

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



**“OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DE
BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

Presentado por:

Wilder Alfredo Rodríguez Casas.

LIMA PERÚ.

2010

Dedicado a la Tierra.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	7
1 INTRODUCCIÓN.	8
1.1. ANTECEDENTES.	8
1.2. JUSTIFICACIÓN Y NECESIDAD.	8
1.3. DESCRIPCIÓN.	8
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	9
1.4.1. Consideraciones	9
1.4.1.1. Disponibilidad del recurso carbón	9
1.4.1.2. Bajo costo de recurso	9
1.4.1.3. Tratamiento técnico de materiales	9
1.4.1.4. Demanda por parte del mercado	9
1.4.1.5. Obtener un producto ecológico	9
1.4.1.6. Generar una fuente de energía opcional	10
1.4.2. Problema	10
1.5. MARCO TEÓRICO.	10
1.6. HIPÓTESIS.	11
1.6.1. Hipótesis Inicial.	11
1.6.2. Hipótesis Final.	11
1.7. METODOLOGÍA.	12
1.8. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.	12
1.8.1. Consumo de Carbón.	12
1.8.2. Comercialización.	12
2 ESTUDIO DE MERCADO.	13
2.1 FACTORES CONSIDERADOS.	13
2.1.1 Producto.	13
2.1.2 Calidad.	13
2.1.3 Uso.	13
2.1.4 Consumidores.	13
2.1.5 Mercado.	13
2.1.6 Comercialización y Abastecimiento.	14
2.1.7 Proyección de la Demanda.	14
2.1.8 Determinación del Mercado.	14

2.2 OFERTA.	15
2.3 DEMANDA.	15
2.4 EVALUACIÓN DEL ESTUDIO.	15
2.5 INTERPRETACIÓN.	18
3 MINERALOGÍA DEL CARBÓN PERUANO.	19
3.1 CARBÓN EN EL PERÚ Y BIOMASA.	19
3.1.1 Biomasa.	20
3.1.2 Método de Determinación de Carbono Fijo	20
3.1.3 Ciclo del Azufre	20
3.1.4 Formación de Carbones en el Perú.	21
3.1.4.1 Andes Nor Occidentales.	22
3.1.4.2 Centro del Perú.	23
3.1.4.3 Sub Andina.	23
3.1.4.4 Sur Oeste.	23
3.1.4.5 Nor Este	24
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN PERUANO.	24
3.3 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARBÓN MINERAL.	28
3.4 OBSERVACIONES.	28
4 TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DE BRIQUETAS.	30
4.1 GENERALIDADES.	30
4.2 CARACTERÍSTICAS DE BIOMASA	30
4.3 PIROLIZADO	30
4.4 INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN.	33
4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CONFORMACIÓN DE BRIQUETAS	34
4.6 PRODUCCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO.	35
4.7 DIVERSAS TECNOLOGÍAS.	37
4.7.1 Carbón Mineral de Bajos Volátiles.	37
4.7.2 Carbón Mineral y Vegetal de Altos Volátiles.	39
4.7.3 Carbonilla Fina.	42
4.7.4 Carbón de Madera y Biomosas.	46
5 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS.	52
5.1 INTRODUCCIÓN.	52
5.2 MATERIAS PRIMAS.	52
5.3 PREPARACIÓN.	52

5.4 CALIDAD DEL PRODUCTO.	53
6 DIMENSIONAMIENTOS.	54
6.1 LOCALIZACIÓN.	54
6.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	54
6.1.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIAL	54
6.1.3 APORTE A LA ZONA	54
6.1.4 LOCAL DE TERRENO	54
6.2 DIMENSIONES.	55
6.3 CAPACIDAD DE PLANTA.	55
6.4 ENERGÍA.	56
6.5 EQUIPOS UTILIZADOS EN PLANTA.	57
6.5.1 PLANTA	57
6.5.2 LABORATORIO	57
6.6 PERSONAL Y SERVICIOS.	57
7 DIAGRAMAS DE ACTIVIDADES GENERALES.	58
7.1 DIAGRAMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.	58
7.2 DIAGRAMA DE PLANTA.	58
7.3 DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN.	61
7.3.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA	62
7.3.2 CHANCADO	62
7.3.3 LAVADO	62
7.3.4 PULVERIZADO	62
7.3.5 SECADO	62
7.3.6 PIROLIZADO	62
7.3.7 MOLIENDA	62
7.3.8 MEZCLA	62
7.3.9 AGLOMERADO	62
7.3.10 HORNEADO	62
7.3.11 VENTILADO	63
7.3.12 ENVASADO	63
7.3.13 ALMACENADO	63
7.4 ORGANIGRAMA.	63
8 EVALUACIÓN DE PRODUCTO.	65
8.1 GENERALIDADES.	65

8.2 EVALUACIÓN DE PROPIEDADES.	65
8.2.1 Análisis Químico.	65
8.2.2 Determinación de Propiedades Mecánicas.	66
8.3 UTILIDAD DE LAS BRIQUETAS.	67
9 ESTUDIO ECONÓMICO.	71
9.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA.	71
9.2 EVALUACIÓN FINANCIERA.	72
10 MEDIO AMBIENTE EN LA PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN.	73
10.1 EMISIONES DE GASES.	73
10.2 TECNOLOGÍAS DE DESULFURIZACIÓN.	74
10.2.1 Agua de mar.	74
10.2.2 Piedra caliza.	74
10.2.3 Cal ó Hidróxido de Calcio.	75
10.3 IMPACTO AMBIENTAL DE LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN.	75
10.3.1 Extracción de Carbón y La Comunidad.	75
10.3.2 Conversión de Zonas de Suelo.	76
10.3.3 Polución de Agua.	76
10.3.4 Biodiversidad.	77
10.3.5 Ruido.	77
10.4 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	78
10.4.1 EMISIONES LÍQUIDAS MINERO METALÚRGICAS	78
10.5 POLÍTICAS AMBIENTALES ESPECÍFICAS	81
10.6 ENFERMEDADES OCUPACIONALES	83
11 CONCLUSIONES.	85
BIBLIOGRAFÍA.	86

RESUMEN

El objetivo se fundamenta en hacer útiles el recurso carbón mineral, materiales forestales y subproductos orgánicos de cierta abundancia en el territorio nacional para transformaciones dirigidas a la fabricación de un producto aglomerado combustible de particulares características, en variadas formas y especificaciones físicas y químicas útiles para múltiples industrias, operaciones y ó uso domiciliario. El estudio de mercado muestra una población con necesidad de briquetas en general para distintos usos, independiente de la condición económica en muchas áreas de aplicación en procesos y lugares de consumo dentro de la región nacional así como la posibilidad de comercialización a otros países que no cuentan con el producto. La mineralogía describe la composición característica de los carbones en el Perú, los tipos de carbones formados por periodos y la distribución a nivel nacional en yacimientos de diversas zonas. Las pruebas realizadas en laboratorio confirman la posibilidad de producir briquetas con los métodos estudiados adecuándolos a la obtención del producto. Las tecnologías de fabricación muestran la utilización de carbón mineral, carbón pre fabricado y biomásas en la fabricación de briquetas conformadas mediante operaciones de reducción de tamaño, aglomerado y aliviado térmico utilizando técnicas particulares con parámetros de presión, humedad y temperatura. Esta planta se ubicaría en Lima y puede ser proyectada en otras regiones dentro del país con diseño similar según la necesidad presentada considerando que la producción es actualmente baja y el consumo en consecuencia limitado. La evaluación técnica del producto describe las propiedades finales a ser obtenidas para el uso de las briquetas dentro de éstas especificaciones para distintas aplicaciones. Se evalúa el proyecto económica y financieramente, se muestran los indicadores y valores de coeficientes correspondientes a la ejecución de la obra. En el estudio de medio ambiente se hace el análisis de efectos en la comunidad, el suelo, el agua y la biodiversidad.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES.

Considerando al carbón mineral como recurso natural presente en diversos yacimientos en el Perú, reconociendo su valor como fuente de energía primaria junto al gas y el petróleo y observando que se ha utilizado desde la antigüedad por los primeros pobladores de nuestra sociedad para aplicaciones variadas del calor, se trata de optimizar la explotación y aplicación para diversos usos en la industria y comercio adecuándolo a operaciones que mejoren su aprovechamiento para el bien común.

1.2 JUSTIFICACIÓN Y NECESIDAD.

La instalación de una planta de fabricación de briquetas de carbón utiliza el recurso nacional y pone a disponibilidad una fuente alternativa de energía en el mercado para consumo diverso, entrega un producto elaborado con mejoras técnicas y disponibilidad en zonas diversas en general.

1.3 DESCRIPCIÓN.

El proyecto de tesis titulado "Optimización de Producción de Briquetas de Carbón y Biomasa" constituye un plan de uso de los recursos energéticos carboníferos y combustibles para obtener productos de consumo industrial y doméstico.

La tecnología de briquetas está desarrollada en todo el orbe, así en países desarrollados y en vías de desarrollo. El carbón utiliza adhesivos orgánicos adicionales para lograr la cohesión de las partículas y formar un sólido resistente, así como reactivos mejoradores de la combustión.

El proyecto expresa el conocimiento requerido para el uso de carbón mineral en la fabricación de briquetas aglomeradas con ingredientes definidos dentro de límites para producir una combustión firme, obtener cenizas y liberar

gases de composición regulada.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.4.1 Consideraciones.

1.4.1.1 Disponibilidad de recurso carbón.

El Perú dispone de este recurso en los tipos antracita, bituminoso y lignito así como de extensas áreas de recursos forestales aprovechables para la obtención de briquetas de poder calorífico cuantificable.

