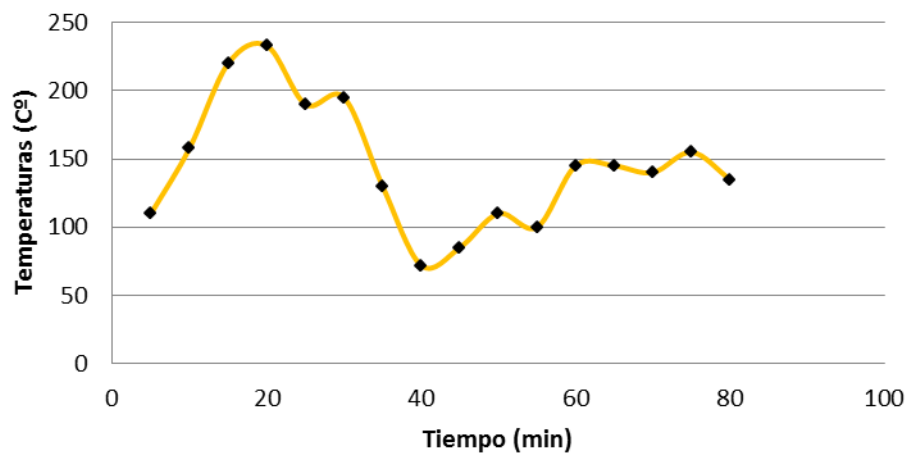
Temperaturas punto 5



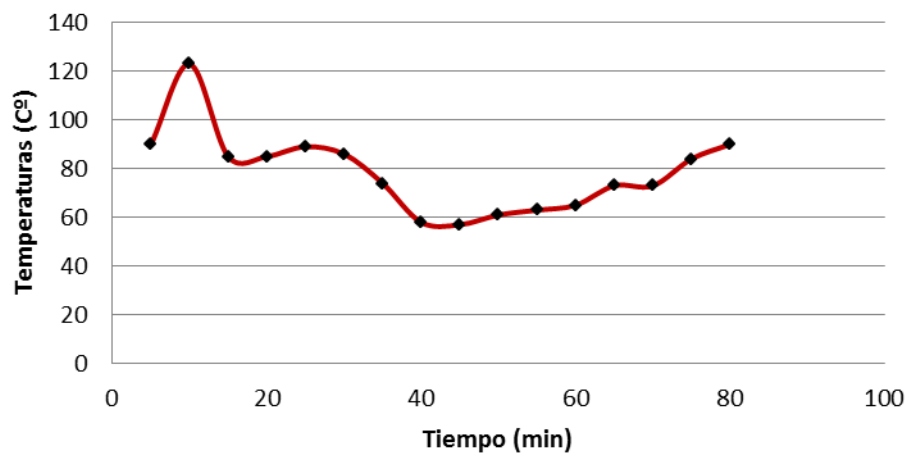
Temperaturas punto 6



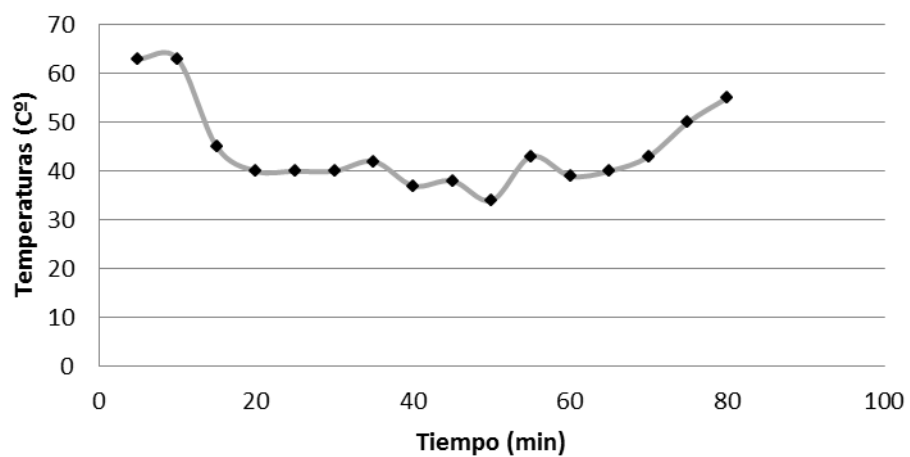
Temperaturas punto 7



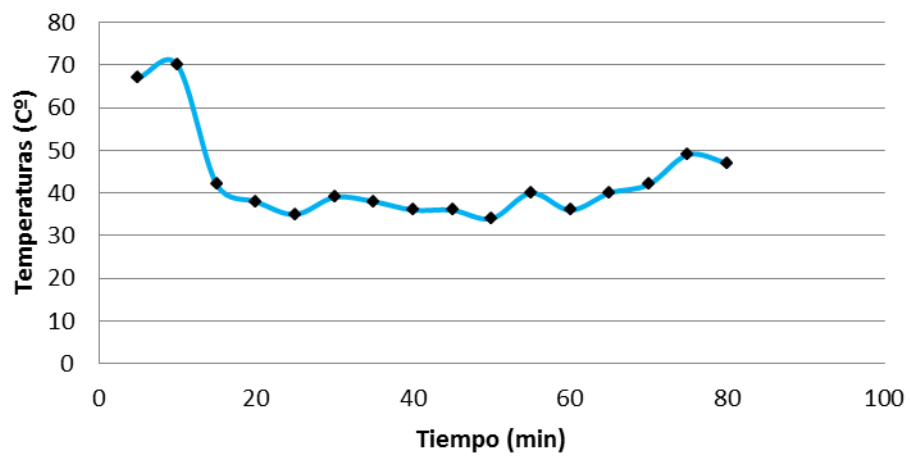
Temperaturas punto 8



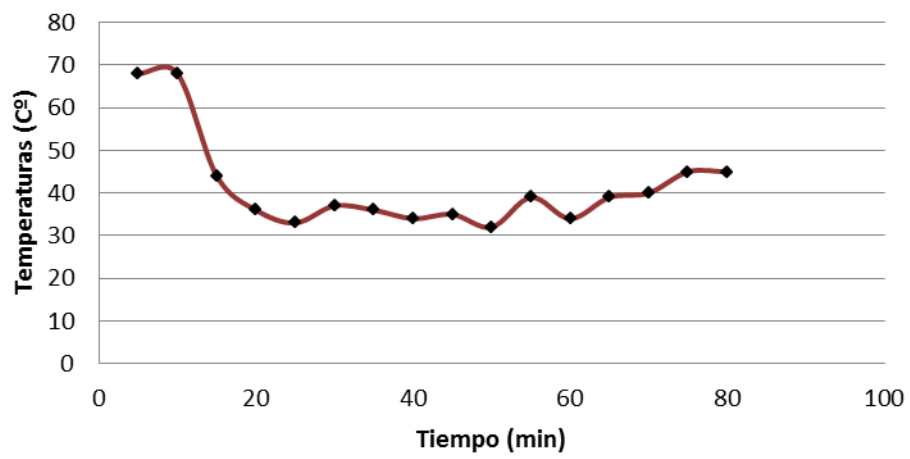
Temperaturas punto 9



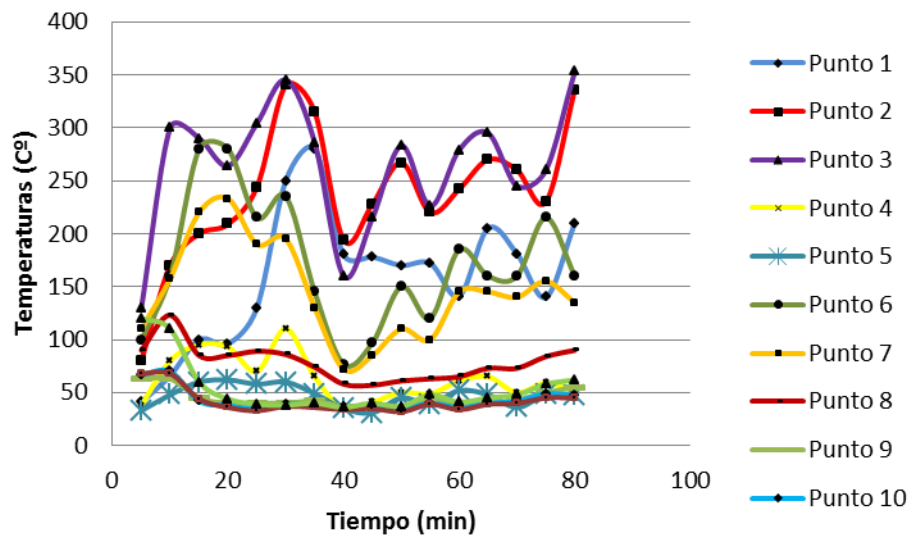
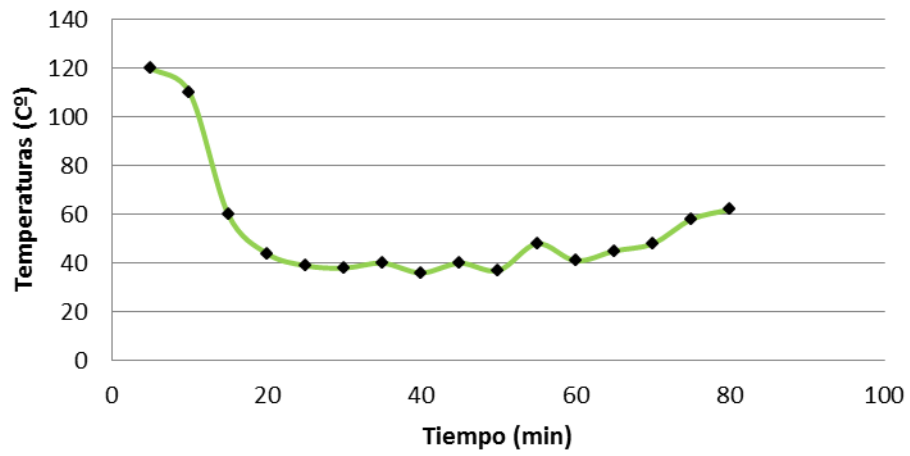
Temperaturas punto 10



Temperaturas punto 11

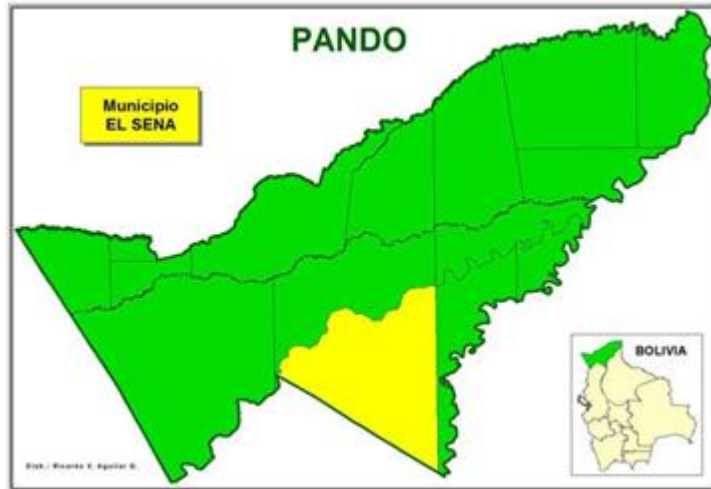


Temperaturas punto 12



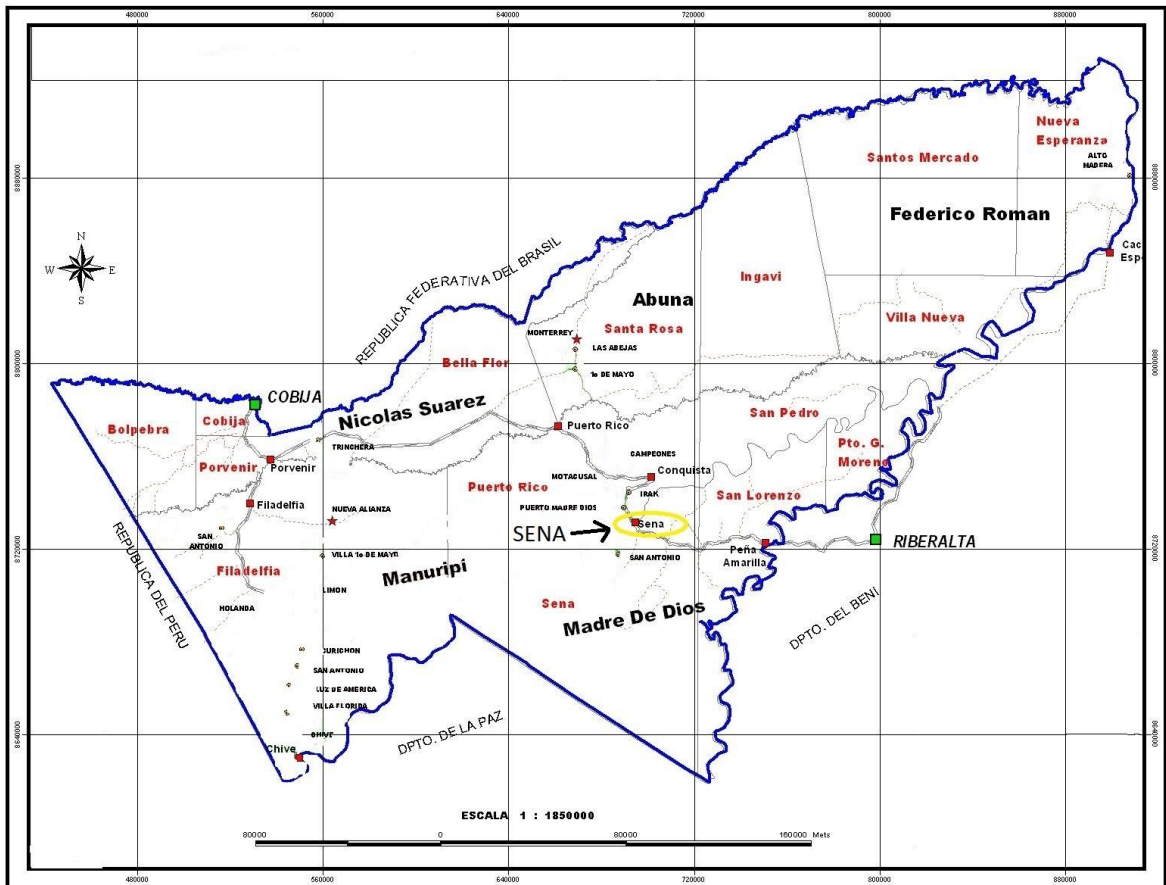
11.9. Mapas comunidad del Sena

Ilustración 71



Departamento de pando área en la que se sitúa la comunidad del Sena.

Ilustración 72



Departamento de pando, ubicación de la comunidad del Sena.

11.10. Encuestas realizadas en la comunidad del Sena.

Ilustración 73

ENCUESTA COMUNAL

Fecha de la Entrevista: Hora:

1. IDENTIFICACIÓN DEL ENTREVISTADO:

1.1. Nombre: Napoleon Antelo Nuñez

1.2. Dirección: Localidad "Sena"

1.3. Cargo dentro de la localidad y/o de la ORGANIZACION que representa a los consumidores: Alcalde Municipal

2. UBICACION Y DATOS DE POBLACION:

2.1. Departamento: PANDO Provincia: MADRE DE DIOS
Municipio: SENA Cantón(es):

2.2. Nombre de la(s) localidad(es): SENA

2.3. Distancia a la capital de sección: 3ª Sección prov. Madre de Dios

2.4. N° de Hab. en la(s) localidad(es): Varones: 2500 Mujeres: 2500 Niños Total
N° de Flias. en la(s) localidad(es): 350 400 familias

2.5. Grupo étnico predominante: Tocana

2.6. Idiomas o lenguas que habla la POBLACION: 1. Tocana 2. Castellano
3. 4.

1. ACTIVIDADES NOCTURNAS COMUNALES:

2.7. Patrón de asentamiento: Concentrado: Semidisperso: Disperso: CBA

2.8. Observaciones: Reuniones, Comunicación canal 7, local, Radio Petriá, Colegio

3. SISTEMA DE COMUNICACION:

3.1. Vías de acceso a la localidad:

- Terrestre:
Estado del camino: Bueno: Regular: Malo:
Observación:
- Fluvial:
Estacional: Puerto y Capitanía Permanente: Si
Observación:
- Aéreo:
Estacional: Pista de Aterrizaje Permanente: Si
Observación:

3.2. Medios de transporte: 1. Autos 2. Botes 3. otros:

Frecuencia del servicio al mes: 1. 2. 3. 4.