1.4.1.2 Bajo costo del recurso.

El carbón tiene un costo de extracción y procesamiento relativamente bajo que le permite ser una alternativa frente al gas natural ó combustibles líquidos. La generación de energía con carbón resulta beneficiosa en operaciones continuas para ambientes urbanos o rurales.

1.4.1.3 Tratamiento técnico de materiales.

El tratamiento del carbón requiere la aplicación de métodos mecánicos simples como reducción de tamaño, lavado, secado y clasificado. Puede utilizarse también el horneado.

1.4.1.4 Demanda por parte del mercado.

La presencia de las briquetas en el mercado es sostenible por la demanda del público para utilización variada y particular. El estudio de mercado muestra la posibilidad de un comercio constante en distintos sectores públicos y de industrias.

1.4.1.5 Obtener un producto ecológico.

La briqueta se puede fabricar con características regulares de resistencia, cantidad de calor y calidad de residuos de acuerdo al tipo y uso a que se destina. Las técnicas de fabricación están dirigidas a eliminar el azufre y los compuestos volátiles.

1.4.1.6 Generar una fuente de energía opcional.

El uso de carbón en forma de briquetas es una alternativa frente a los combustibles líquidos y gaseosos; la briqueta encuentra aplicación en diversas industrias biológicas, físicas y químicas.

1.4.2 Problema.

Usar el recurso carbón y sustancias orgánicas no tóxicas disponibles en el país. Establecer una planta de producción para abastecimiento de industrias diversas y uso doméstico. Otorgar a la población un producto generador de energía, de bajo costo, usando recursos naturales y renovables y de uso simple con características generales y medioambientales limpias.

1.5 MARCO TEÓRICO.

El combustible considerado está entre los recursos principales mundiales utilizados para producir calor capaz de interactuar con otras formas de energía en transformaciones mecánicas, eléctricas y radiactivas. Está disponible en relativa abundancia en el Perú. En unos casos se tiene que superar los medios ambientales adecuados para un sistema de extracción y los factores económicos competitivos así como hacer frente a decisiones políticas eventuales.

Se puede utilizar el recurso natural y biomasas para transformarlos por medios mecánicos y térmicos en productos combustibles de residuos inertes.

El carbón preparado de granulometría fina se mezcla con aglomerantes, adhesivos, desulfurantes y comburentes para dar un producto combustible útil para industrias y público en general.

El marco aplicado para la producción de briquetas está sustentado en las bases de principios científicos, de investigación técnica y de estudio económico.

Las bases científicas ayudan en la elaboración del diseño de planta con su distribución, mecanismos y controles físicos y químicos, la investigación

técnica permite elegir el método adecuado de elaboración y sus características resultantes y el estudio financiero muestra detalles de la inversión necesaria, sus costos, utilidades y mantenimiento económico.

1.6 HIPÓTESIS.

Nuestra hipótesis es fabricar briquetas a partir de carbón y sustancias combustibles para uso industrial, social y doméstico.

1.6.1 Hipótesis Inicial.

En nuestro país existen yacimientos de carbón en diversas zonas del norte y centro del territorio principalmente. Tenemos este recurso en reservas determinadas relativamente grandes y la explotación se ha realizado en escala mínima permanente. La briqueta es fuente de energía y el precio es competitivo frente a otros combustibles; se puede aplicar procesos objetivos de transformación, su disponibilidad es entera, así también obtener el producto desde materias primas de calidad. Existen técnicas disponibles para eliminar constituyentes dañinos al ambiente y actualmente el mercado nacional solicita este recurso. La elaboración de briquetas conduce a la fabricación de carbón activado y coque metalúrgico.

1.6.2 Hipótesis Final.

Para la fabricación de las briquetas se extrae el mineral, se adquieren las materias primas complementarias y se procesa para transformación en briquetas combustibles. Se produce la cantidad proyectada y se hace la distribución y venta. Los gases obtenidos por los procesos son controlados y tratados. El producto genera poder calorífico y deja residuos estériles. Contribuye como producto a la economía participando en el mercado nacional y es un producto medioambiental natural, sanitario y libre de gas tóxico significativo, tiene ventajas en el manejo y distribución así como es un producto de calidad general.

1.7 METODOLOGÍA.

La metodología es investigación científica, consulta pública y bibliográfica, experimentación y sustentación, la cual se utilizará en el trabajo del desarrollo del proyecto con la asistencia de los asesores correspondientes.

1.8 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.

1.8.1 Consumo del Carbón.

Se considera el carbón como recurso energético para todas las comunidades en la nación. Se establece su extracción y manufactura para consumo general. Las briquetas se comercializan en distintas partes del orbe en variadas formas, composiciones y tamaños; y están regidas por condiciones de cantidad de reservas, mantenimiento de equilibrio ambiental y utilidades económicas.

1.8.2 Comercialización.

Empresas diversas realizan la extracción de carbón y otras la compra en el lugar extraído, hacen el transporte por las rutas del estado y abastecen al público en Lima y provincias, en algunos casos de forma ilegal. El comercio del carbón nacional se realiza también artesanalmente y técnicamente según el fin a utilizar. La legalización y la explotación formal regularizan el consumo de recurso y su participación en la economía nacional con los efectos que conlleva.

2. ESTUDIO DE MERCADO.

Este estudio se realiza sobre una población muestral de los lugares representativos para consumo de briquetas. Estos lugares están en el Departamento de Lima, Provincia de Lima y Distritos de Villa María del Triunfo, Comas y Ate Vitarte.

El estudio de mercado se realiza a través de encuestas, cálculo, análisis y proyección sobre el uso de este combustible en composición y presentación variables.

Los análisis de resultados indican la necesidad del producto y su escasa participación en el mercado nacional. Hay desconocimiento en las regiones que no cuentan con el recurso.

2.1 FACTORES CONSIDERADOS.

2.1.1 Producto.

La briqueta de carbón es una fuente de energía eficiente y de usos múltiples.

2.1.2 Calidad.

La calidad se obtiene de acuerdo con el tipo de carbón y ó materia orgánica utilizados y las propiedades físicas dependen de éstos ingredientes.

2.1.3 Uso.

Se usa para todas las operaciones que necesiten energía calorífica en distintas áreas.

2.1.4 Mercado.

Es toda la extensión del territorio nacional y viabilidad de comercio exterior con facilidades por convenios y tratados.

2.1.5 Comercialización y Abastecimiento.

La venta y consumo de las briquetas son actividades que afectan

directamente el mercado.

2.1.6 Proyección de la demanda.

La parte de la población que desconoce ó no tiene acceso al uso de briquetas aumentaría la demanda de éstas.

2.1.7 Determinación del mercado.

En general existe la posibilidad de considerar el mercado nacional y mundial.

2.1.8 Consumidores.

Los consumidores tienen actividades diversas, pertenecen a poblaciones de economía alta ó baja y zonas urbanas ó rurales.

Los parámetros considerados se muestran en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1 PARÁMETROS DE ESTUDIO DE CONSUMIDORES.

Producto:	Briqueta de carbón.
Característica:	Oferta y Demanda.
Población:	Público de Lima.
Alcance:	Provincia de Lima.
Marco muestral:	3 distritos.
Tamaño de muestra:	144 personas.
Muestreo:	Conglomerado sistemático.
Etapas:	1ª: Villa María del Triunfo. 2ª: Comas. 3ª: Ate-Vitarte.

Confiabilidad:	Alta.
-----------------------	--------------

La figura 2.1 describe la opinión pública sobre las briquetas de carbón para uso doméstico.

Los lugares de comercialización de briquetas se indican en la Tabla 2.2.

TABLA 2.2 MERCADO PARA COMERCIALIZACIÓN DE BRIQUETAS.

Actual:	La Libertad, Cajamarca, Loreto, Lima, Junín, Ancash, Arequipa y Cusco.
Objetivo:	Principales ciudades del país no productoras.
Potencial:	Regiones sin producción ni consumo actual en el Perú.
Total:	Territorio nacional y el exterior.

2.2 OFERTA.

Las briquetas de carbón mineral, vegetal y de biomasa se producen en muy baja cantidad de modo artesanal e industrial en algunos departamentos del Perú. La producción es insuficiente para el mercado nacional y puede ser mejorada aumentando la cantidad y la diversidad. Actualmente se consumen briquetas importadas que complementan el consumo interno disminuyendo el ingreso económico que se podría lograr para inversionistas locales.

2.3 DEMANDA.

El análisis del mercado nacional muestra un bajo consumo actual, tiene características de poca difusión y desconocimiento por parte de la población; debido a esto, tiene la posibilidad de mayor comercialización pública.

2.4 EVALUACIÓN DEL ESTUDIO.

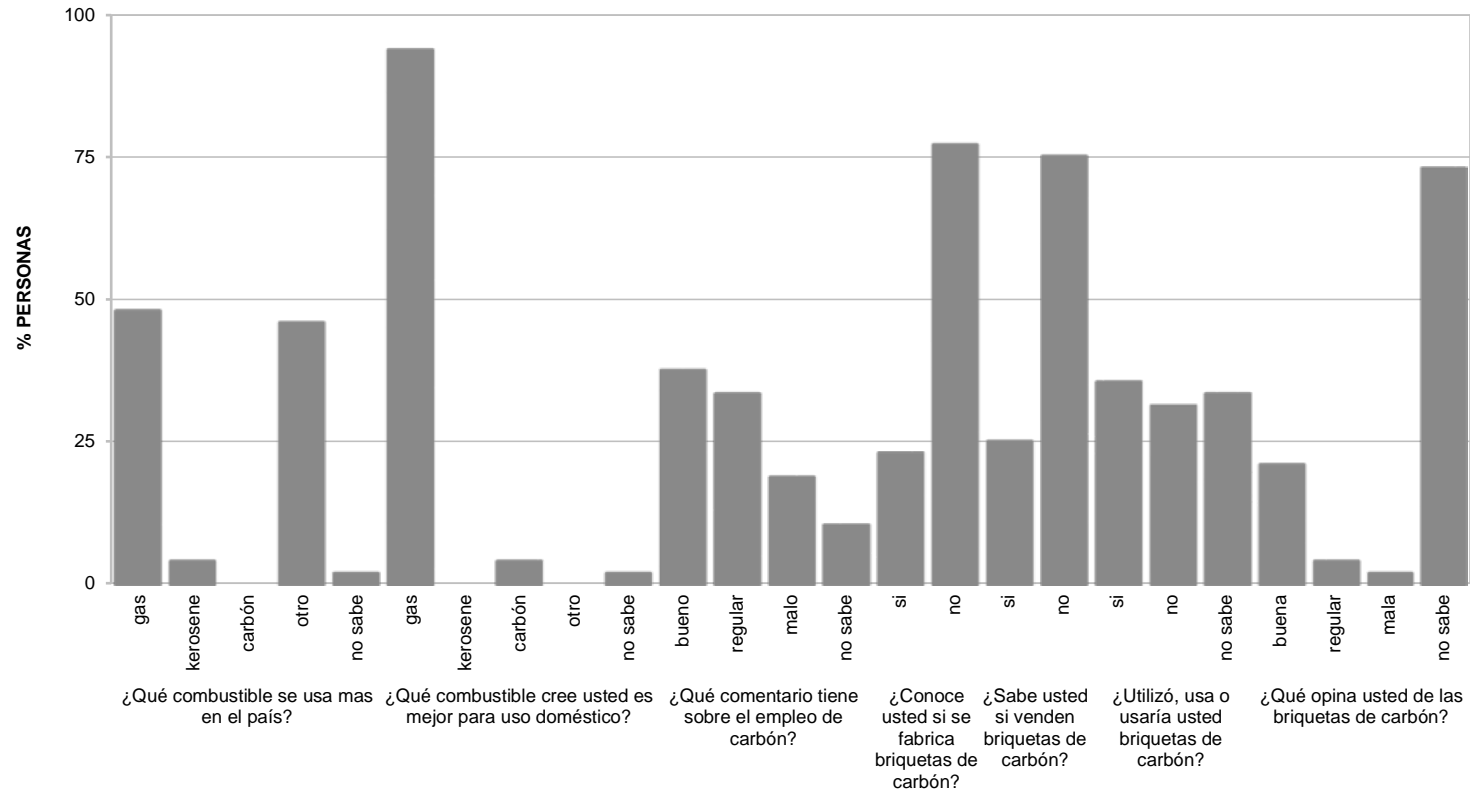
El estudio realizado en Lima con la muestra representativa nos indica:

1. El carbón es el combustible usado alternativamente después del gas y el kerosene.
2. El 71% de la población considera al carbón un combustible bueno ó regular.
3. Un 77% de la muestra no conoce las briquetas.
4. El 35% utilizaría el producto.
5. El 21% opina que éstas briquetas son buenas.

La producción de briquetas dirigida al público de distintas especialidades puede desarrollarse por etapas sucesivas así como:

- Ingreso en el mercado. Por el conocimiento de las condiciones actuales del producto y su operación.
- Desarrollo del mercado. Implementando mejoras en el mercadeo, los precios y la distribución.
- Mejoras del producto. Considerando sus materiales y propiedades.
- Diversificación del producto. Se adecúa a características específicas o particulares.

ENCUESTA DE OPINIÓN PARA BRIQUETAS DE CARBÓN.



USO DE BRIQUETAS DE CARBÓN

FIGURA 2.1 OPINIÓN PÚBLICA PARA BRIQUETAS DE CARBÓN.

2.5 INTERPRETACIÓN.

El estudio nos da la aprobación de la perspectiva para la instalación y mejora de una planta de fabricación de briquetas de carbón y biomasa. Este resultado demuestra su baja producción en el presente en oposición a la existencia de recursos de carbón de diversos tipos, la falta de variedades de tipo y tamaño y la poca utilización de la biomasa producida en distintas actividades.

Los combustibles varían su consumo en forma dependiente del precio, capacidad calorífica y facilidad de uso; por esto las briquetas constituidas con calidad pueden participar en competencia en el mercado total.

3. MINERALOGÍA DEL CARBÓN PERUANO.

3.1 CARBÓN EN EL PERÚ Y BIOMASA.

En el país se cuenta con yacimientos de carbón en La Libertad, Lambayeque, Tumbes, Cajamarca, Ancash, Junín, Amazonas, Loreto, Lima, Cerro de Pasco, Ica y Arequipa. Las zonas identificadas en las que se hallan depósitos de carbón han sido evaluadas obteniéndose las composiciones siguientes mostradas en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1 CARBONES EN EL PERÚ.

Elemento	%
Carbono	25 – 98
Hidrógeno	10 a 74
Oxígeno	< 25
Azufre	< 10
Nitrógeno	1 - 2
Elementos inorgánicos	5 - 15, hasta 50
Agua de enlace	< 42
Minerales de arcillas, pizarras, carbonatos, agua libre y roca encajonante.	< 67

FUENTE: PRIMER SIMPOSIUM EL CARBÓN 1985 UNI PERÚ.

El contenido de azufre puede ser de origen orgánico por el contenido de

proteínas de la materia vegetal original e inorgánica en componentes de los sulfuros y sulfatos.

3.1.1 Biomasa.

Un bioma es el conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica que es explicado a partir de la vegetación y de las especies animales que predominan en él y son las adecuadas. La biomasa es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

3.1.2 Método de Determinación de Carbono Fijo.

Se realiza por la norma ASTM D-3172. En el análisis del carbón en crisol se eliminan la humedad, las materias volátiles, se quema el carbono y se obtiene las cenizas. El contenido de carbono fijo se obtiene por diferencia de éstos pesos.

3.1.3 Ciclo del azufre.

La intemperización extrae sulfatos de las rocas, los que recirculan en los ecosistemas. En los lodos reducidos, el azufre recircula gracias a las bacterias reductoras que reducen sulfatos y otros compuestos similares y a las bacterias des nitrificantes que oxidan sulfuros. El H_2S que regresa a la atmósfera se oxida espontáneamente y es acarreado por la lluvia. Los sulfuros presentes en rocas sedimentarias y combustibles fósiles son oxidados finalmente debido a movimientos de la corteza terrestre e intemperización y al ser empleados por el hombre respectivamente. En la figura 3.1 se hace una representación para este ciclo.

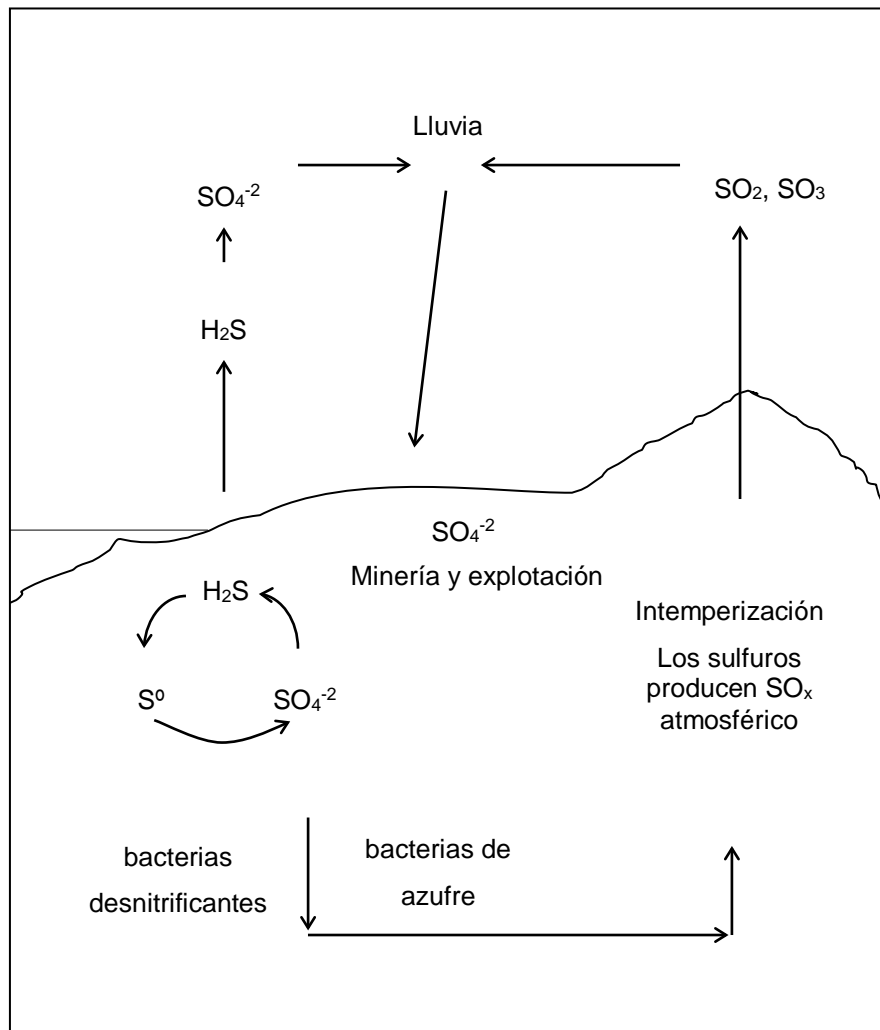


FIGURA 3.1 CICLO DEL AZUFRE.

3.1.4 Formación de Carbones en el Perú.

En el Perú hubo tres períodos principales de la formación de los carbones:

- Mississippiano - Carbonífero Inferior, Paleozoico
- Transición del Jurásico al Cretáceo, Mesozoico
- Mioceno, Cenozoico

Los depósitos de carbón de los periodos mencionados, se diferencian entre sí por su magnitud, extensión, calidad, rango y afloran con pocas excepciones en distintas áreas. Con esto resulta posible determinar provincias carboníferas que contienen yacimientos carboníferos con génesis y características parecidas. Los carbones y sus yacimientos varían de una zona

a otra; esta variación es debida a:

- Diferencias de paleogeografía y clima durante su deposición y
- Distinta historia geológica posterior.