3.3. Medios de COMUNICACION: ENTEL: Si RADIO: 4 Radios
Otro(s):

4. ORGANIZACION:

4.1. ¿Qué tipo de ORGANIZACION representaría a los Consumidores?

4.1.1. Nombre de la ORGANIZACION: Comite Luz

4.1.2. Representante: Presidente Rene Gutierrez Mesa

4.1.3. Persona de contacto:

1.

Ilustración 74

4.1.4. ¿Cuenta con Personería Jurídica? No

4.2. Otras organizaciones existentes en la localidad:

ORGANIZACIONES	Productivas	Sociales	Comerciales
<u>OTB's.</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>Club de Madres</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>Sind. Mototaxistas.</u>			<input checked="" type="checkbox"/>
<u>"Arreneros, Comercio.</u>			<input checked="" type="checkbox"/>

5. SERVICIOS EXISTENTES EN LA LOCALIDAD:

5.1.1. Agua:

5.1.2. ¿De dónde obtienen agua para consumo humano? Manantial.

5.1.3. ¿Tienen un sistema de agua potable en la localidad? Sí: NO:

¿A cuántas Flias. Beneficia? 260-280

¿Se paga por el servicio? Sí: 1.2 (Bs. En promedio) NO:

5.1.4. ¿Cómo funciona el sistema de agua potable?:

- Por gravedad:

- Por bombeo: Tipo de bomba: Sumergible: Superficie:

- Potencia de la bomba: 16 HP (KW) Distancia del punto de provisión del agua: 300m

5.1.5. ¿Cómo es la distribución de agua potable en la localidad?

Grifo comunal: ¿Cuántos grifos?:

Grifos individuales: 5 ¿Cuántos grifos?: 1

5.2. Educación:

5.2.1. ¿Tienen escuela y/o colegio en la localidad?

- Sí: ¿Hasta qué nivel se da clases? Pre-Bas. No ¿Cuántos alumnos? > 700 CEA = 60Al.

- NO: ¿Dónde estudian y qué distancia recorren los niños o jóvenes para llegar a la escuela más cercana? No son del lugar.

5.2.2. ¿Tienen Centro Superior de Educación (Instituto Técnico) en la localidad? Sí: NO:

¿Qué áreas técnicas se enseñan?

En caso de que haber respondido "Sí" en las preguntas 5.2.1. o 5.2.2. Conteste a continuación las siguientes (5.2.3. a la 5.2.8.). En caso de haber respondido con un "No" pasar al inciso 5.3.

5.2.3. Escriba la escuela o colegio al que acuden los niños para educarse:

Nombre del establecimiento: UE Elvira Gutierrez N° Aulas: 16 N° Profesores: 16 N° Alumnos: 700

Central Sena Julia Becerra L. Naches

5.2.4. ¿Funciona la escuela o colegio regularmente? Sí: NO:

5.2.5. ¿En qué estado se encuentra la construcción? Buena: Regular: Mala:

5.2.6. ¿La escuela o colegio dispone de duchas? Sí: NO: ¿Cuántas duchas? 10

5.2.7. ¿La escuela o colegio dispone de iluminación? ¿De qué tipo? Fuerecentos con 2 sistemas.

5.2.8. ¿Los profesores viven dentro de la misma unidad educativa? Sí: NO:

5.3. Salud:

5.3.1. ¿Tienen posta sanitaria/hospital en la localidad? Sí: NO:

(Si la respuesta es afirmativa, proceda con las siguientes preguntas; sino pase a la pregunta 5.3.9.)

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO
C.S. Sena

N° DE CAMAS
9

PERSONAL DISPONIBLE
3 Med. 1 Lic. GAUX
Farm, Adm., 4 Tec. Moleriz
2 limpieza, 2 Chef

Ilustración 75

- 5.3.2. ¿Funciona la posta /hospital regularmente? Sí: NO:
- 5.3.3. ¿La atención es: ¿Diaria? ¿Semanal? ¿Mensual? ¿Otra?
- 5.3.4. ¿En qué estado se encuentra la construcción?: Buena: Regular: Mala:
- 5.3.5. ¿La posta/hospital dispone de duchas? Sí: NO: ¿Cuántas duchas? 7
- 5.3.6. ¿Con qué equipamiento cuenta?
- a) Cocina: A gas/ A leña/ Hornilla eléctrica/ Otro/
- b) Refrigerador para vacunas: A gas: 2 A kerosene: A electricidad: 3 Otro:
- c) Iluminación:
Lámpara: Mechero: Vela: Equipo generador: Otro:
¿Con qué fuente energética de suministro?
Diesel: Gasolina: Kerosene: Gas: Solar: Otro: Sistema Común
- d) Otros equipos que usan energía:
- 5.3.7. ¿Con cuánto personal cuenta el servicio de salud existente? 20
Especialidades:
- 5.3.8. ¿El personal vive dentro de la misma unidad de salud? Sí: NO: ¿Cuántos? 12
- 5.3.9. ¿Cuáles son las enfermedades que más afectan a los niños? Resp., Infecciones, Malaria
- 5.4. Vivienda:
5.4.1. Nº de viviendas en el área concentrada que podrán ser atendidas con el proyecto: 280
- 5.4.2. Describa las características de las viviendas más comunes de la localidad:

TECHO	PARED	PISO	Nº de Habitaciones
Paja	Madera	Tierra	2-3.
Calami	Mad-Lad	Piso-cem.	2-3.

5.4.3. ¿Qué porcentaje de Familias Migraron los últimos años? Reciben 15-12% (20%) 2010.

- 5.5. Alcantarillado:
5.5.1. ¿Cuenta con un sistema sanitario? Alcantarillado: No Pozo séptico: Letrinas: Otro:
- 5.5.2. ¿Si existe alcantarillado, cuántas conexiones hay?

PREGUNTAS TECNICAS

- 5.6. ENERGIA:
5.6.1. Energía eléctrica:
5.6.1.1. ¿Cuál es el objeto del Proyecto? (Responder en los incisos siguientes y en caso de ser afirmativa(s) la(s) respuesta(s) marcar, en la línea consecutiva, el ítem correspondiente).
- 5.6.1.1.1. Nuevo: Sí: NO: Distribución: Generación y Distribución:
Posibles fuentes energéticas de suministro: Diesel y Cascara de castaña
- 5.6.1.1.2. Rehabilitación: Sí: NO: Generación: Distribución:
Observación(es): Sistema de fuente
- 5.6.1.1.3. Expansión: Sí: NO: Generación: Distribución:
- 5.6.1.1.4. Sustitución de fuentes: Sí: NO:
- Generación actual: Diesel
Red: Trifásica y Monofásica (2 sistemas)
Motor propio: 4,5 h/día Potencia: 25 kW Gasto de combustible: 130 l/día.
Gasto de lubricante: 20 l/mes.
Otras fuentes: Sí: NO: Especificar:
- Generación alternativa:
- Observaciones:

Ilustración 76

Si la respuesta a los incisos 5.6.1.1.3. y 5.6.1.1.4. es "Sí": responder las siguientes preguntas, sino pasar directamente a la pregunta 5.6.1.6.

- 5.6.1.2. ¿Cuánto pagan actualmente por la ENERGIA eléctrica domiciliar en la localidad? (cada uno en promedio) Bs./mes *de acuerdo a iluminación instalada aprox 12 Bs*
- 5.6.1.3. ¿Existe una cooperativa o ASOCIACION de electrificación en la localidad? Sí: NO:
 ¿Cuántos socios tienen?
 Si es otro tipo de organización especificar: *Comite con Directiva*
- 5.6.1.4. ¿Tienen problemas por el uso de la iluminación existente en la localidad? *Varios*
- 5.6.1.5. ¿En qué usos comunales se emplea la ENERGIA eléctrica?
 Iluminación pública: *si* ¿Cuántos puntos? *200*
 Molinos:
 Otros usos: *Algunos casos de soldaduras, Una maderera con gen. prop.*
- 5.6.2.1. ¿La localidad cuenta con algún estudio previo para el proyecto? Sí: NO:
 En qué estado: Perfil mínimo: Prefactibilidad: Factibilidad:
 Diseño final: Ejecución: *(ENDE)*
- 5.6.1.7. ¿Hay alguna localidad cercana que está electrificada? Sí: NO:
 ¿Cuál es la localidad que está electrificada? *Gonzalo Moreno*
 ¿Con qué fuente energética de suministro? *Red Electrica RIBERALTA*
- 5.6.1.8. ¿Distancia a la red más cercana? *170 km*
- 5.6.1.9. ¿Han desarrollado alguna(s) gestión(es) para lograr un suministro de ENERGIA, cuál(es)? *Por el momento no se elabora una solicitud a la gobernación de Pando*
- 5.6.2 Cocción:
- 5.6.2.1. ¿Con qué combustible cocinan mayormente en la localidad?

a)	b)	c)	d)
COMBUSTIBLE	¿De donde lo obtienen?	¿Cuánto Cuesta?	Medidas locales
Gas (GLP) <input checked="" type="checkbox"/>	<i>Compra</i>	<i>50-60 Bs</i>	
Kerosene ()			
Leña <input checked="" type="checkbox"/>	<i>Recolección</i>	<i>2 veces/sem.</i>	
Estiércol ()			
Otro(s)..... ()			

5.7 COBERTURA DE ENEGÍA ELECTRICA EN EL MUNICIPIO

- 5.7.1. ¿Cuál es la demanda actual en el Municipio? *300 kw. Aproximadamente*
- 5.7.2. ¿Cantidad de usuarios conectados? *260-280* Usuarios.
- 5.7.3. ¿Tienen un esquema de la ubicación de los usuarios generales?

Ilustración 77

PRODUCCION Y TRANSFORMACION:

Producción agrícola:

6.1.1. ¿Cuál es la principal producción del sector o cuales son los principales cultivos de la localidad?

CULTIVOS	RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS O PRODUCCION			CAUSAS
	R. Bueno	R. Regular	R. Bajo	
1. <i>Castaña</i> <input checked="" type="checkbox"/>
2. <i>Ajoro</i> <input checked="" type="checkbox"/>
3. <i>Yuca</i> <input checked="" type="checkbox"/>
4. <i>Platano</i> <input checked="" type="checkbox"/>
5. <i>Chocolote, Cocos</i> <input checked="" type="checkbox"/>

6.1.2. ¿Cual es el destino final de su producción? *Venta*.....
 Autoconsumo
 Venta

6.1.3. Ubicación de la zonas de producción: *Cercz. de la comunidad,*.....
Caso de castaña monte adentro.....

6.2. Producción pecuaria:

6.2.1. Tenencia de animales domésticos y destino de la producción:

ANIMALES	USOS	PRECIO UNITARIO (expresado en.....)
1. <i>Chencho</i> <i>Consumo</i>
2. <i>Pato</i> <i>!!</i>
3. <i>Galinas</i> <i>!!</i>
4. <i>Cerdo</i> <i>!!</i>

6.3 Medios de producción:

6.3.1. ¿Cómo trabajan la tierra generalmente? manualmente: tractor:

6.3.2. ¿Tienen sistema de riego en la localidad? Si:..... NO: N° de sistemas:

6.3.3. ¿Cómo es el sistema de riego?

a) Por gravedad:

b) Por bombeo:

b.1. Fuente de ENERGIA:.....

b.2. Tipo de bomba: Sumergible: Superficie:

b.3. Potencia de la bomba: (KW).

6.3.4. Distancia del punto de provisión del agua:

6.3.5. ¿Cómo es el sistema de conducción del agua? Tubería:.....

Canal de: Tierra:..... Piedra:..... Cemento:..... Otro:.....

6.3.6. ¿En qué estado se encuentra? Bueno:..... Regular:..... Malo:.....

6.4. Entidades productivas:

6.4.1. ¿En la localidad qué otras actividades productivas realizan y/o qué productos transforman para consumo residencial?

6.4.2. Actividades que se desarrollan en talleres: *Municipales, IFAE, SIFCA, Agroforesteria*.....

Ilustración 78

7. COMERCIO E INTERCAMBIO:

7.1. ¿La localidad cuenta con una Feria para comercializar sus productos?

SI: ¿Con qué frecuencia se realiza la Feria?: ¿semanal? ¿mensual?..... ¿Otro? *Anual*.

NO: ¿Dónde comercializan los productos de la localidad?.....

¿Qué Días?..... ¿Distancia?.....

8. CRITERIOS:

8.1. ¿A Ud. le parece que la localidad está creciendo y mejorando, cómo y por qué? (Parámetros: número de viviendas, extensión de cultivos, presencia de servicios, nuevos rubros de producción, ritmo: rápidamente, lentamente, estacionario, etc.):

Mejoramiento en crecimiento, deficiencia en atención de servicios por falta de un sistema con la capacidad adecuada.

8.2. Mencione las principales necesidades de su localidad, en orden de importancia:

1.- *Electricidad* 4.- *Sistema de comunicación*

2.- *Agua potable* 5.-

3.- *Aire acondicionado* 6.-

8.3. Mencione las principales potencialidades con que cuenta la localidad:

1.- *Productos: Castaña, Canna, Madera*

2.- *Legos, Pinos, Pesca, Turismo*

3.-

8.4. ¿Qué nuevas áreas de producción/transacción se pueden vislumbrar para la localidad?

1.- *Pesca, Turismo* 4.-

2.-

3.-

9. OBSERVACIONES GENERALES:

9.1. ¿Están llevando a cabo otros proyectos no eléctricos en este momento? SI:..... NO:

¿Cuáles?.....

¿Con quién(es)?.....

9.2. Otras observaciones:.....

10. COMO PERCIBEN LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO:

Energía alternativa

Disponibilidad de las autoridades

Participación Comunitaria

ENCUESTADOR: *Ing. Edward C. Solís L.* *[Firma]*

11.11. Cálculo del potencial biomásico

Calculo de residuo biomásico procedente de maderera Minero Pando.

$$700 \text{ mil pie}^2/\text{año} = 65030 \text{ m}^2/\text{año} = 58.527.000 \text{ kg/año} = 160347.9452 \text{ Kg/día}$$

De este es aprovechado el 50%, por lo tanto tendríamos de $160347,94/2 = 80.173,97$ Kg/día = 80,17 Tm/día.

En cuanto a la cantidad de material biomásico procedente de la actividad castañera tenemos el dato de unas exportaciones de 5.000 Tm por parte de EBA planteadas para esta planta.

Conocemos el dato de rendimiento del proceso. Por cada 60 kg de castaña se obtiene 25 kg de producto final. Según esta regla de 3 tendremos una entrada de materia prima en la planta de:

$$(5000000 \cdot 60) / 25 = 12.000.000 \text{ Kg de castaña entran en la planta.}$$

De esta cantidad sale como producto aprovechable 5.000.000 kg, por lo tanto la diferencia entre ambas supone la cantidad de producto biomásico rechazado.

$$12.000.000 - 5.000.000 = 7.000.000 \text{ kg de biomasa generados en el periodo de un año}$$

$$\text{Este supone } 19.178.082 \text{ kg/día} = 19,17 \text{ Tm/día}$$

Hemos de tener en cuenta también la posibilidad de recoger los cocos que en el actual proceso de cosecha quedan en el propio campo. Estos son abiertos y tirados después de extraer el fruto. Quizás se podrían transportar una vez abierto o incluso no abrirlos en campo y realizar todo el proceso en la beneficiadora.

De los ensayos y cálculos realizados con las muestras de castaña tenemos el siguiente dato.

Tabla 28

Corteza del coco	17.56 %
coco	51.66 %
Cáscara castaña	16.13 %
Castaña	13.16 %

Fuente: propia.

La corteza del coco y el propio coco suponen un $17,56 + 51,66 = 69,22$ % de la masa total. Por lo tanto esta es una gran fuente de biomasa con la única dificultad del transporte. Pero que modificando el proceso de recolección podría ser cubierto sin mayores dificultades.

Las 5.000 Tm de castaña exportada corresponden al 13.16 %. Por lo tanto el 69,22 % será 26.299,3921 Toneladas en el periodo de un año.

Biomasa procedente de los cocos y su cascara: 72,053 Tm/día.

En este caso tendríamos una disponibilidad diaria de biomasa procedente de la actividad castañera de $19,17 + 72,053 = 91,2231$ Tm/ día.