Entre las zonas del territorio nacional que presentan formaciones de carbón se distinguen:

3.1.4.1 Andes Nor Occidentales.

Los depósitos económicamente más importantes se depositaron en la parte occidental del Norte del Perú. La cuenca se extiende desde el norte del departamento de Lima, hasta el sur del departamento de Cajamarca, siguiendo a ambos lados la divisoria de las aguas entre los océanos Pacífico y Atlántico, El carbón aflora en la Franja Interandina y en los valles de la Cordillera Occidental, donde la erosión removió la cubierta volcánica.

Los depósitos por lo general son series productivas de 100 m a más de 200 m de potencia con varios mantos paralelos, y con decenas de kilómetros de longitud. Están ubicados a lo largo de la transición entre la formación jurásica Oyón y cretácea Chimú. Los mantos de carbón están asociados con lutitas y se encuentran en ambas formaciones.

La formación Oyón está compuesta por sedimentos clásticos como lutitas, lodolitas y areniscas finas. Los mantos en la Formación Chimú son más numerosos y se agrupan junto con lutitas y poca arenisca en varios paquetes de algunos metros de espesor, separados entre sí por varias decenas de metros de cuarcitas.

El grosor conjunto de los mantos explotables en un paquete excede a 5.0 m. Las longitudes de mantos varían de pocos centenares de metros a varios kilómetros. Por ejemplo en Alto Chicama, los mantos principales se prolongan por decenas de kilómetros. La mayoría de los mantos carboníferos son verticales y sub verticales, muchas veces invertidos. Por lo general, los rumbos son paralelos a los Andes; en el departamento de La Libertad, la serie carbonífera se bifurca presentando también rumbos transversales. Los mantos de la formación Oyón se encuentran más afectados por el tectonismo que los

de la formación Chimú. La deformación resultante es más pronunciada en los vértices que en los flancos de los anticlinales. El carbón molido y mezclado con lutitas se denomina cisco. El carbón de la parte occidental fue convertido en su mayor parte en antracita. Las pocas áreas en donde se presenta la hulla, están ubicadas cerca del Arco Marañón y en lugares con magmatismo reducido, como por ejemplo en Oyón departamento de Lima.

3.1.4.2 Centro del Perú.

La extensión de los depósitos carboníferos mesozoicos en el centro del Perú es de pocos kilómetros. El carbón es generalmente sucio, sin embargo, en algunas cuencas se depositaron grandes grosores de carbón bastante puro como el yacimiento de Goyllarisquizga.

Regionalmente, el carbón alcanzó el rango de hullas y sólo cerca de los intrusivos fue convertido en antracita. Las hullas mesozoicas sobre yacen a veces al grupo Ambo con antracita mississippiana. Los depósitos de carbones mississippianos son pre andinos y se encuentran en la cordillera oriental del centro y sur del Perú dentro de la formación Ambo. Los depósitos conocidos son lagunares, tienen carácter lenticular, alto contenido de cenizas y extensión reducida. La perturbación tectónica es fuerte y el rango corresponde a las antracitas. También se encuentran pequeñas ocurrencias de hulla y antracita mississippiana en la cordillera de la costa del departamento de Ica.

3.1.4.3 Sub Andina.

La franja sub andina corresponde a la parte Oriental; se encuentra casi inexplorada por carbón. Los pocos mantos carboníferos encontrados están en la formación Cushabatay en Loreto del Grupo Oriente, que por su litología y edad corresponde a la formación Chimú de la parte occidental.

El carbón de los afloramientos de la formación Cushabatay es tipo hulla; el mismo rango tienen los observables de la parte Oriente examinadas con fines de exploración petrolera.

3.1.4.4 Sur Oeste.

El carbón mesozoico de la cordillera occidental en el sur del país aflora en

pocas áreas donde la cubierta de los volcánicos cenozoicos fue removida por erosión. Los mantos de carbón observados son más delgados en la parte Norte y se encuentran en la formación Labra del grupo Yura en Arequipa; estos mantos se explotan en algunos lugares.

3.1.4.5 Nor Este.

En el norte del país, a finales del Terciario, se formaron mantos de lignitos. La formación Pebas en Loreto contiene el más alto potencial de lignitos, esta formación subyace al Llano Amazónico del Nor Este del país y de las áreas limítrofes de Brasil y Colombia. El problema de muchos lignitos terciarios, es el alto contenido de cenizas y azufre. Depósitos de lignito con menores grosores y extensión se encuentran en los departamentos de Cajamarca y Tumbes. El yacimiento de Yanacancha cerca de Cajamarca se explota comercialmente.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN PERUANO.

Se tienen carbones de tipo antracita, bituminoso, lignito, turba y tipos intermedios. Los tipos indicados para aglomerar son antracita y bituminoso, los que necesitan un proceso previo son turba y lignito generalmente para concentrar el contenido de carbono fijo.

El carbón natural en Perú se caracteriza por contener azufre formando mayoritariamente un compuesto de hierro que representa en peso 0.5% - 3.5% y en menor proporción sulfatos y compuestos orgánicos.

El tipo antracítico es el más abundante y el que mejor calidad presenta para la conformación de briquetas por su alta capacidad calorífica, alta densidad y bajo contenido de sustancias volátiles.

En la Tabla 3.2 se muestra la clasificación nacional de los carbones y en la Tabla 3.3 observamos el análisis de diversos carbones en distintas regiones del país, luego en la Tabla 3.4 está la estimación de las reservas de carbón en el Perú.

TABLA 3.2 CLASIFICACIÓN NACIONAL DE LOS CARBONES.

Tipo	Sub tipo	C *	Volátil	Energía
		%	%	BTU/lb
Antracita	meta antracita	> 98	< 2	
	antracita	92 - 98	2 - 8	
	semi antracita	86 - 92	8 - 14	
Bituminoso	bajo volátil	78 - 86	14 - 22	> 14000
	medio volátil	69 - 78	22 - 31	
	alto volátil a	< 69	> 31	13000 - 14000
	alto volátil b			11500 - 13000
	alto volátil c			10500 - 11500
Sub bituminoso	clase a			10500 - 11500
	clase b			9500 - 10500
	clase c			8300 - 9500
Lignito	lignito a			6300 - 8300
	lignito b			< 6300
Turba				< 4000

FUENTE: TESIS PLANTA DE FABRICACIÓN DE COQUE. FIGMM UNI.

* Carbono fijo se determina con presencia de humedad física natural.

TABLA 3.3 ANÁLISIS DE DIVERSOS CARBONES DEL PAÍS.

Yacimiento	Agua libre	Volátiles	C	Ceniza	S	Calor experim.	Calor teórico	Rango
	%	%	%	%	%	cal/g	cal/g	
Tres amigos Alto Chicama	3.34	2.15	92.1	2.38	0.91	8862	7735	Antracita
La Victoria Alto Chicama	3.63	1.65	91.6	3.07	0.36	8749	7614	
Lucma Trujillo	4.45	8	83.6	3.66	0.82	8409	7640	
Sedemin Alto Chicama	3.33	3.79	87.8	5	0.7	8231	7551	
Leguía Baños Chimú	1.88	8.23	82.7	7.11	0.41	7779	7604	
Centenario Santa	4.14	4.41	71.9	19.55	0.73	7747	6225	
Cupisnique Cajamarca	5.85	7.23	55.8	31.04	0.66	6655	5259	
Hatunhuasi Junín	4.09	27.03	54.4	14.39	1.78	7976	6823	Bituminoso
Tumbes	8.33	33.86	31.5	26.3	5.66	6794	5281	
Callejón de Huaylas Ancash	18.76	24.31	25.8	31.06	0.52	6065	4100	
Yacimiento Grande Amazonas	0.8	30.42	50.8	17.9	6.04	7330	6768	
Putumayo Oriente Peruano	29.04	27.72	21.1	22.1	7.9	6656	3925	Lignito
Tumbes	12.05	28.63	24.7	34.59	5.4	5499	3315	

FUENTE: FIGMM-UNI LIMA PERÚ

**TABLA 3.4 RESERVAS TOTALES ESTIMADAS DE CARBÓN EN PERÚ.
TM.**

Era	Cuenca	Reserva Probadada	Reservas totales estimadas
Paleozoico	Paracas		2 950 000
Mesozoico	Yura		2 892 000
	Oyón	18 000 000	172 050 000
	Santa	575 940	214 749 000
	Chicama	26 976 741	312 174 360
	Goyllarisquizga	1 542 500	7 970 000
	Hatunhuasi	1 905 295	60 457 250
	Cajamarca	20 000	54 870 000
	Chiclayo		400 000
Cenozoico	Yanacancha		25 000 000
	Tumbes		101 000 000
	Loreto		100 000 000
Subtotal		49 020 476	1 054 512 610
Reservas en el Perú		1 103 533 086	
Reservas en el Mundo		984 000 000 000	

Fuentes: INGEMMET - UNI - UNMSM. LIMA PERÚ.

3.3 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARBÓN MINERAL.

La producción de carbón mineral en el Perú es aproximado al 1 % de las reservas probadas. El consumo se hace en una parte del carbón nacional y en complemento de producto importado en cantidades similares de países vecinos dirigido principalmente a las industrias de ladrillos, cemento y acero.

En la Tabla 3.5 se muestra las características de la explotación del carbón nacional.

TABLA 3.5 CARBÓN MINERAL EN EL PERÚ Y EL MUNDO AÑO 2006.

Millones de TM

Categoría	Nacional	Latinoamérica y El Caribe	Mundial
Reservas probadas	49.9	43020	984000
Producción	0.07	89.67	6192.9
Relación Reserva/Producción	712	479	159
Consumo anual	1.09	56	4644.4

Fuente OLADE SIEE. Ecuador Quito.

3.4 OBSERVACIONES.

- En el año 2006 se utilizó carbón principalmente bituminoso para fabricación de coque metalúrgico en el Perú.
- La intermediación entre los productores y el consumidor afecta el consumo general.
- El consumidor desprecia las diferencias de poder calorífico en el carbón.
- El consumo interno del carbón ha sido inconstante e influenciado por la ubicación próxima a la zona productiva.
- El precio está relacionado a las variaciones de precios internacionales.

- Al haber demanda variable el minero no logra el equilibrio en su economía.
- Existe la minería artesanal no especializada y poca inversión para éste recurso.
- Hay ausencia de promoción e incentivos por parte del estado fiscalizador.

4. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DE BRIQUETAS.

4.1 GENERALIDADES.

La fabricación de briquetas se realiza actualmente en diversos países del mundo tal como Alemania, Estados Unidos, Corea, Argentina entre otros utilizando operaciones primarias ó también se utilizan máquinas de producción continua en las que se necesita la materia prima molida y se elaboran las briquetas en forma directa por extrusión.

Características para el manipuleo de carbón:

- a. El carbón ventilado puede almacenarse fácilmente.
- b. El transporte no necesita conductos de altas presiones.
- c. Las rutas de transportes no necesitan ser altamente protegidas.
- d. El transporte afecta el precio de materia prima.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE BIOMASA.

La biomasa puede provenir de fuentes como las cosechas de plantaciones perennes, las herbáceas de cosecha anual, las gramíneas y las oleaginosas, entre otras. También se obtiene de los residuos de la agricultura, de la industria procesadora de alimentos, de la industria manufacturera de productos de madera y de los residuos sólidos de fuente industrial y municipal. Actualmente se estima una contribución cercana al 10 % por parte de los combustibles a partir de biomasa en el suministro primario de energía en el mundo, siendo en promedio del 5 % en los países industrializados y cerca del 30 % en los países en vías de desarrollo.

4.3. PIROLIZADO.

Es el procedimiento químico de descomposición de sustancias orgánicas mediante el calor en el que se utiliza ambientes con oxígeno o nitrógeno para producir la eliminación de sustancias volátiles, gases o vapores.

Tiene por objetivo aumentar el contenido de carbono fijo en las materias

primas con mayor contenido de compuestos que llegan a combustión a temperatura mas baja que los compuestos densos.

La figura 4.1 muestra el Diagrama de Flujo correspondiente a un proceso de fabricación optimizado de briquetas de carbón y biomasa.

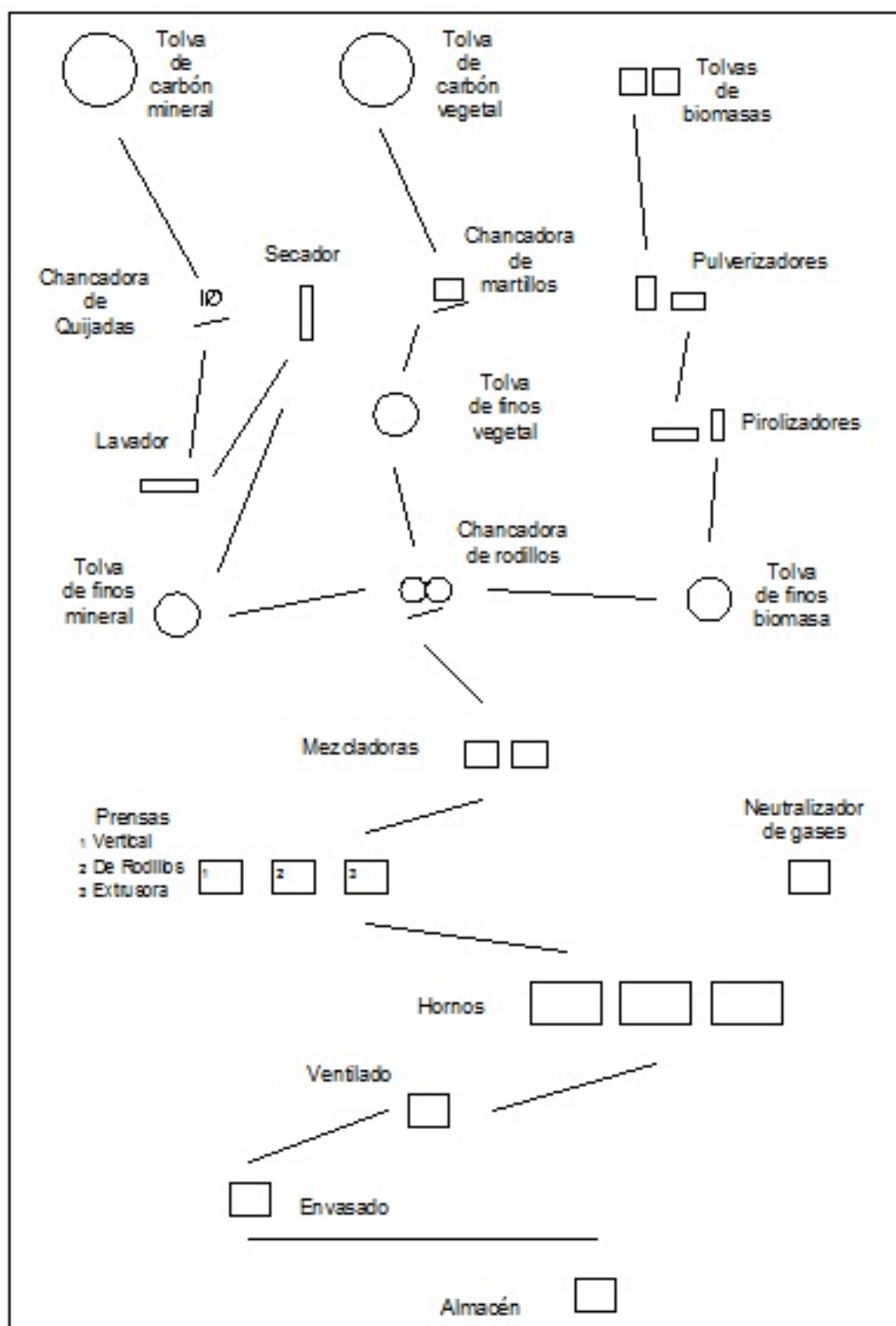


FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE FABRICACIÓN DE BRIQUETAS.

Las tecnologías de tratamiento de carbón mineral disponen de la secuencia de operaciones siguientes afines a la producción de briquetas:

Recepción de materias primas. Chancado. Cribado. Lavado. Secado. Pulverizado. Pirolizado. Molienda. Tamizado. Mezcla. Aglomerado por Prensado Lineal, de Rodillos y Extrusionado. Horneado. Ventilado. Envasado. Almacenado. Tratamiento de Gases y Ensayos.

4.4 INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS.

Se consideran las materias primas y los aditivos para obtener una mezcla que se transforme por aglomeración en un sólido compacto con propiedad principal de combustión sin humo, libre de producir contaminación por gases ácidos y que tenga facilidad en el traslado para distintas zonas ó áreas de aplicación.

Los elementos principales son el combustible, el medio aglomerante y el adhesivo para complementarse con los reactivos absorbedor de azufre, favorecedor de la combustión y reforzador de la unión entre partículas aglomeradas.

El combustible típico es el carbón, el aglomerante puede ser un líquido que tenga propiedades de unir las partículas mediante sus propiedades físicas en una masa regular y el adhesivo es una sustancia que favorece la relación entre partículas mediante una estructura molecular físico química. El calcio es el absorbedor más fuerte de azufre favoreciendo la derivación de sulfatos a las cenizas. Una sustancia que favorece la combustión reduce la temperatura de ignición para ayudar al encendido del sólido. La unión entre partículas se hace mejor con la adición de ácidos fuertes que alteran las uniones físicas en químicas dando una mejor resistencia al producto aglomerado.

La Tabla 4.1 muestra los ingredientes más utilizados para la fabricación de briquetas limpias y ecológicas clasificados en conjuntos.

TABLA 4.1 INGREDIENTES PARA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS COMBUSTIBLES.

1	Combustible	Antracita Bituminoso ó hulla Lignito Carbón vegetal Carbonilla Aserrín Semilla de oliva, durazno Cáscara de arroz, coco Granos secos Otra biomasa
2	Aglomerante	Agua Agua de alquitrán
3	Adhesivo	Almidón Ácido Húmico Melaza
4	Desulfurante	Carbonato de Calcio Hidróxido de Calcio Carbonato de Sodio Hidróxido de Sodio Carbonato de Magnesio
5	Comburente	Clorato de Potasio Nitrato de Sodio Parafina
6	Reforzador de la unión de partículas	Ácido Clorhídrico Ácido Nítrico

4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CONFORMACIÓN DE BRIQUETAS.

Las briquetas hechas con aglutinantes son generalmente prensadas en baja presión, cuando las briquetas se hacen sin aglutinantes, no obstante, el suceso del proceso depende de la trituración o de la deformación plástica de las partículas al aproximarlas con altas presiones. No sorprende que muchos componentes orgánicos puedan briquetearse solamente con presión. Las fuerzas que aglomeran éstas partículas no son fuertes ni específicas, por lo tanto es necesario solamente comprimirlas en contacto estrecho.

Los aglomerantes de tipo matriz como melaza engastan las partículas en una fase aglutinante sustancialmente continuada, por lo tanto las propiedades de las briquetas se determinan en gran parte por las propiedades del adhesivo. Los aglomerantes de tipo película cemento actúan como pegamentos y

desarrollan su resistencia mediante la evaporación del agua o de algún volátil.