11.12. Cálculos demanda actual y futura de la comunidad del Sena

- Consumo viviendas:

Tabla 29

Equipo	Cantidad	Tiempo (horas)	Potencia (W)	Consumo diario (KWh)
Foco	3	7	15	0,315
Cargador móvil	1	1	2	0,002
Televisión	1	2	60	0,12
Equipo de música	1	2	40	0,08
Radio	1	2	10	0,02
Video/DVD	1	1	25	0,025

Fuente: propia.

Consumo focos: $3 \cdot 4 \cdot 15 = 315 \text{ Wh} = 0,315 \text{ KWh}$

Consumo cargador móvil: $1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ Wh} = 0,002 \text{ KWh}$

Televisión: $1 \cdot 2 \cdot 60 = 120 \text{ Wh} = 0,12 \text{ KWh}$

Equipo de música: $1 \cdot 2 \cdot 40 = 80 \text{ Wh} = 0,08 \text{ KWh}$

Radio: $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20 \text{ Wh} = 0,02 \text{ KWh}$

Video/DVD: $1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ Wh} = 0,025 \text{ KWh}$

Nevera eficiente: 0,14 kwh/día. El cálculo se realiza con una pequeña nevera ofertada por la empresa Sol De Hogar modelo N- 115 de 106 litros de capacidad y un consumo muy bajo.

Si sumamos todos los consumos obtenemos el consumo de una vivienda en un día:

Consumo vivienda día = $0,315 + 0,002 + 0,12 + 0,08 + 0,02 + 0,025 + 0,14 = 0,702 \text{ KWh/día}$

Si tenemos en cuenta que en la comunidad existen 500 viviendas, el consumo por todas ellas será:

Consumo total de viviendas día = $0,702 \cdot 500 = 351 \text{ KWh/día}$

- Consumo centros educativos:

Tabla 30

Equipo	Cantidad	Tiempo (horas)	Potencia (W)	Consumo diario (KWh)
Fluorescentes	56	8	20	8,96
Focos duchas	10	1	15	0,15
Focos baños	8	1	15	0,12
Fluorescentes	3	8	20	0,48
Focos	2	2	15	0,06

Fuente: propia.

Consumo fluorescentes aulas: $56 \cdot 4 \cdot 20 = 8960 \text{ Wh} = 8,96 \text{ KWh}$

Consumo focos duchas: $10 \cdot 1 \cdot 15 = 150 \text{ Wh} = 0,15 \text{ KWh}$

Consumo focos baños: $8 \cdot 1 \cdot 15 = 120 \text{ Wh} = 0,12 \text{ KWh}$

Consumo fluorescentes despacho de profesores: $3 \cdot 8 \cdot 20 = 480 \text{ Wh} = 0,48 \text{ KWh}$

Consumo focos zona común: $2 \cdot 2 \cdot 15 = 60 \text{ Wh} = 0,06 \text{ KWh}$

El consumo diario en los centros educativos será:

Consumo diario en los centros educativos: $8,96 + 0,15 + 0,12 + 0,48 + 0,06 = 9,77$
KWh/día

- Consumo Alcaldía Municipal del Sena:

Tabla 31

Equipo	Cantidad	Tiempo (horas)	Potencia (W)	Consumo diario (KWh)
Fluorescentes	12	8	20	1,92
Fluorescentes	8	1	20	0,16
Focos	4	3	15	0,18

Fuente: propia.

Consumo fluorescentes despachos: $12 \cdot 8 \cdot 20 = 1920 \text{ Wh} = 1,92 \text{ KWh}$

Consumo fluorescentes zona de actividades y reuniones: $8 \cdot 1 \cdot 20 = 160 \text{ Wh} = 0,16 \text{ KWh}$

Consumo focos en los baños: $4 \cdot 3 \cdot 15 = 180 \text{ Wh} = 0,18 \text{ KWh}$

Consumo diario en la alcaldía: $1,92 + 0,16 + 0,18 = 2,26 \text{ KWh/día}$

- Consumo iluminación pública:

Para horario de invierno

Tabla 32

Numero de farolas	Tiempo (horas)	Potencia farola (w)	Consumo diario (KWh)
200	4	35	28
100	1,5	35	5,25
50	5	35	8,75
100	1,5	35	5,25

Fuente: propia.

Consumo de 18:30 a 22:30: $200 \cdot 4 \cdot 35 = 28000 \text{ Wh} = 28 \text{ KWh}$

Consumo de 22:30 a 24:00: $100 \cdot 1,5 \cdot 35 = 5250 \text{ Wh} = 5,25 \text{ KWh}$

Consumo de 24:00 a 5:00: $50 \cdot 5 \cdot 35 = 8750 \text{ Wh} = 8,75 \text{ KWh}$

Consumo de 5:00 a 6:30: $100 \cdot 1,5 \cdot 35 = 5250 \text{ Wh} = 5,25 \text{ KWh}$

Consumo de la iluminación pública en un día de invierno: $28 + 5,25 + 8,75 + 5,25 = 47,25$
KWh/día

Para horario de verano:

Tabla 33

Numero de farolas	Tiempo (horas)	Potencia farola (w)	Consumo diario (KWh)
200	3,5	35	24,5
100	1,5	35	5,25
50	5	35	8,75
100	1	35	3,5

Fuente: propia.

Consumo de 18:30 a 22:30: $200 \cdot 3,5 \cdot 35 = 24500 \text{ Wh} = 24,5 \text{ KWh}$

Consumo de 22:30 a 24:00: $100 \cdot 1,5 \cdot 35 = 5250 \text{ Wh} = 5,25 \text{ KWh}$

Consumo de 24:00 a 5:00: $50 \cdot 5 \cdot 35 = 8750 \text{ Wh} = 8,75 \text{ KWh}$

Consumo de 5:00 a 6:30: $100 \cdot 1 \cdot 35 = 3500 \text{ Wh} = 3,5 \text{ KWh}$

Consumo de la iluminación pública en un día de invierno: $28 + 5,25 + 8,75 + 5,25 = 47,25$
KWh/día

Por lo tanto suponiendo medio año verano y medio invierno la media de consumo diario por el alumbrado público será: $(47,25 + 42)/2 = 44,62 \text{ KWh/día}$

- Consumo centro sanitario:

Tabla 34

Equipo	Cantidad	Tiempo (horas)	Potencia (W)	Consumo diario (KWh)
Focos habitaciones	9	10	15	1,35
Fluorescentes sala de partos	4	2	20	0,16
Fluorescentes sala internación	3	10	20	0,6
Farmacia	4	10	15	0,6
Espacios comunes focos	7	9	15	0,945
Foco recepción	1	10	15	0,15
Nevera vacunas	1	24		0,38
Focos residencia Médicos	8	4	15	0,48
Ordenador portátil	2	3	50	0,3
Focos duchas	7	1	15	0,103
Focos baños	5	4	15	0,3
Calentadores duchas	7	2	2000	28

Fuente: propia.

Consumo focos habitaciones: $9 \cdot 10 \cdot 15 = 1350 \text{ Wh} = 1,35 \text{ KWh}$

Consumo fluorescentes sala de partos: $4 \cdot 2 \cdot 20 = 160 \text{ Wh} = 0,16 \text{ KWh}$

Consumo fluorescentes sala de internación $3 \cdot 10 \cdot 20 = 600 \text{ Wh} = 0,6 \text{ KWh}$

Consumo farmacia: $4 \cdot 10 \cdot 15 = 600 \text{ Wh} = 0,6 \text{ KWh}$

Consumo focos espacios comunes: $7 \cdot 9 \cdot 15 = 945 \text{ Wh} = 0,945 \text{ KWh}$

Consumo foco recepción: $1 \cdot 10 \cdot 15 = 150 \text{ Wh} = 0,15 \text{ KWh}$

Consumo nevera vacunas: 0,38 KWh. El cálculo se ha realizado para una nevera Siemens de eficiencia A+++ modelo KG39EAI40.

Consumo focos residencia médicos: $8 \cdot 4 \cdot 15 = 480 \text{ Wh} = 0,48 \text{ KWh}$

Consumo ordenadores portátiles: $2 \cdot 3 \cdot 50 = 300 \text{ Wh} = 0,3 \text{ KWh}$

Consumo focos duchas: $7 \cdot 1 \cdot 15 = 105 \text{ Wh} = 0,103 \text{ KWh}$

Consumo focos baños: $5 \cdot 4 \cdot 15 = 300 \text{ Wh} = 0,3 \text{ KWh}$

Calentadores duchas: $7 \cdot 2 \cdot 2000 = 28.000 \text{ Wh} = 28 \text{ KWh}$

Consumo diario del centro de salud: $1,35 + 0,16 + 0,6 + 0,6 + 0,945 + 0,15 + 0,38 + 0,48 + 0,3 + 0,103 + 0,3 + 28 = 33.368 \text{ Wh} = 33,368 \text{ KWh/día}$

- Bombeo de agua potable.

A la energía demandada actualmente por la comunidad le podríamos agregar la consumida por la bomba encargada del bombeo de agua potable para el consumo. Esta es una bomba de bajo consumo y alta potencia de 736 W, capaz de bombear 11800 litros/h y 3 metros de altura. Consideramos un funcionamiento de las 24 horas al día para el llenado del depósito. 60 litros por persona y día, teniendo en cuenta la existencia de 2500 personas

supone un total de 150.000 litros a bombear. Esta agua será bombeada en un total de 12,71 horas de funcionamiento de la bomba.

Consumo bomba: $13 \cdot 736 = 9,568 \text{ KWh /día}$

- Iglesia:

Tabla 35

Equipo	Cantidad	Tiempo (horas)	Potencia (W)	Consumo diario (KWh)
Fluorescentes sala	4	7	20	0,56
Focos sacristía	2	7	15	0,21

Fuente: propia.

Fluorescentes sala principal: $4 \cdot 7 \cdot 20 = 560 \text{ Wh} = 0,56 \text{ KWh}$

Focos sacristía: $2 \cdot 7 \cdot 15 = 210 \text{ Wh} = 0,21 \text{ KWh}$

Consumo iglesia: $0,56 + 0,21 = 0,77 \text{ KWh/día}$

- Tiendas:

Tabla 36

Equipo	Cantidad	Tiempo (horas)	Potencia (W)	Consumo diario (KWh)
Focos	45	12	15	8,1
Neveras	10	24	140	33,66

Fuente: propia.

Consumo focos: $45 \cdot 12 \cdot 15 = 8.100 \text{ Wh} = 8,1 \text{ KWh}$

Consumo neveras: $1,4 \cdot 24 = 33,6 \text{ KWh}$

Consumo diario tiendas: $8,1 + 33,6 = 41,7 \text{ KWh/día.}$

Por lo tanto la demanda actual diaria es la suma de cada uno de los consumos diarios:

Demanda diaria: $351 + 9,77 + 2,26 + 44,62 + 33,368 + 9,568 + 0,77 + 41,7 = 493,056 \text{ KWh/día}$

Demanda anual: $493,056 \cdot 365 = 179.965,44 \text{ KWh/año}$

Para el cálculo de la demanda futura hemos de tener en cuenta la previsión de crecimiento de la población con un plan de construcción de 100 viviendas en un periodo de 6 meses.

El consumo diario por vivienda: $0,702 \text{ KWh/día}$

Por lo tanto multiplicando este dato por el número de nuevas viviendas obtendremos el aumento proporcional al crecimiento poblacional.

Demanda diaria nuevas viviendas: $0,702 \cdot 100 = 70,2 \text{ KWh/día}$

A estos le hemos de sumar la aparición de la industria maderera Minero Pando con una demanda de 250 KW y la nueva demanda creada por EBA de aproximadamente 216 KW. Pero, sin embargo a efectos de cálculo no se tendrán en cuenta al contar estas empresas con sistemas de generación eléctrica propias.

En estas empresas se prevé un periodo de funcionamiento diario de 12 horas.

Consumo industria maderera Minero Pando = $250 \cdot 12 = 3000 \text{ KWh/día}$

Consumo empresa EBA: $216 \cdot 12 = 2592$ KWh/día

Por lo tanto estas empresas se autoabastecerán y el aumento en la demanda se debe exclusivamente al aumento de la población, es decir, el número de viviendas.

Aumento en la demanda: 70,2 KWh/día

Este aumento sumado a la demanda actual supone:

Demanda diaria futura: $493,056 + 70,2 = 563,256$ KWh/día

Demanda futura: $520,786 \cdot 365 = \mathbf{205.588,44}$ KWh/año

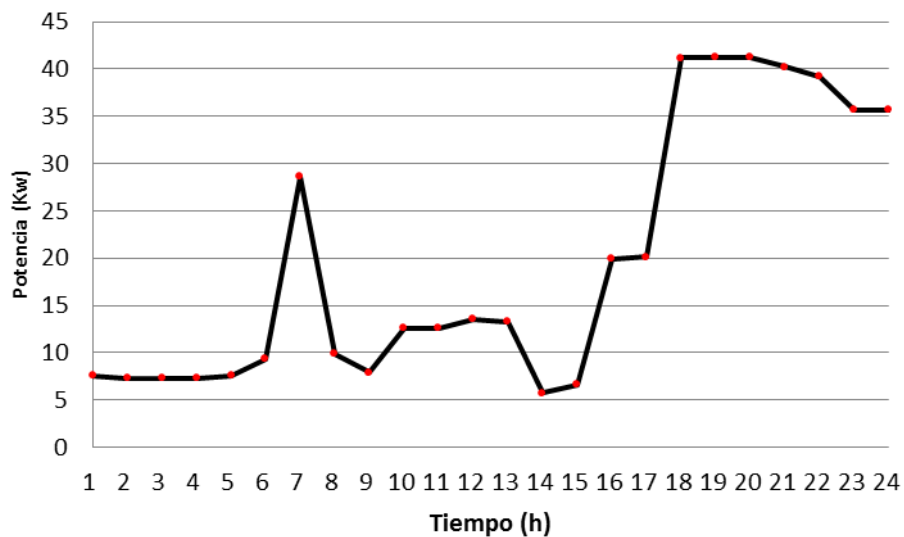
11.13. Cálculo de potencia requerida.

Anteriormente hemos calculado la demanda de consumo energético. Esta demanda es requerida por una gran cantidad de equipos que no funcionan durante todo el tiempo. Por lo tanto, para conocer la potencia máxima requerida hemos de predecir el momento del día en el que se vaya a demandar una mayor potencia. Este punto máximo en la potencia coincidirá con el de mayor consumo.

La potencia requerida por la industria maderera y la procesadora de castaña no se tendrá en cuenta a efectos de cálculo, ya que estas han de contar con un sistema propio de generación eléctrica.

Se hace una previsión de la potencia requerida a lo largo de las horas del día. Como es costumbre en este tipo de sistemas aislados se ha de concienciar a los usuarios de la utilización de los equipos de entretenimiento como televisores o radios en los momentos de menor consumo.

De acuerdo a los cálculos realizados la curva de carga de la comunidad del Sena es la siguiente.



Con una potencia máxima de **41,23 KW** alcanzada a las 19 y 20 h.

Se presenta a continuación la demanda de potencia a lo largo de las 24 h del día, a partir de la cual se ha trazado la curva de carga.