Los aglomerantes de tipo solvente como agua de alquitrán se usan en algunos casos aunque el material pueda ser briqueteado solamente con presión ya que pueden utilizarse presiones menores y hacerse briquetas con una estructura más porosa.

4.6 PRODUCCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO.

Se realiza la práctica de briqueteado en laboratorio utilizando el material con las características mostradas en la siguiente Tabla 4.2.

TABLA 4.2 CARACTERÍSTICAS DE CARBÓN PARA LABORATORIO.

Combustible:	Antracita
Densidad:	1.5 g/cm ³ .
Granulometría	100% -m6
Humedad física	Natural.
Contenido de azufre	< 1%
Tecnología	Carbón mineral de bajo volátil.

Se realiza la fabricación utilizando la molienda, mezclado y aglomerado. La fabricación en Laboratorio incluye el chancado de carbón con una distribución de tamaño menor a 3.32mm, adición de agua, almidón y un reactivo de calcio en la siguiente proporción: Carbón 1000 g., Agua 350 g., Almidón 60 g., Óxido de Calcio impuro 37.5 g.

La Tabla 4.3 establece la composición de una mezcla típica para aglomerado de briquetas y la figura 4.2 el proceso de fabricación.

TABLA 4.3 COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA PARA BRIQUETAS.

Ingrediente	% En Peso
Carbón	69

Agua	24
Almidón	4
Ca	3

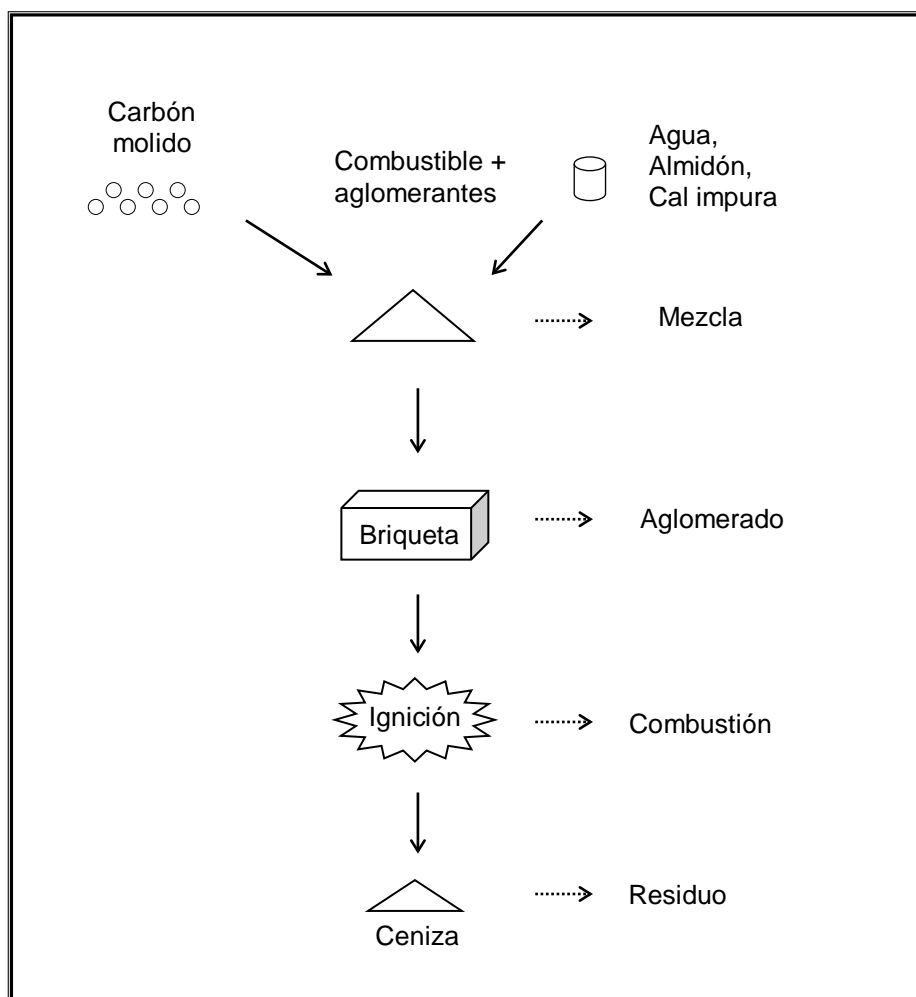


FIGURA 4. ESQUEMA DE FABRICACIÓN Y USO DE BRIQUETAS EN LABORATORIO.

Este gráfico indica la primera etapa de chancado y molienda, luego la adición de reactivos para formar la mezcla y hacer el aglomerado, se obtiene la briqueta sobre un molde y se deja secar al aire libre. Continúa la quema quedando de residuo las cenizas.

Observaciones:

1. No se utilizó presiones altas.
2. El material aglomerado no necesita ser llevado al horno.

3. Presenta textura porosa.

4.7 DIVERSAS TECNOLOGÍAS.

Las tecnologías de fabricación son dependientes del material básico utilizado que tiene características propias y usos aplicativos particulares; el carbón pulverizado disponible en grandes cantidades tiene empleos diversos industriales como combustible en las operaciones metalúrgicas como producción de sinter inyectado en alto horno, calcinación de cemento y de bauxita.

4.7.1 Carbón Mineral de Bajos Volátiles.

Se usa el carbón de tipo antracita, bituminoso y sub bituminoso alto y bajo; éstas briquetas son útiles para uso industrial en altos hornos, cúpulas de fundición, secadores y calentadores.

La fabricación incluye la aplicación de las siguientes operaciones:

Chancado. Se tritura el carbón por medio de una chancadora de quijadas o de martillos y se clasifica hasta obtener un tamaño menor a 6 mallas ó 3.3 mm, ésta operación produce la liberación parcial de azufre molecular.

Lavado. Se realiza a través de un lavador de espiral en contracorriente en el cual se elimina parte de las impurezas y se hacen más puras las partículas de carbón. Este lavado disminuye la densidad del carbón, la producción de cenizas y el consumo de desulfurizante.

Molienda. Se realiza por trituradora de rodillos hasta obtener la granulometría de 14 mallas ó 1.2 mm adecuada para el aglomerado.

Mezcla. A través de un mezclador tipo espiral vertical u horizontal; se agregan el adhesivo, el aglomerante, el neutralizador de azufre y el comburente.

Prensado. Se utiliza una prensa mecánica sobre una matriz metálica conteniendo los moldes interiores. Puede utilizarse una matriz de rodillos con depresiones de formas variables.

Ventilado. Es útil para consolidar la briqueta; por que el producto elimina la humedad física y adquiere sus propiedades definitivas para la disposición final. La figura 4.3 muestra ésta secuencia de operaciones para briquetas de carbón mineral.

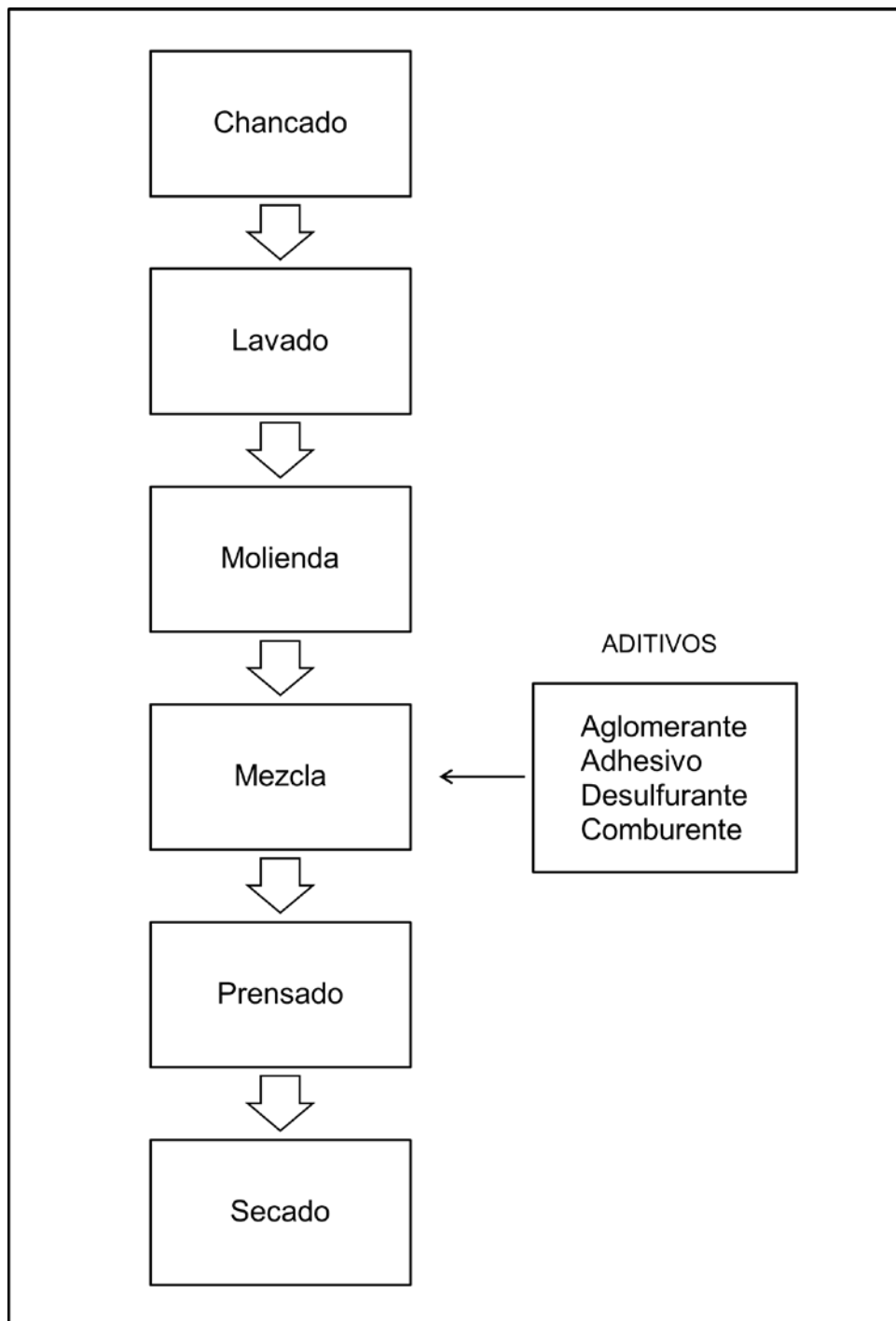


FIGURA 4.3 PROCESO PARA BRIQUETAS DE CARBÓN MINERAL DE BAJOS VOLÁTILES.