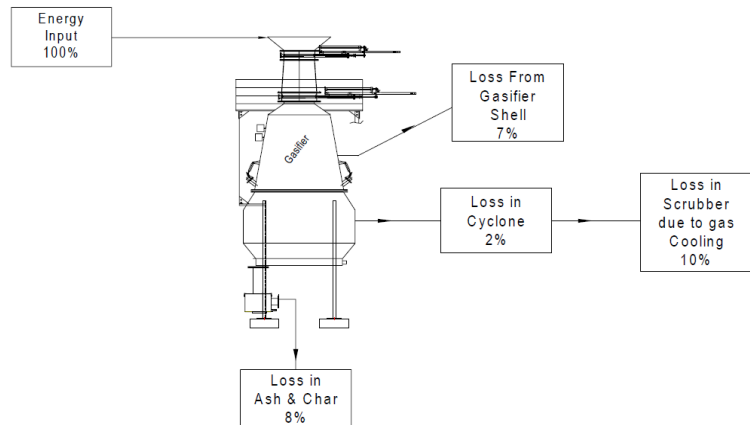
Tabla 37

Uso final de la Energía en:	Nº pts. O Usuarios	P. unit Inst W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Alum. Público:	200	35																								
	100	35																								
	50	35	1,75	1,75	1,75	1,75																				
	100	35					3,5																			
Cat. Residencial (....):																										
Focos	1800	15																								
Radio	198	10						1,98	1,98																	
Televisión	120	60								7,2	7,2															
Video/DVD	50	25									1,25															
Equipo de música	120	40							4,8	4,8																
Cargador de movil	60	2											0,12	0,12												
Refrigerador	80	140	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37
Cat. General (....):																										
Hospital																										
Focos habitaciones	9	15	0,135			0,135	0,135													0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135
Fluorescentes	6	20	0,12			0,12	0,12													0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Focos residencia medicos	8	15							0,06	0,06	0,06	0,06								0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Focos farmacia	4	15																								
Ordenador portatil	2	50							0,1	0,1	0,1															
Focos duchas	7	15																		0,105	0,105					
Calentadores duchas	7	2000																		14	14					
Focos baños	5	15																								
Refrigerador vacunas	1	48	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
Aldaldía																										
Fluorescentes despachos	12	20							0,24	0,24	0,24	0,24	0,24							0,24	0,24	0,24				
Fluorescentes	8	20																								
Focos sala de actividades	4	15										0,06	0,06													0,16
Centros educativos																										
Fluorescentes	59	20																								
Focos baños	8	15							1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	0,144												
Focos duchas	10	15							0,15																	
Calentadores duchas	10	2000							20																	
Focos zona comun	2	15																		0,03	0,03					
Iglesia																										
Fluorescentes sala	4	20							0,08	0,08	0,08									0,08	0,08	0,08				
Focos sacristía	2	15							0,03	0,03	0,03									0,03	0,03	0,03				
Tiendas																										
Focos	45	15							0,675	0,675	0,675	0,675	0,675							0,675	0,675	0,675	0,675			
Refrigerador	10	140	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Bomba de agua	1	736	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Total Potencia KW:			7,56	7,30	7,30	7,30	7,56	9,31	28,64	9,90	7,92	12,57	12,57	13,57	13,27	5,73	6,65	19,93	20,13	41,17	41,23	41,23	40,21	39,19	35,69	35,69

Fuente: elaboración propia.

11.14. Aprovechamiento del contenido energético de la biomasa.

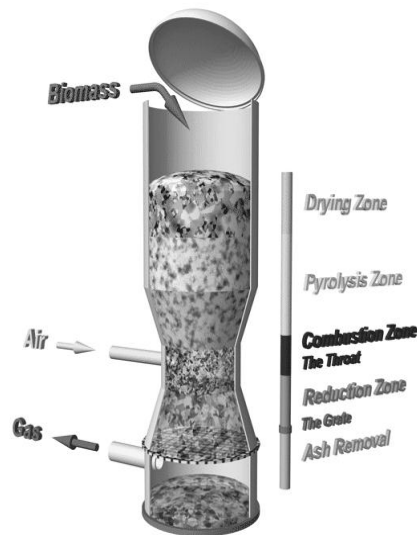
Ilustración 79



Aprovechamiento del contenido energético de la biomasa.

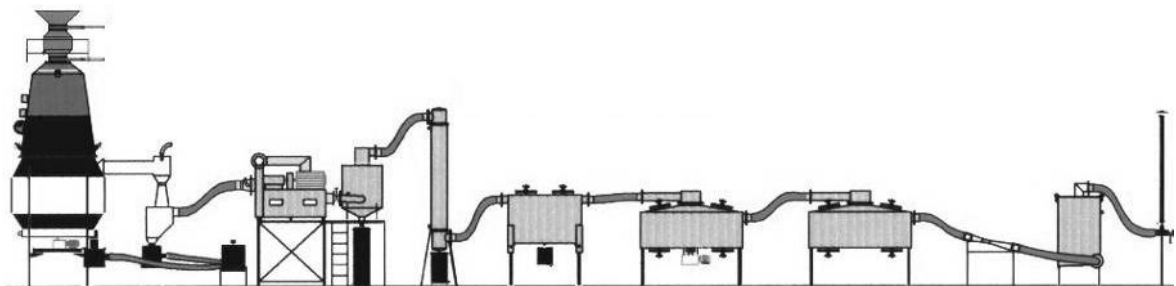
11.15. Esquema gasificadores Ankur.

Ilustración 80



Gasificador downdraft o de corrientes paralelas.

Ilustración 81



Gasificador conectado al equipo de limpieza del syngas.

11.16. Plano comunidad del Sena.

Ilustración 82



Plano comunidad del Sena

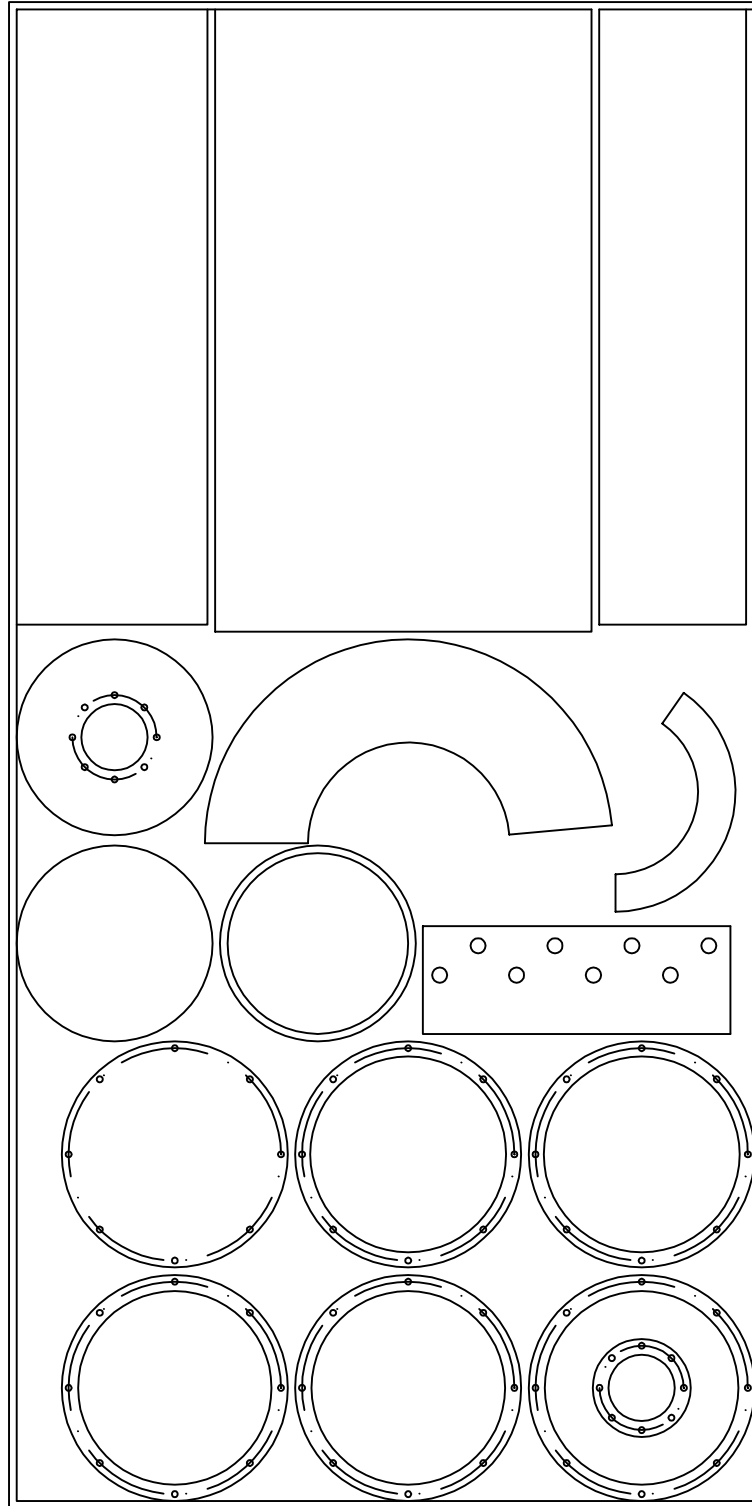
12. PLANOS

12.1. Planchas.

1. Chapa sin cotas.
2. Chapa con cotas.
3. Chapa gasificador referencias.
4. Chapa con cotas de conos.
5. Chapa con todas las cotas.
6. Plancha 2 cotas.

12.2. Gasificador.

7. Gasificador modelo 1.
8. Gasificador modelo 1 con cotas.
9. Gasificador modelo 2.
10. Gasificador modelo 2 con cotas.
11. Gasificador modelo 3.
12. Gasificador modelo 3 con cotas.
13. Gasificador modelo 4.
14. Gasificador modelo 4 con cotas.
15. Gasificador modelo 5.
16. Gasificador modelo 5 con cotas.
17. Cilindro zona de combustión.
18. Cilindro superior.
19. Cilindro de parrilla.
20. Cilindro modelos 2, 3 y 5.
21. Cono superior.
22. Cono inferior.
23. Cilindro distribuidor de aire.
24. Tapa del gasificador y manilla.
25. Puerta zona rejilla.
26. Piezas parrilla.



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO
INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

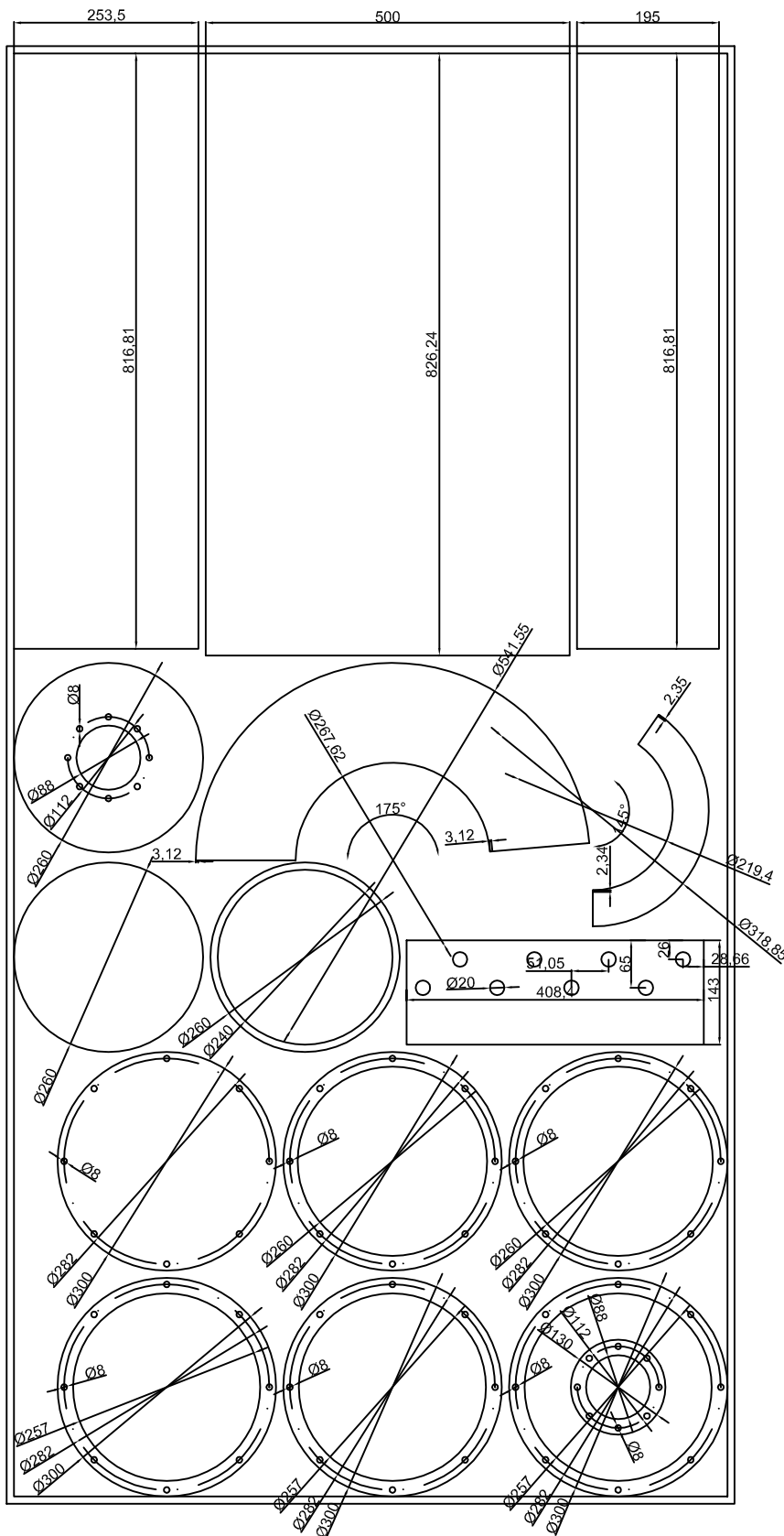
PROYECTO:

**Proyecto piloto de generación de energía eléctrica
mediante gasificación en comunidades amazónicas
aisladas.**

REALIZADO:

Azcona Vidaurre, Sergio

FIRMA:



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA Y DE
MATERIALES**

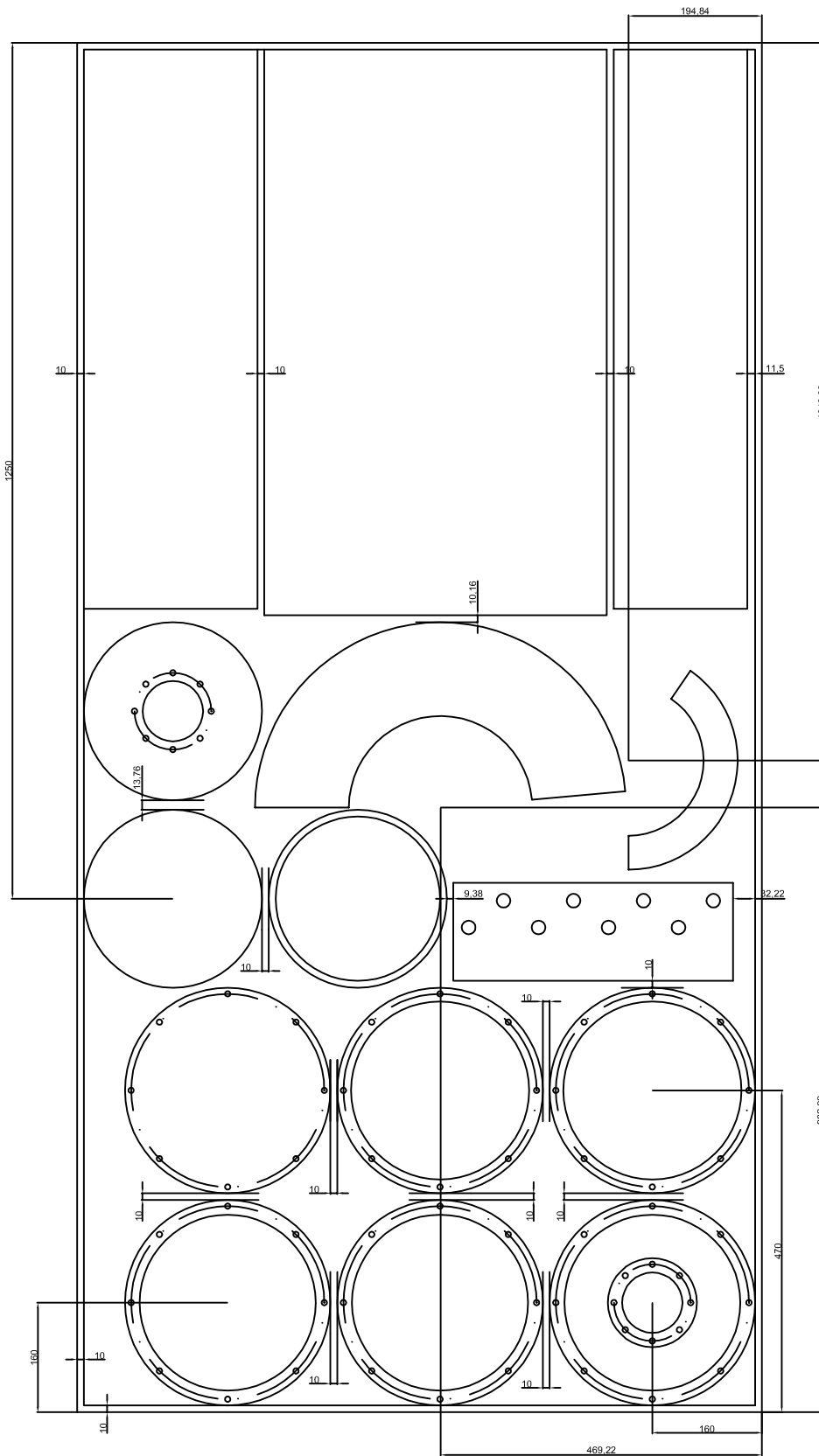
PROYECTO:

**Proyecto piloto de generación de energía eléctrica
mediante gasificación en comunidades amazonicas
aisladas.**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA Y DE
MATERIALES**

PROYECTO:

**Proyecto piloto de generación de energía eléctrica
mediante gasificación en comunidades amazonicas
aisladas.**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO **upna**
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

Chapa gasificador referencias

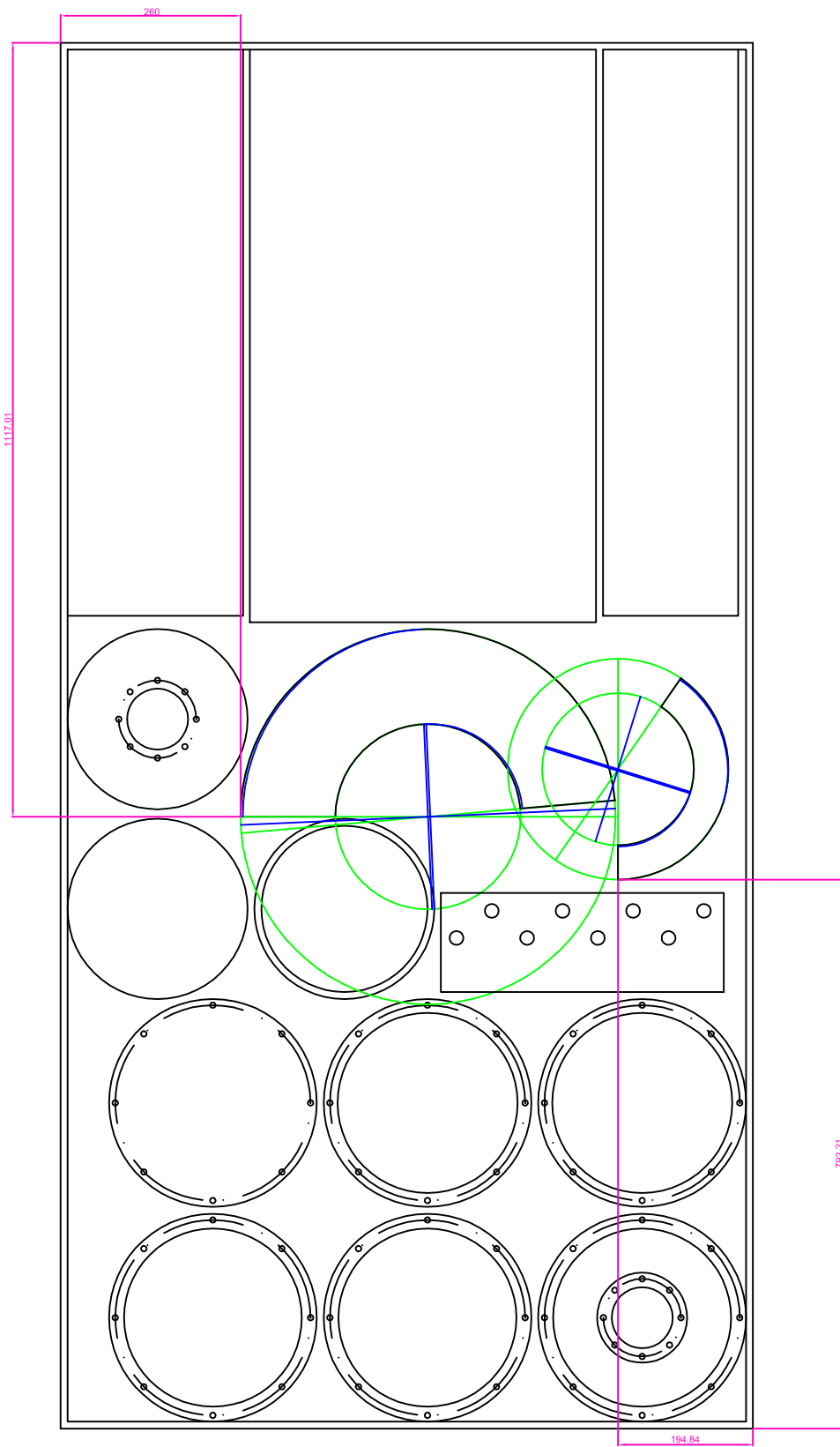
FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

1:12

3



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA Y DE
MATERIALES**

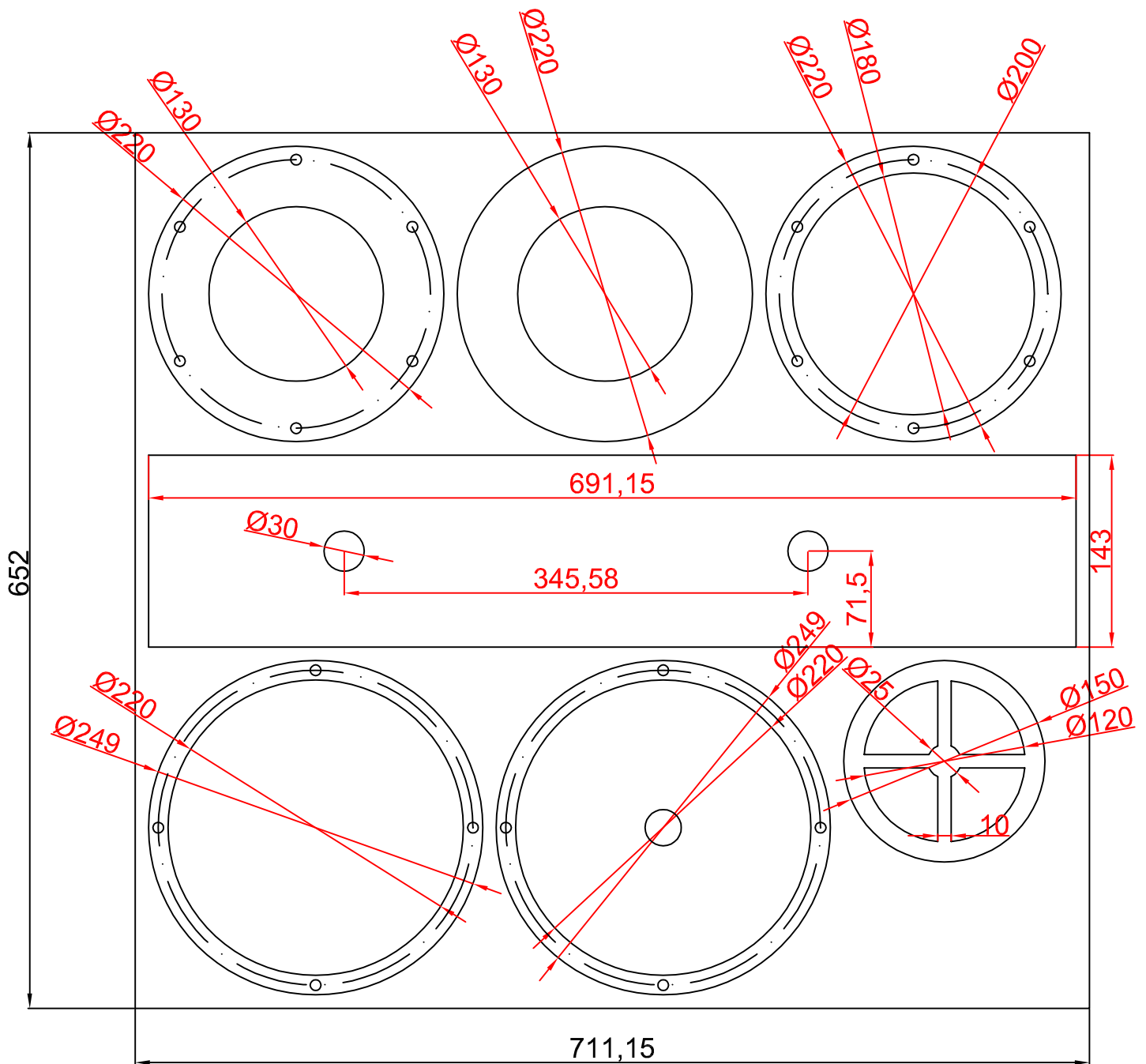
PROYECTO:

**Proyecto piloto de generación de energía eléctrica
mediante gasificación en comunidades amazonicas
aisladas.**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA Y DE
MATERIALES

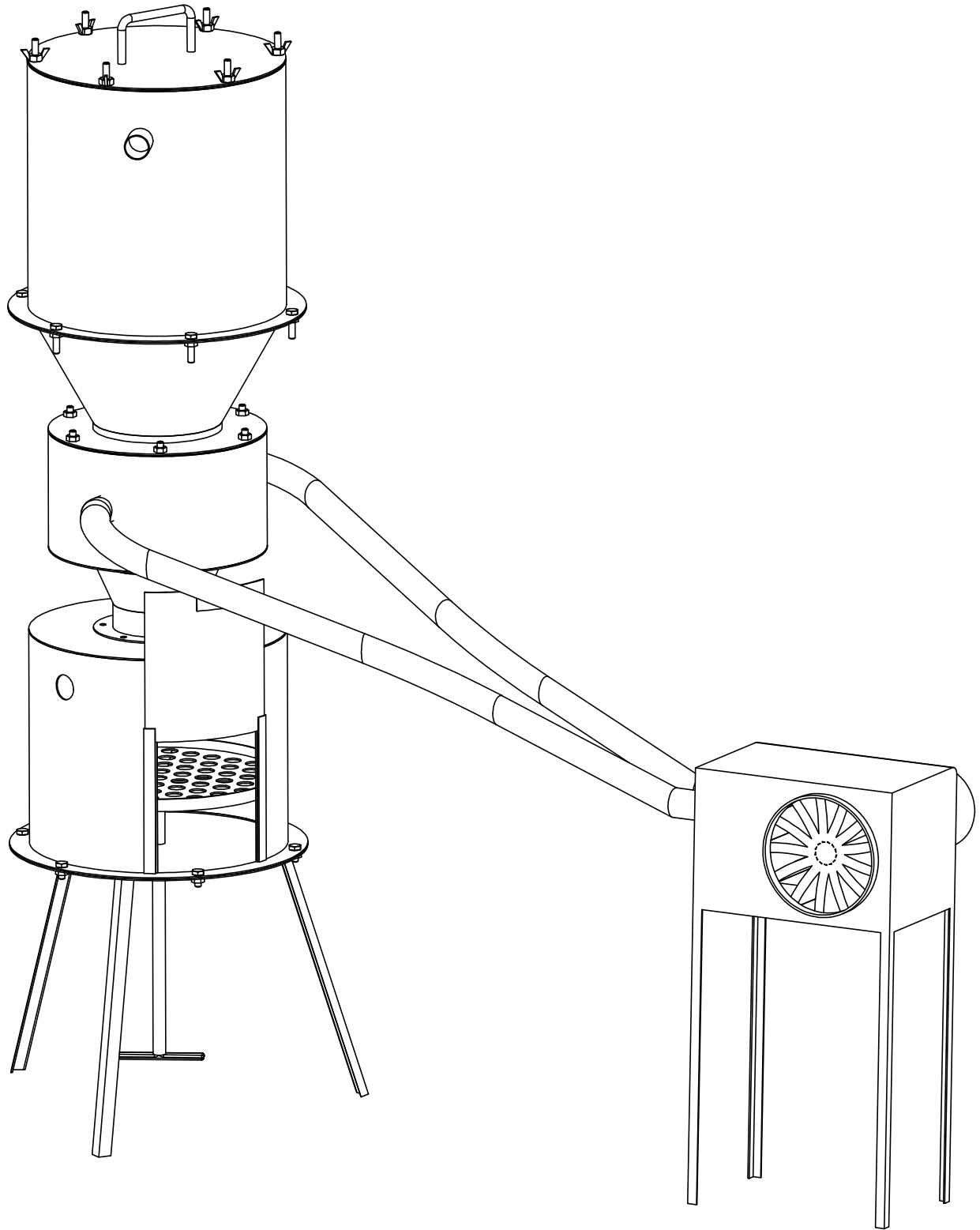
PROYECTO:

**Proyecto piloto de generación de energía eléctrica
mediante gasificación en comunidades amazonicas
aisladas.**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

Gasificador modelo 1

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

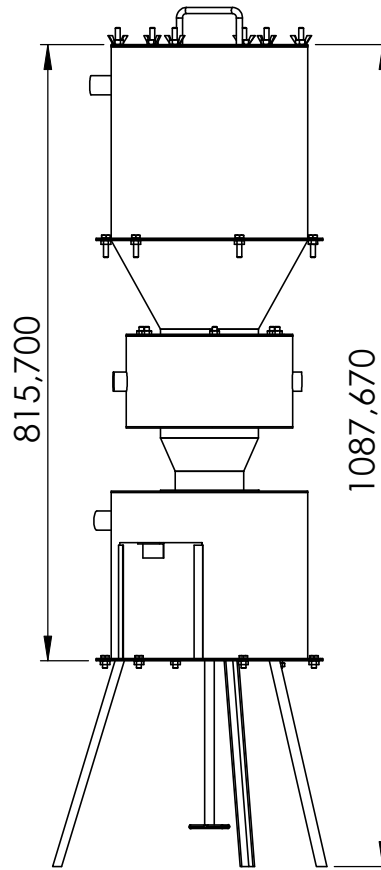
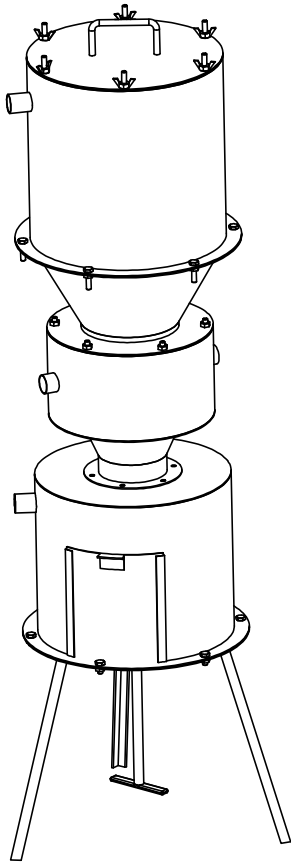
FECHA:

ESCALA:

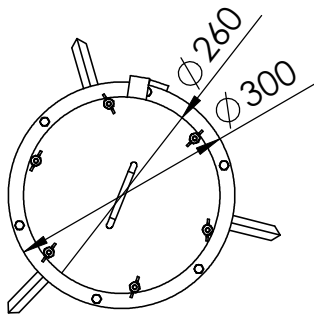
Nº PLANO:

1:6

7



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

Gasificador modelo 1 acotado

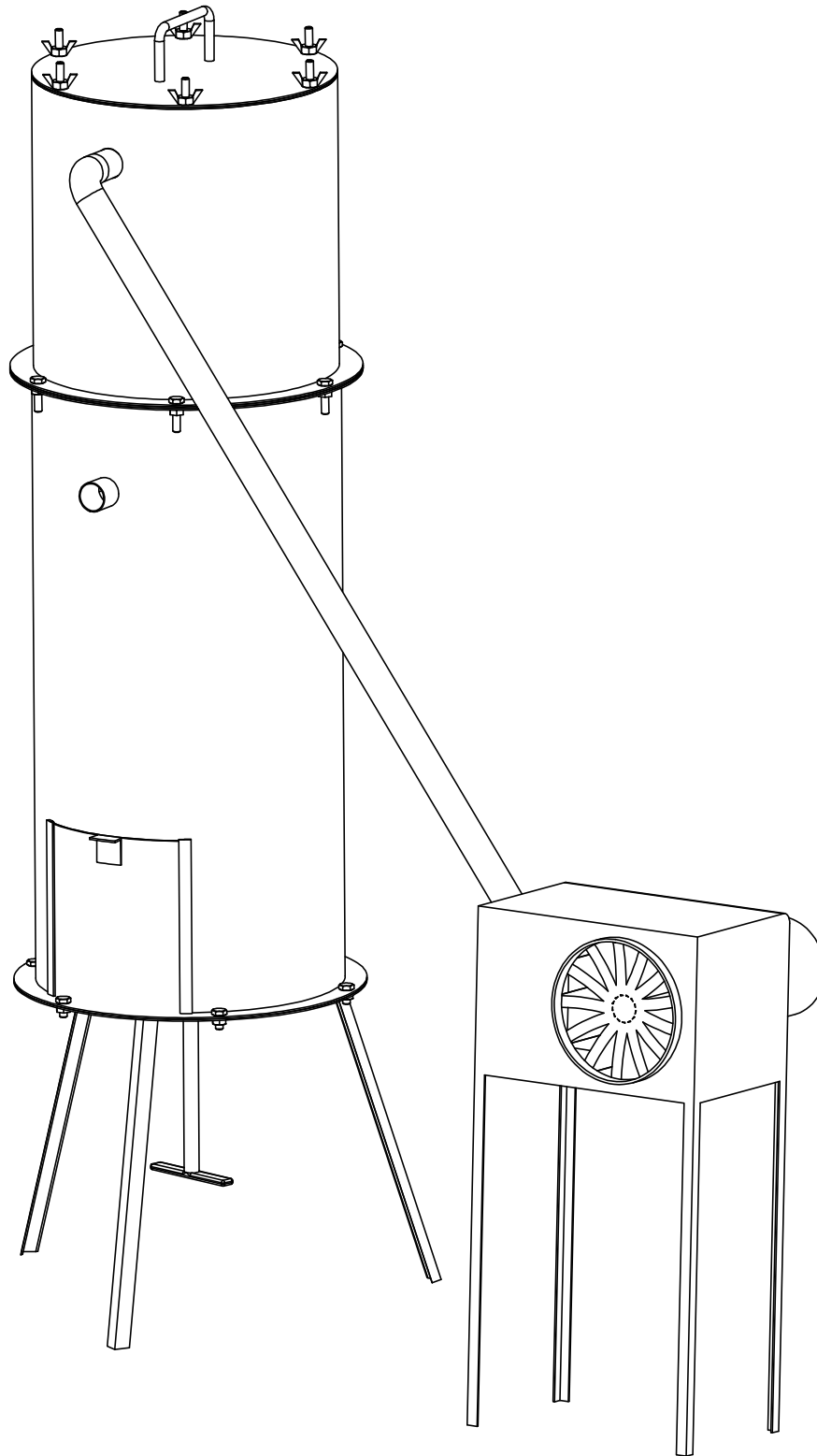
FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