4.7.2 Carbón Mineral y Vegetal de Altos Volátiles.

Para este proceder se utiliza el carbón tipo lignito ó vegetal y las biomásas cáscara de coco, semilla de aceituna y otros granos vegetales.

Se ha desarrollado éste procedimiento para la preparación de briquetas combustibles sin humos a partir de carbón y biomásas. Las briquetas tienen altas resistencias mecánica y al agua y presentan un excelente comportamiento en la combustión en lugares abiertos. El proceso presenta importantes desarrollos en la etapa de horneado que es fundamental para obtener briquetas que cumplan con las principales especificaciones.

Se trata de la obtención de briquetas combustibles sin humo con mezclas de pirolizados de carbones de bajo rango y biomásas; aserrín, semillas de aceituna o melocotón, cascaras de coco o arroz, teniendo en cuenta la naturaleza y cantidad óptima de adhesivos, ácidos húmicos y melazas de caña de azúcar, la cantidad de aditivos para la retención de azufre, caliza ó hidróxido cálcico y la fase de horneado para obtener briquetas que cumpla con la resistencia y característica finales.

Comprende las etapas:

Secado. En caso que el carbón ó biomasa contenga humedad proveniente de mina ó de la fabricación puede ser necesaria esta operación sobre la materia prima para disminuir el contenido de agua.

Molienda. Para obtener el producto fino de tamaño 10 mallas ó 1.7 mm. Puede utilizarse distintos tipos de chancadoras, pulverizadoras ó molinos en etapas sucesivas para obtener el tamaño final.

Pirolizado. Realizado en presencia de aire o en ambiente neutro con gas nitrógeno o CO₂ a temperatura de 500 °C que se obtiene opcionalmente mediante un horno eléctrico cilíndrico que rodee un reactor y sea regulable para el incremento de calor progresivo. La operación se realiza durante 20 a 30 min en forma estacionaria o a menor tiempo en operación continua logrando la disminución de volátiles en 50% a 75%, igualmente una baja en el contenido de azufre de 20%. Los gases producidos se evalúan para el tratamiento ambiental

necesario.

Mezclado. Se mezcla en forma homogénea. Se añade un aglomerante como el agua y un adhesivo como almidón ácido húmico o melaza, un desulfurante entre caliza, carbonato de calcio ó hidróxido de sodio y un comburente como cera, clorato de potasio ó nitrato de sodio. Estos aditivos para la retención de azufre se añaden según la composición en la relación molar Ca/S entre 0 y 1,5.

Los constituyentes se mezclan íntimamente en las proporciones adecuadas hasta conseguir una masa uniforme, adhesiva y con propiedad plástica que constituye la alimentación al molde de la prensa.

Prensado. Se aplica la presión de conformidad al molde o tipo de matriz conteniendo una cantidad definida de la mezcla acondicionada previamente.

Las briquetas obtenidas denominadas en verde tienen una resistencia que permite su manejo pero es insuficiente para uso comercial. En máquinas hidráulicas se aplica una presión media sobre la matriz de 350 MPa.

Horneado. Aumenta la resistencia mecánica y al agua acorde con lo exigido, por efecto combinado de la temperatura, tiempo y gases.

Para briquetas que utilizan el adhesivo ácido húmico se recomienda un tratamiento térmico en estufa a 120°C - 180°C durante 2 a 4 horas en presencia de aire. En caso de uso de melaza se hornea a 180 °C - 260 °C durante 1 - 3 horas en presencia de aire. En ambos casos las humedades obtenidas finalmente son las residuales.

En esta técnica se utiliza conjuntamente el carbón y la biomasa de forma de aprovechar la alta potencia calorífica del carbón y el bajo contenido en cenizas de la biomasa.

La figura 4.4 muestra las operaciones para este proceso.

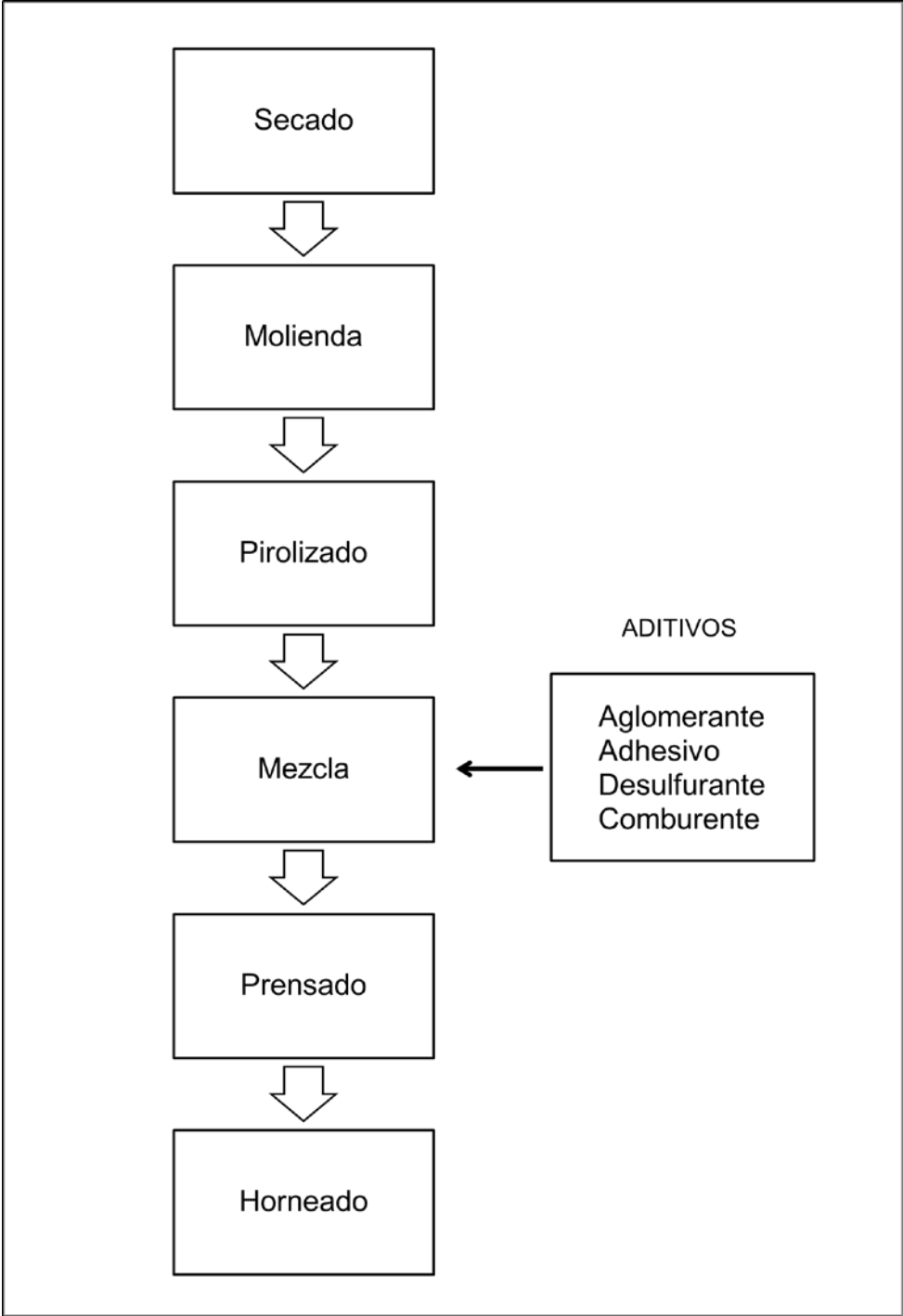


FIGURA 4.4 PROCESO PARA BRIQUETAS DE CARBÓN DE ALTOS VOLÁTILES.

4.7.3 Carbonilla Fina.

Es un producto residual consecuente del transporte de carbón, residuos vegetales y carbón de aserrín ó cortezas. El transporte y el manipuleo del carbón vegetal o mineral producen carbonilla fina que puede alcanzar desde el 4% a 20% en peso del mismo. La carbonilla vegetal también es un co producto significativo del proceso de pirolisis. La carbonilla se produce y transporta como polvo fino. En particular se puede utilizar para obtener carbonilla activada.

La carbonilla se obtiene en poco tiempo en un pirolizador y se extrae rápidamente por medio de ciclones, luego se enfría a aproximadamente 40 °C. No es térmicamente estable; el producto pirolítico recién producido puede incendiarse espontáneamente y producir fuego cuando se expone al aire u oxígeno.