1:10

8



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

Gasificador modelo 2

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

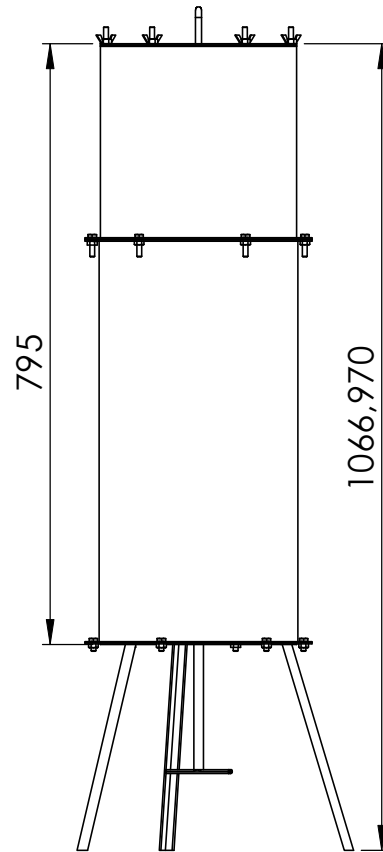
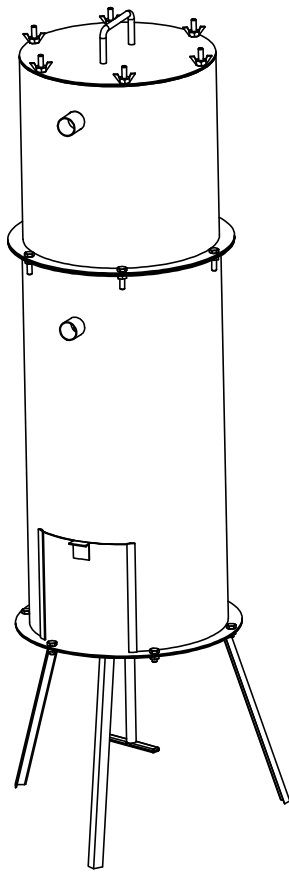
FECHA:

ESCALA:

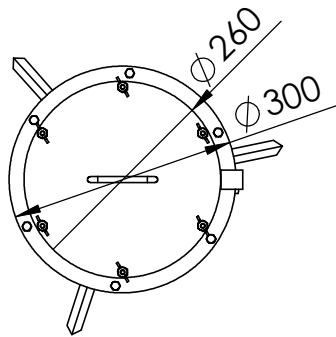
Nº PLANO:

1:6

9



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

Gasificador modelo 2 con cotas

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

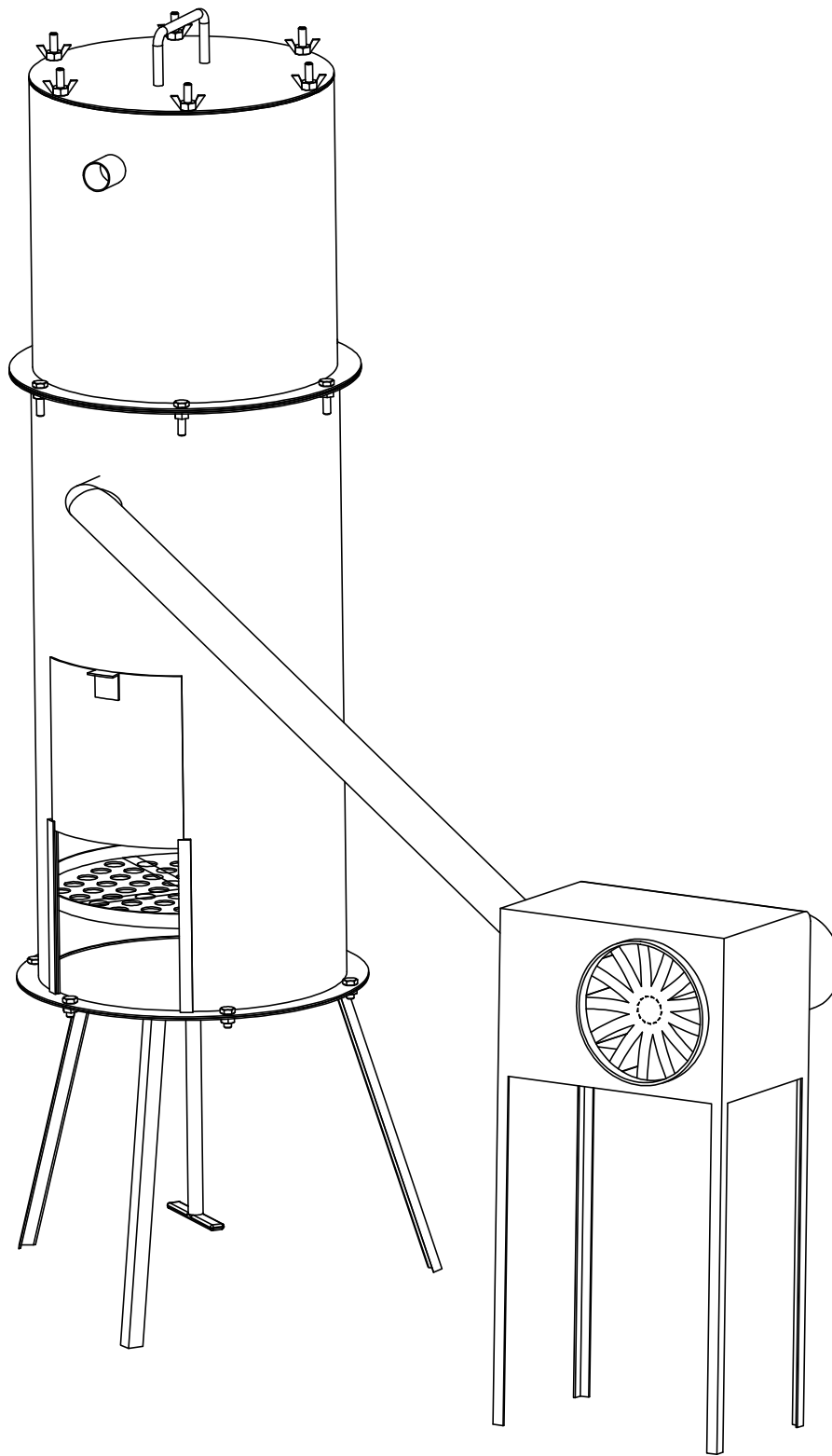
FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

1:6

10



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

Gasificador modelo 3

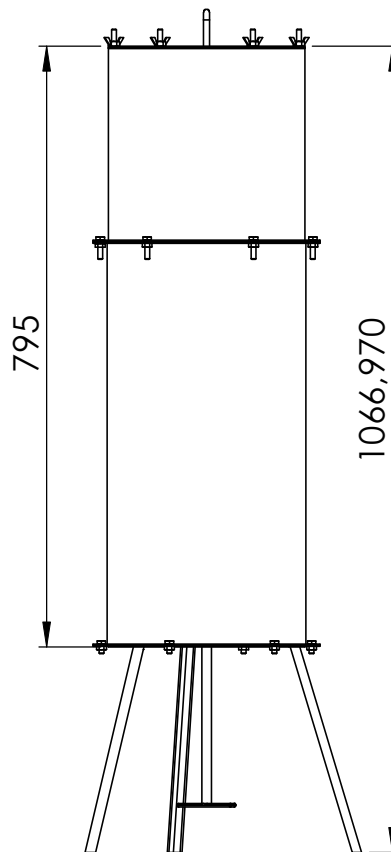
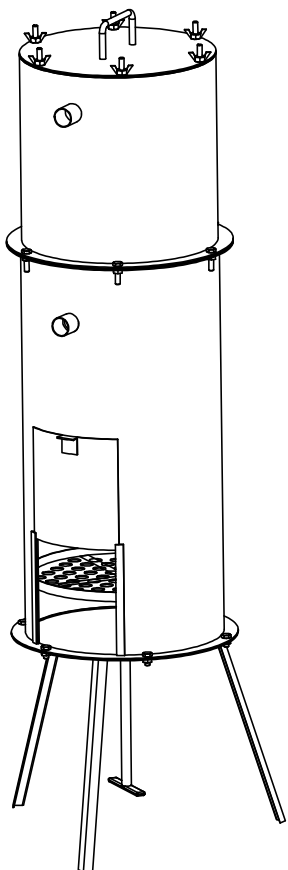
FECHA:

ESCALA:

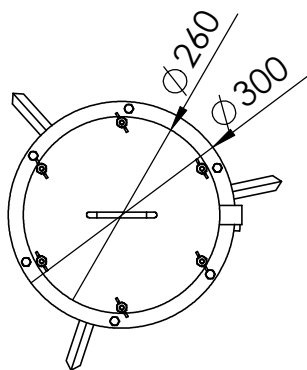
Nº PLANO:

1:6

11



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:

upna

GASIFICADOR 3 CON COTAS

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

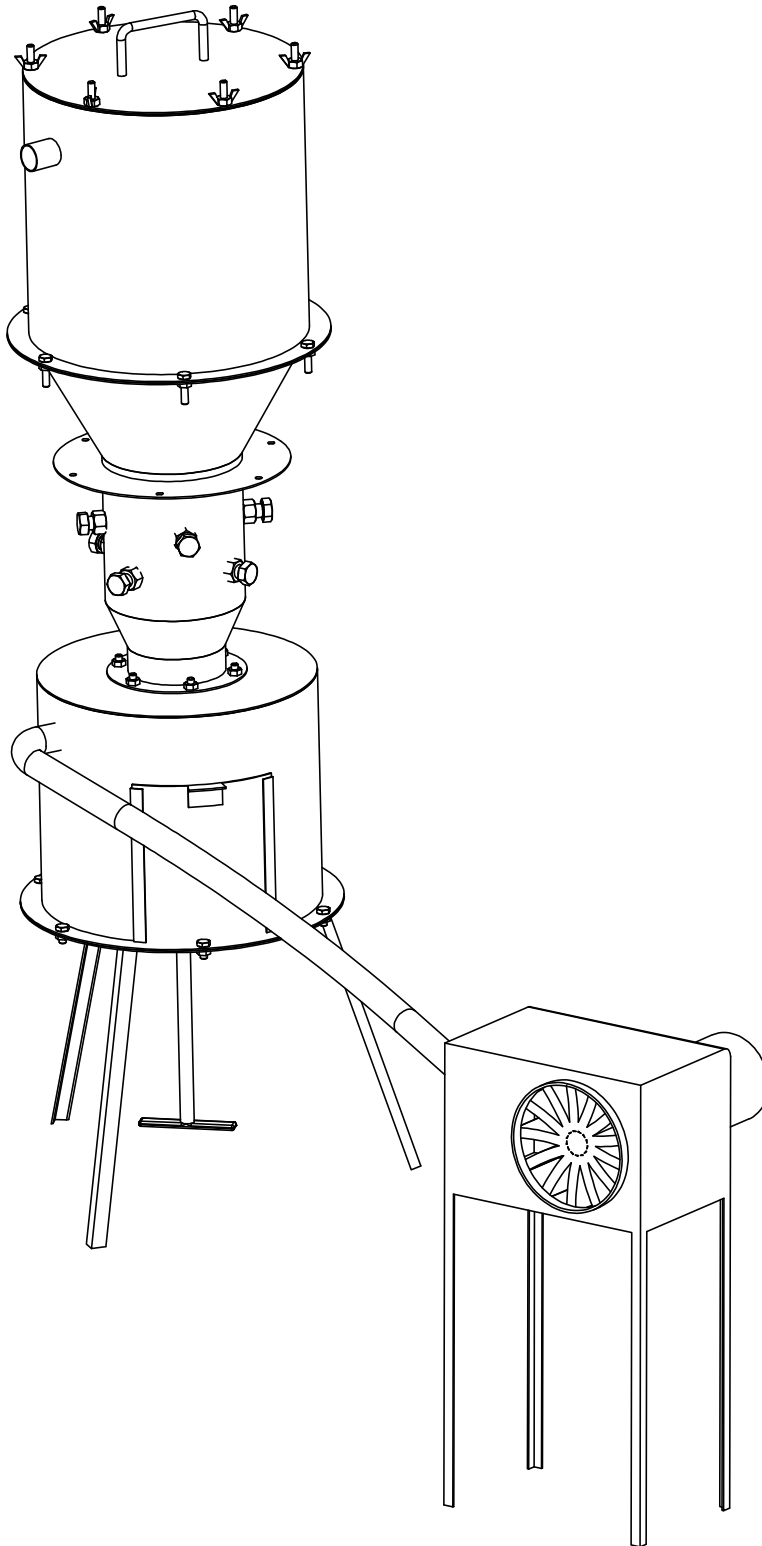
FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

1:6

12



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:

upna

GASIFICADOR MODELO 4

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

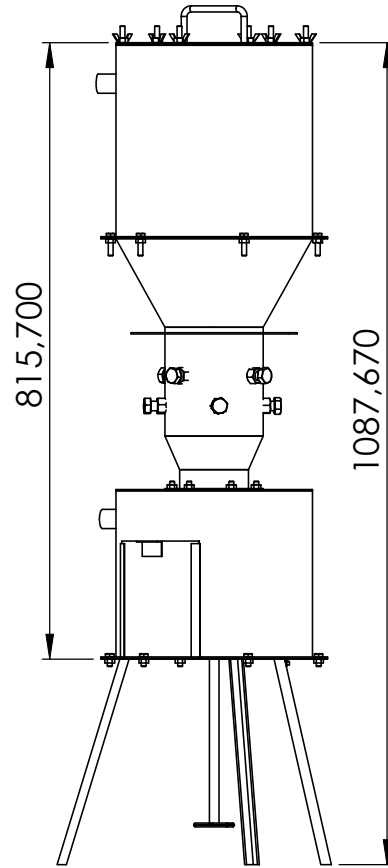
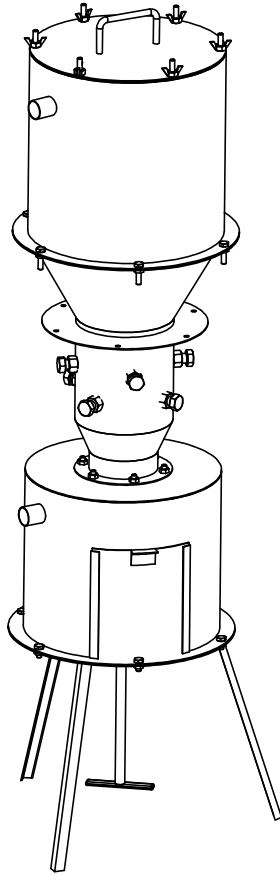
FECHA:

ESCALA:

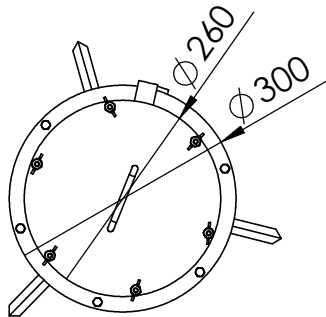
Nº PLANO:

1:7

13



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

GASIFICADOR MODELO 4 CON COTAS

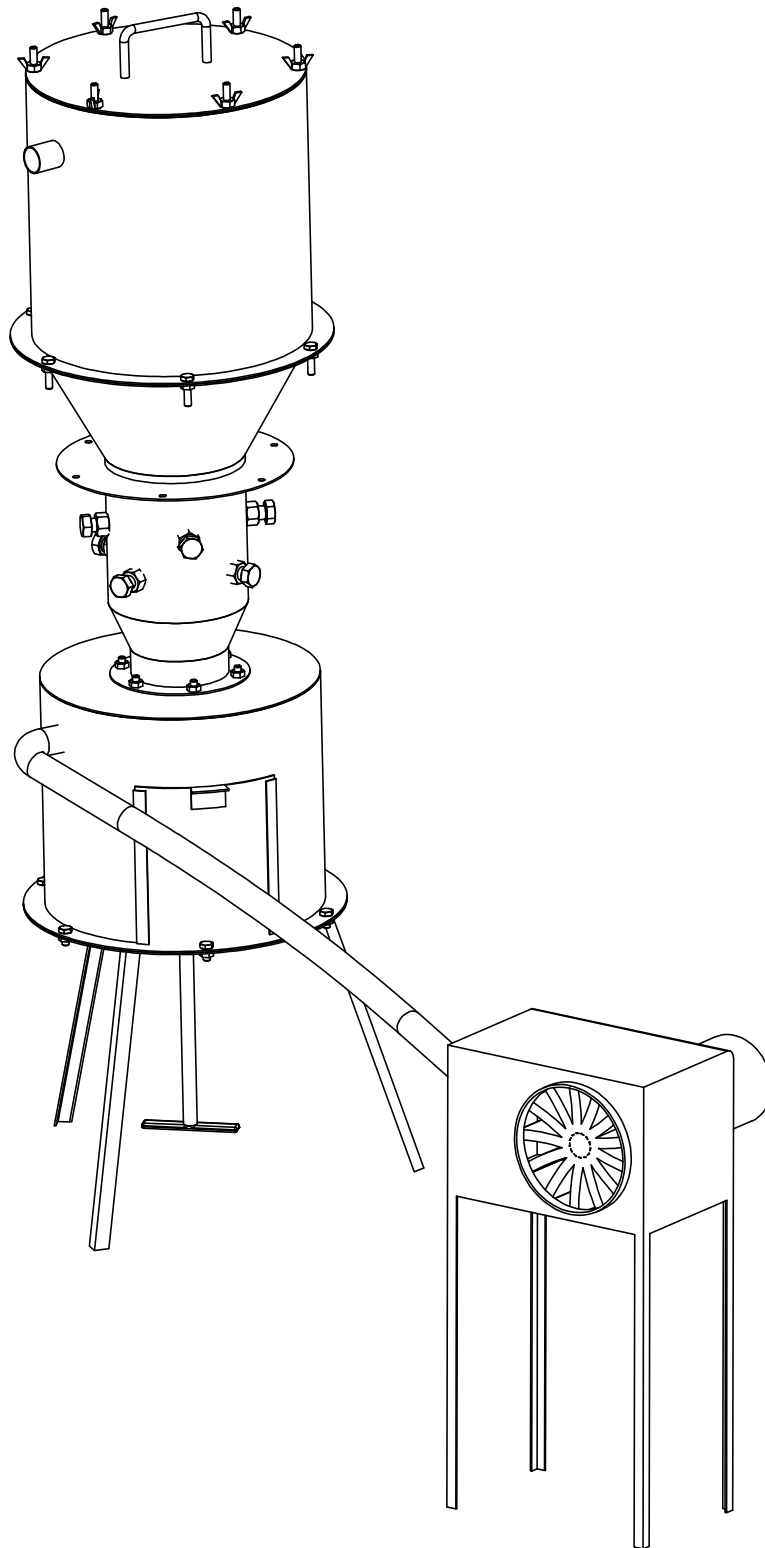
FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

1:10

14



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS**

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

GASIFICADOR MODELO 5

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

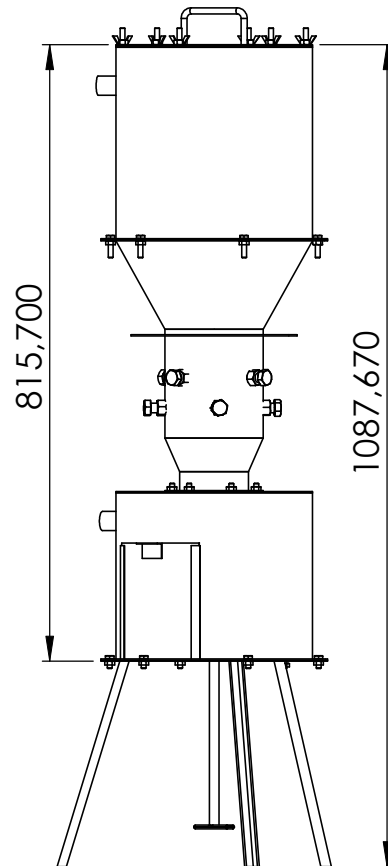
FECHA:

ESCALA:

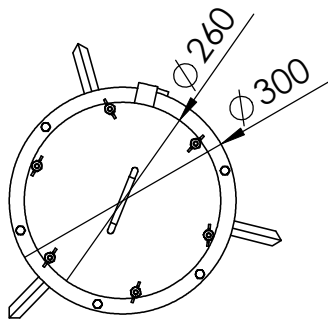
Nº PLANO:

1:7

15



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

GASIFICADOR MODELO 5 CON COTAS

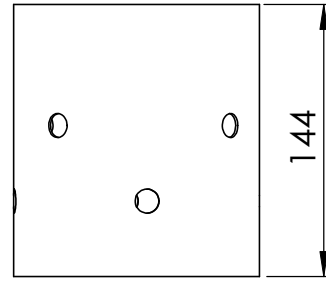
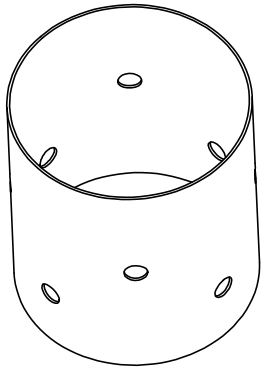
FECHA:

ESCALA:

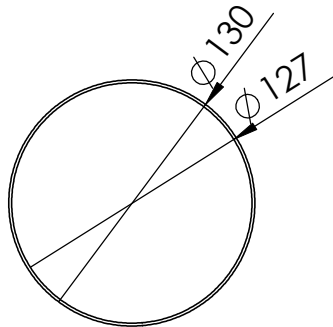
Nº PLANO:

1:10

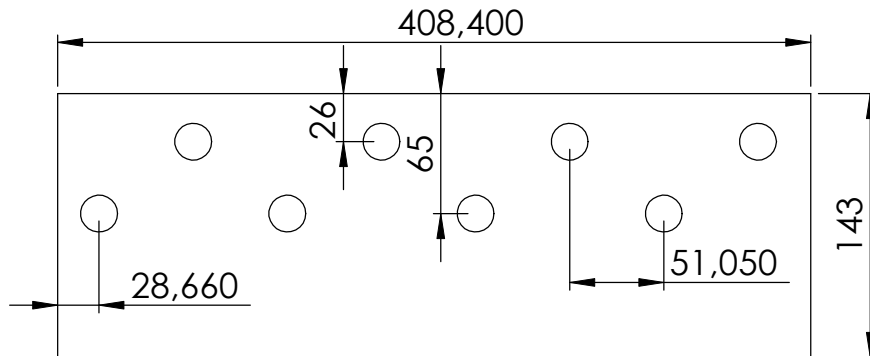
16



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

CILINDROZONA DE COMBUSTION

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

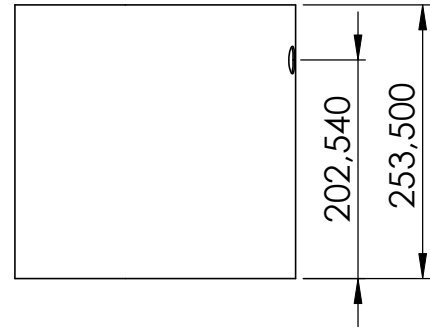
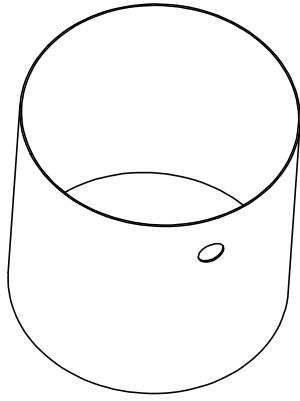
FECHA:

ESCALA:

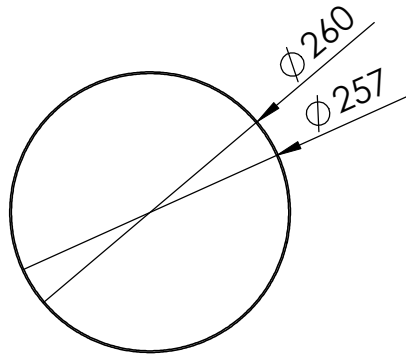
Nº PLANO:

1:4

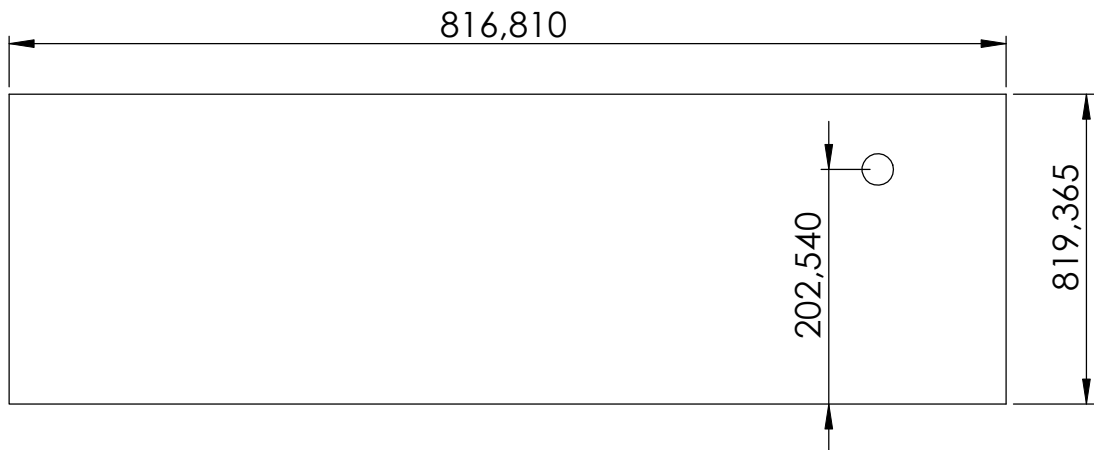
17



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

CILINDRO SUPERIOR

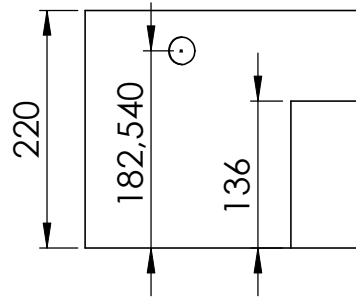
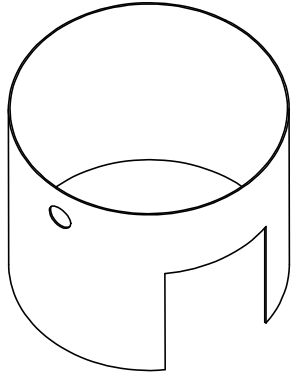
FECHA:

ESCALA:

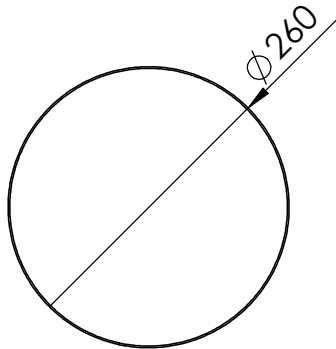
Nº PLANO:

1:7

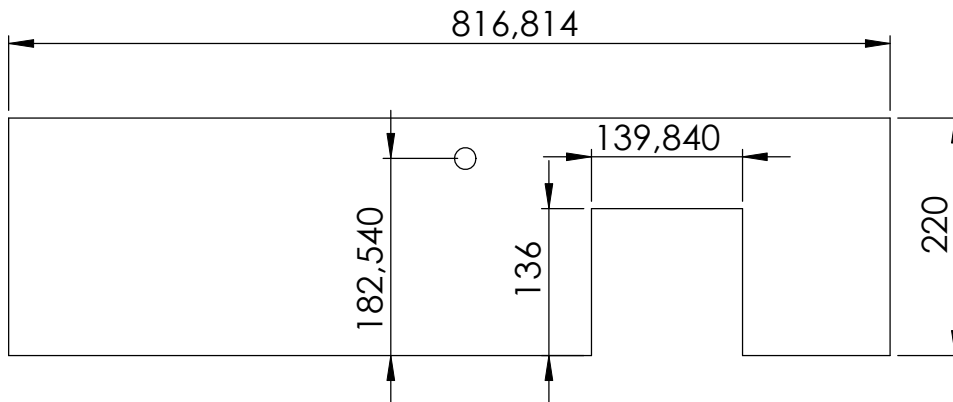
18



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

CILINDRO DE PARRILLA

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

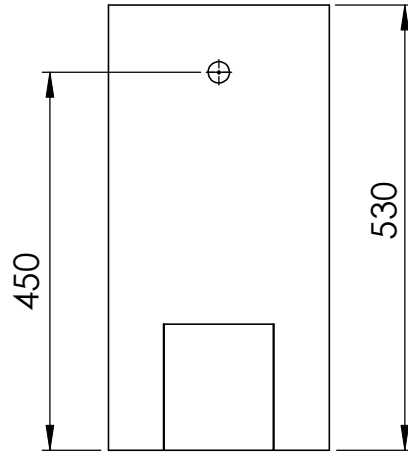
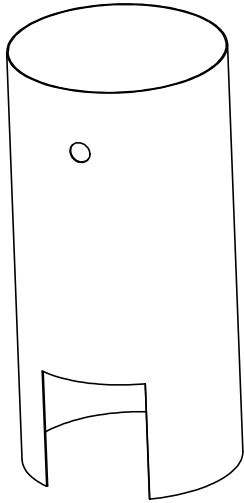
FECHA:

ESCALA:

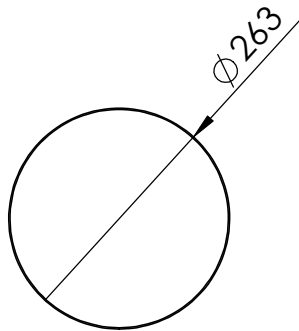
Nº PLANO:

1:7

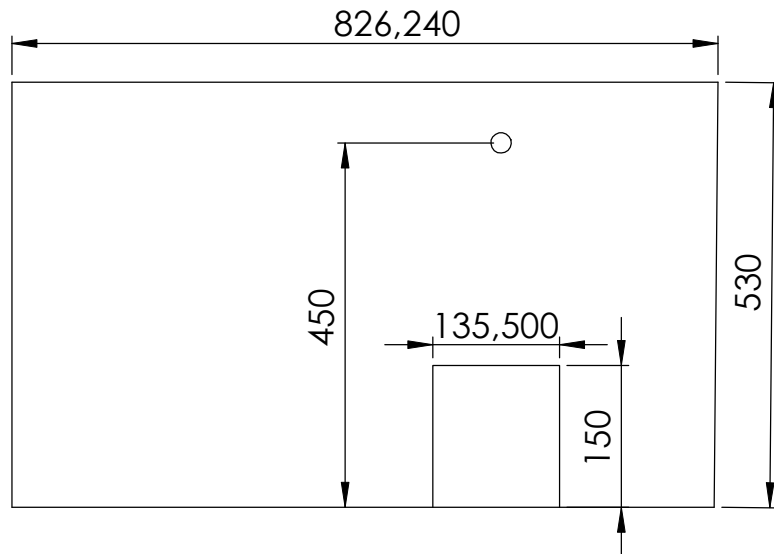
19



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

CILINDRO MODELOS 2,3 Y 5

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

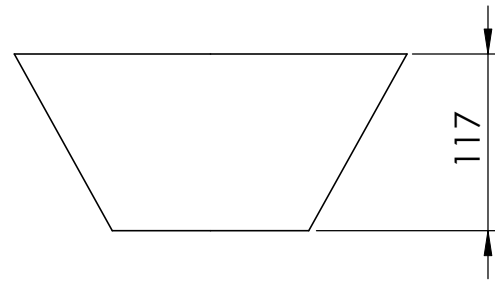
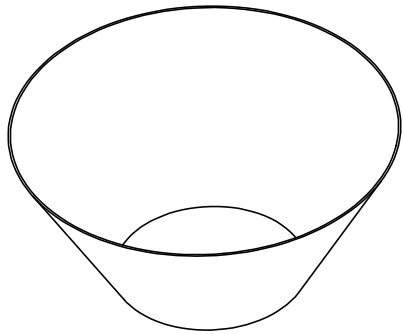
FECHA:

ESCALA:

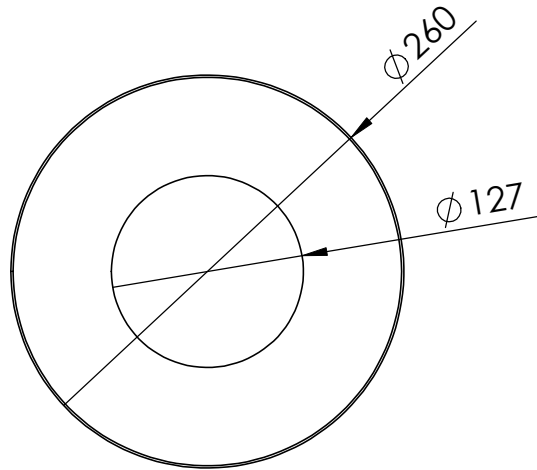
Nº PLANO:

1:9

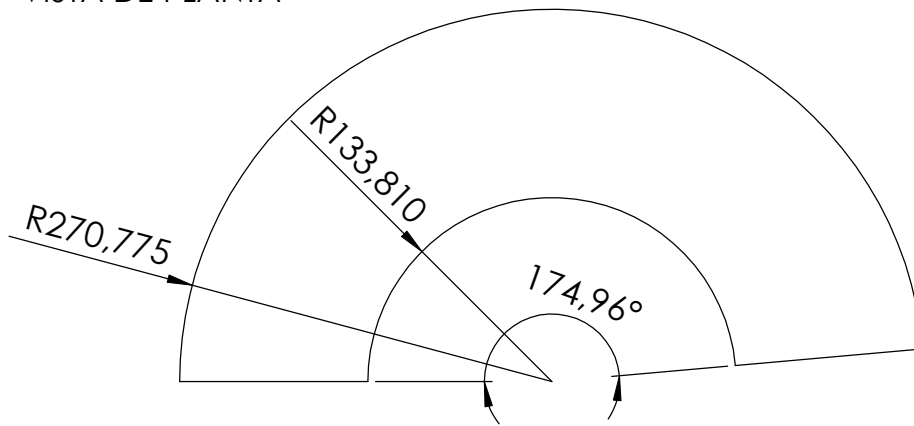
20



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

CONO SUPERIOR

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

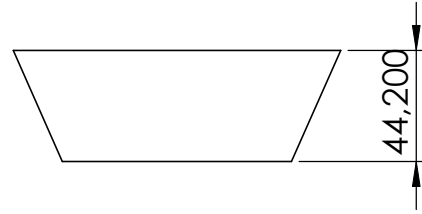
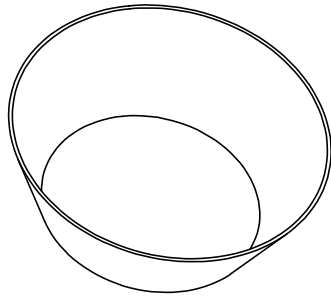
FECHA:

ESCALA:

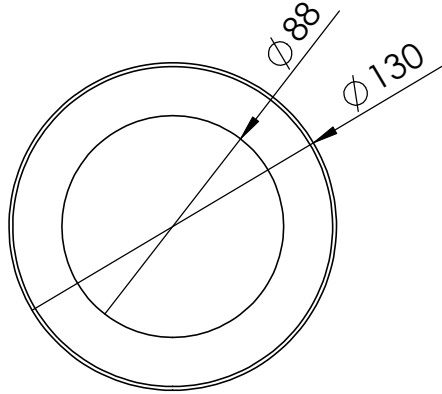
Nº PLANO:

1:5

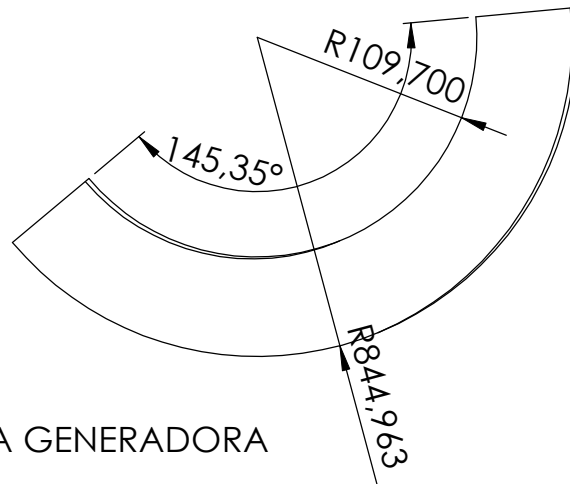
21



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

CONO INFERIOR

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

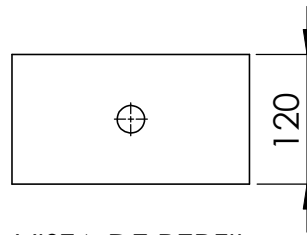
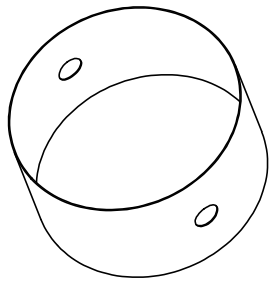
FECHA:

ESCALA:

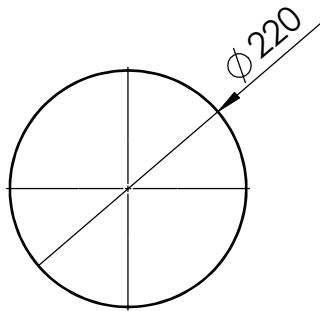
Nº PLANO:

1:3

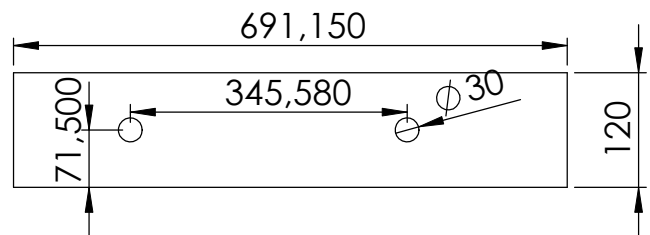
22



VISTA DE PERFIL

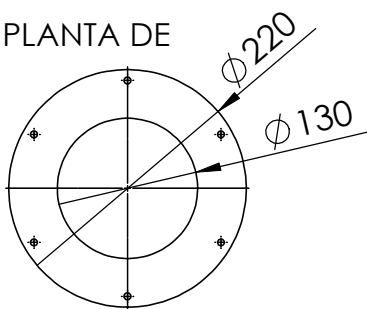


VISTA DE PLANTA

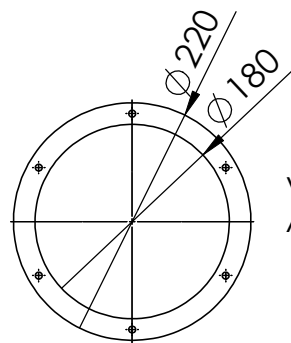


PLANCHA GENERADORA

VISTA DE PLANTA DE LA TAPA



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA DE ARANDELA



VISTA DE PERFIL



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

ANILLO DISTRIBUCION DE AIRE

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

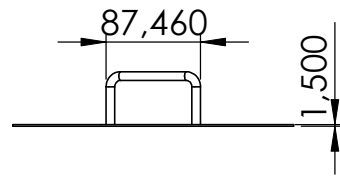
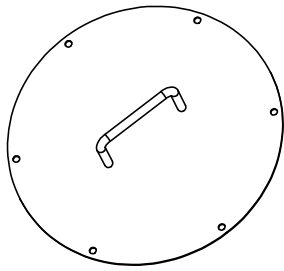
FECHA:

ESCALA:

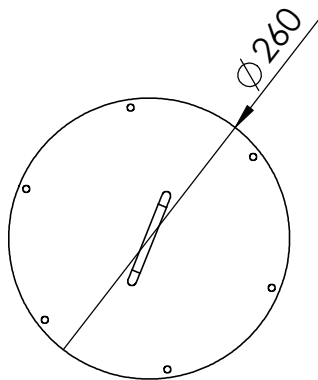
Nº PLANO:

1:7

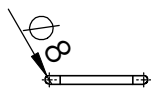
23



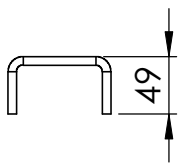
VISTA DE PERFIL



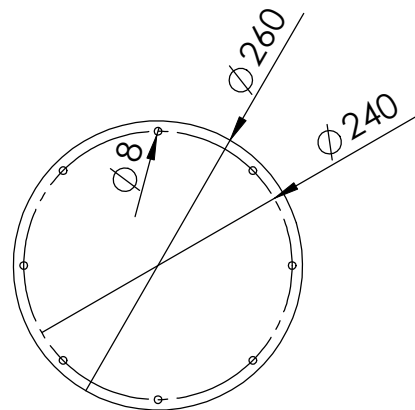
VISTA DE PLANTA



VISTA PLANTA



VISTA PERFIL



PLANCHA GENERADORA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna

TAPA DEL GASIFICADOR Y MANILLA

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

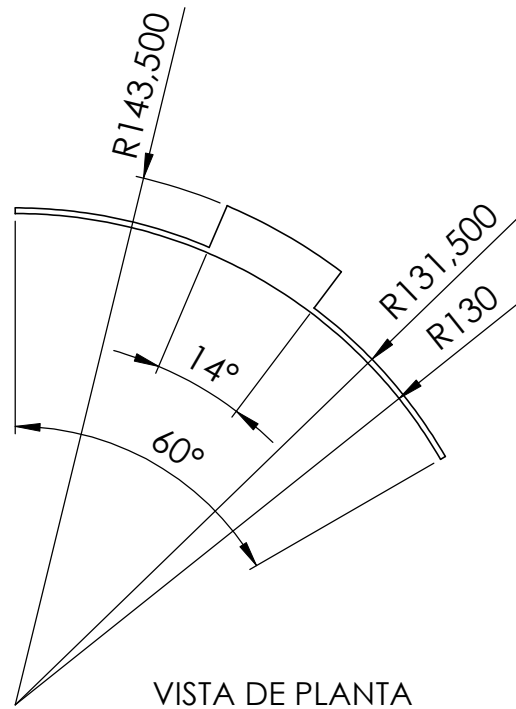
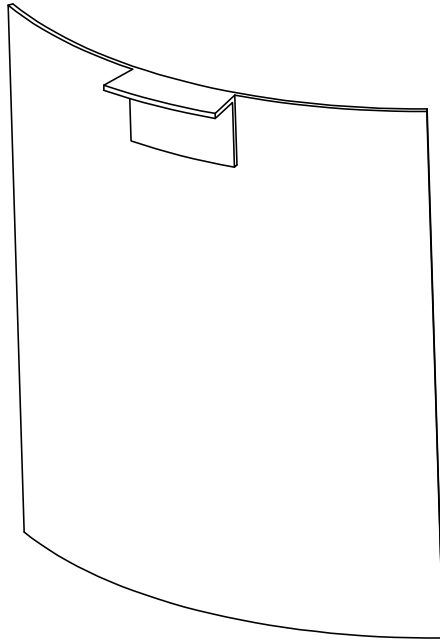
FECHA:

ESCALA:

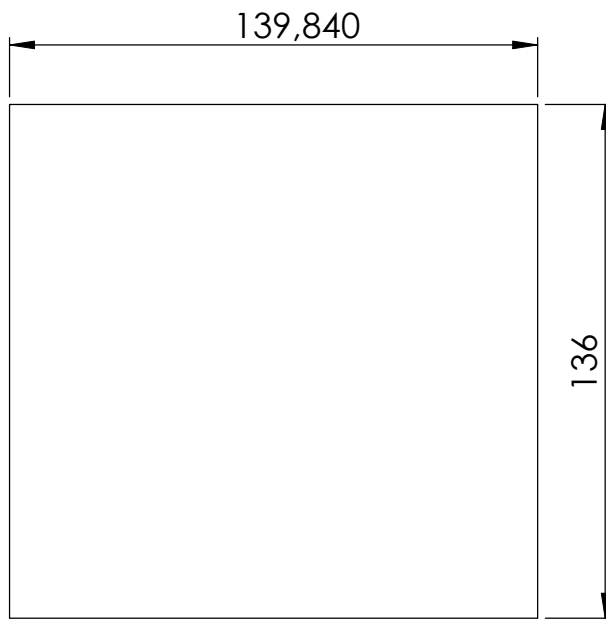
Nº PLANO:

1:7

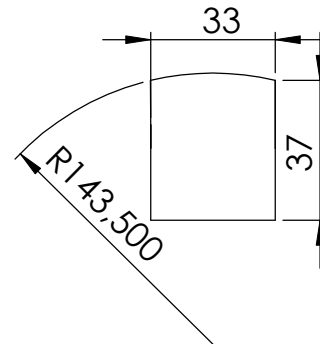
24



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



PIEZA DE AGARRE



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

PUERTA ZONA DE PARRILLA

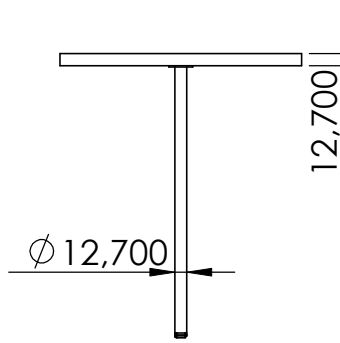
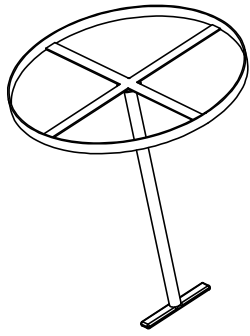
FECHA:

ESCALA:

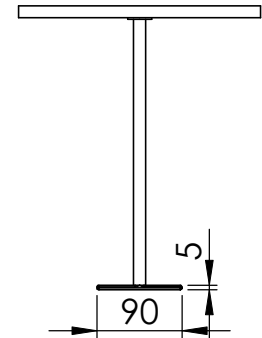
Nº PLANO:

1:2

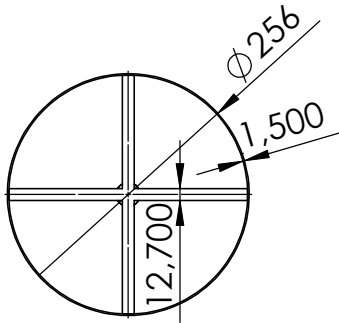
25



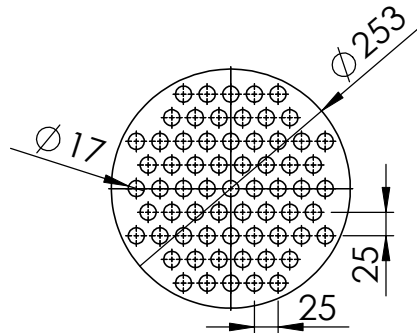
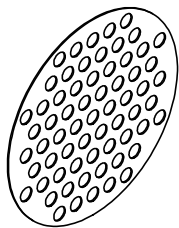
VISTA DE ALZADO



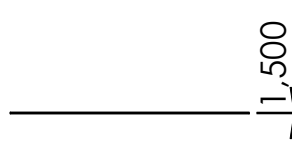
VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



PLANCHA GENERADORA



PERFIL PLANCHA



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

PROYECTO PILOTO DE GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA MEDIANTE GASIFICACION EN
COMUNIDADES AMAZONICAS AISLADAS

REALIZADO:

AZCONA VIDAURRE, SERGIO

FIRMA:

PLANO:
upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

PIEZAS PARRILLA

FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

1:8

26