Éste calentamiento espontáneo se relaciona con dos procesos: la absorción de agua de la carbonilla seca y la absorción química de oxígeno. Ambos procesos son reacciones exotérmicas. Cuando se expone a la atmósfera la carbonilla seca absorberá rápidamente vapor de agua y oxígeno, se calentará e inflamará si no se la enfría. El oxígeno es absorbido por la superficie de la carbonilla y reacciona químicamente con las moléculas orgánicas que se encuentran en el interior de la carbonilla. Ésta reacción puede liberar aproximadamente 120 MJ por kg-mol de oxígeno. Dado que las tasas de oxidación prácticamente se duplicarán con cada incremento de 10 °C de temperatura, el calor, si no se disipa, iniciará un proceso de oxidación acelerado y hará que la temperatura de la carbonilla aumente progresivamente

hasta que se inflame espontáneamente. El calor de la absorción de agua por la carbonilla seca puede liberar aproximadamente 20 MJ por kg-rnol de agua. Este calor de humidificación incrementa la temperatura de la carbonilla provocando un incremento en la oxidación del carbón.

La carbonilla fina tiene una pureza muy inferior a la del carbón vegetal; contiene aparte del carbón, fragmentos de arena mineral y arcilla. La carbonilla pulverizada fina producida de cortezas, ramas y hojas tiene un contenido de ceniza mayor que el carbón vegetal normal de la madera. Este material fino puede aún contener más del 50% de carbón según su grado de contaminación. Considerando la carbonilla como material útil la producción total del carbón vegetal aumentaría en un 10% ó más.

La carbonilla vegetal se utiliza como sustituto directo o un incremento de los combustibles fósiles para producir calor de proceso y energía. El aglomerado en briqueta de la carbonilla fina original de los trozos de carbón es una forma de utilización dependiente de los aspectos económicos.

La prensa debe ser proyectada de construcción sólida y capaz de aglomerar la mezcla de carbón y adhesivo en forma adecuada para el manipuleo hacia el horno, de una aleación resistente al desgaste rápido.

En general estas briquetas son aptas para uso doméstico y alternativamente para uso industrial y metalúrgico eliminando la contaminación ambiental. El producto requiere un abastecedor de carbonilla a bajo costo, un proceso técnico, un método adecuado de empaque, distribución y mercadeo.

Etapas de la fabricación.

Lavado. Se realiza para remover y eliminar impurezas como arena, limaduras, residuos densos o muy livianos obteniendo un carbón limpio.

Secado. Previamente se realiza la evaporación de agua que contenga a través de un secador eléctrico.

Mezclado. Utiliza agua caliente para dar plasticidad a una mezcla homogénea. Es necesario un adhesivo que se mezcle con la carbonilla de acuerdo al tipo de ingrediente; almidón y alquitrán en parte máxima hasta 10% en peso y opcionalmente comburentes: nitrato de sodio ó ceras.

Prensado. Forma un bloque o briqueta con resistencia para la etapa siguiente. Se utiliza prensa hidráulica, de rodillos ó una máquina extrusora. En cualquier caso debe ser de precisión y producción eficiente.

Horneado. Para consolidar la solidez, evaporar el agua de la mezcla y para que el bloque resulte suficientemente resistente para el uso industrial ó doméstico. La temperatura de quema es regularmente de 80 °C a 115 °C.

La figura 4.5 indica las operaciones para fabricar briquetas a partir de carbonilla mineral y vegetal.

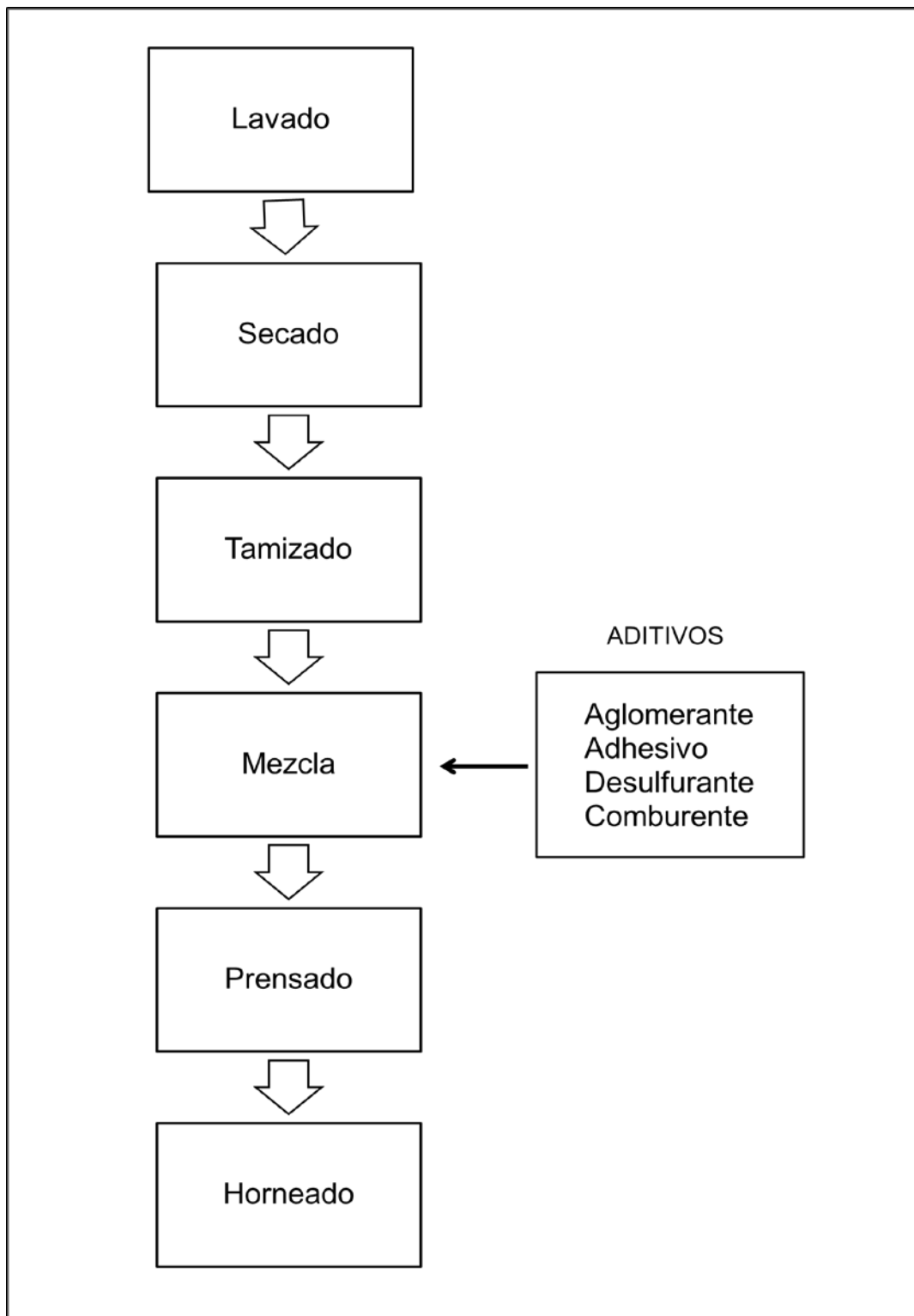


FIGURA 4.5 PROCESO PARA BRIQUETEADO DE CARBONILLA.

La Tabla 4.4 muestra la composición de un tipo de carbonilla de origen vegetal.

TABLA 4.4 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN DE CARBONILLA VEGETAL.

Elemento	%
Carbono	59.4
Hidrógeno	5.6
Oxígeno	9.0
Nitrógeno	0.8
Azufre	0.9
Humedad	17.7
Ceniza	6.6
Poder Cal/g	5801

4.7.4 Carbón de madera y biomásas.

Se utiliza carbón de madera, madera triturada, aserrín, cascara de coco, semilla de aceituna, frutos duros y ó sólidos vegetales.

Comprende las siguientes etapas:

Molienda. La materia orgánica pasa a través de un molino de rodillos hasta obtener una granulometría inferior a la malla 4 ó 4.75 mm. Las máquinas pulverizadores producen virutas de orgánicos con una relativa cantidad alta de humedad que se reduce en la siguiente etapa.

Pirolizado. Se realiza en un reactor provisto de resistencias eléctricas que producen el calor necesario a temperatura definida para reducir la humedad y ó sustancias volátiles a niveles bajos ó hasta lograr un nivel de carbonización.

Mezclado. Se obtiene una mezcla íntima entre los ingredientes;

sustancias orgánicas y adhesivo a través de las máquinas mezcladoras de diversos tipos.

Extrusión. En ésta operación se hace la extrusión continua de la mezcla a través del interior de un canal con un tornillo sin fin interno para producir las briquetas. Generalmente no requiere adhesivo externo. Las máquinas extrusoras típicas transforman 200 Kg/h de aserrín o cáscara de arroz en briquetas cilíndricas de diámetros hasta de 76 mm y de longitud variable hasta de 500 mm, con un hueco central y una capa exterior anti humedad.

Horneado. Reduce el contenido de humedad y volátiles hasta 0% ó 5% y aumenta las propiedades calóricas. Se utiliza un horno eléctrico a 80 °C - 120 °C por tiempos de 2 a 5 horas.

Ventilado. Ésta operación se realiza al aire libre. En caso de obviar el tratamiento al horno se procede a ventilar las briquetas hasta lograr la sequedad y estabilidad mínimas necesarias.

La Tabla 4.5 describe la composición de la semilla de aceituna.

TABLA 4.5 COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA DE ACEITUNA.

SEMILLA DE ACEITUNA	
Componente	%
Carbono total	50.2
Carbono fijo	18.1
Hidrógeno	6.5
Nitrógeno	0.16
Azufre	0.03
Volátiles	80.5
Humedad	9.3
Ceniza	1.4
Poder Calorífico	4480 cal/g

En casos de biomásas con contenidos altos de humedad y sustancias

volátiles puede no ser necesario la aplicación de aglomerantes ó adhesivos y aplicarse directamente la conformación a los pirolizados ó materias molidas y/ó pulverizadas. La figura 4.6 indica el proceso de obtención de briquetas de carbón de madera y biomasa.

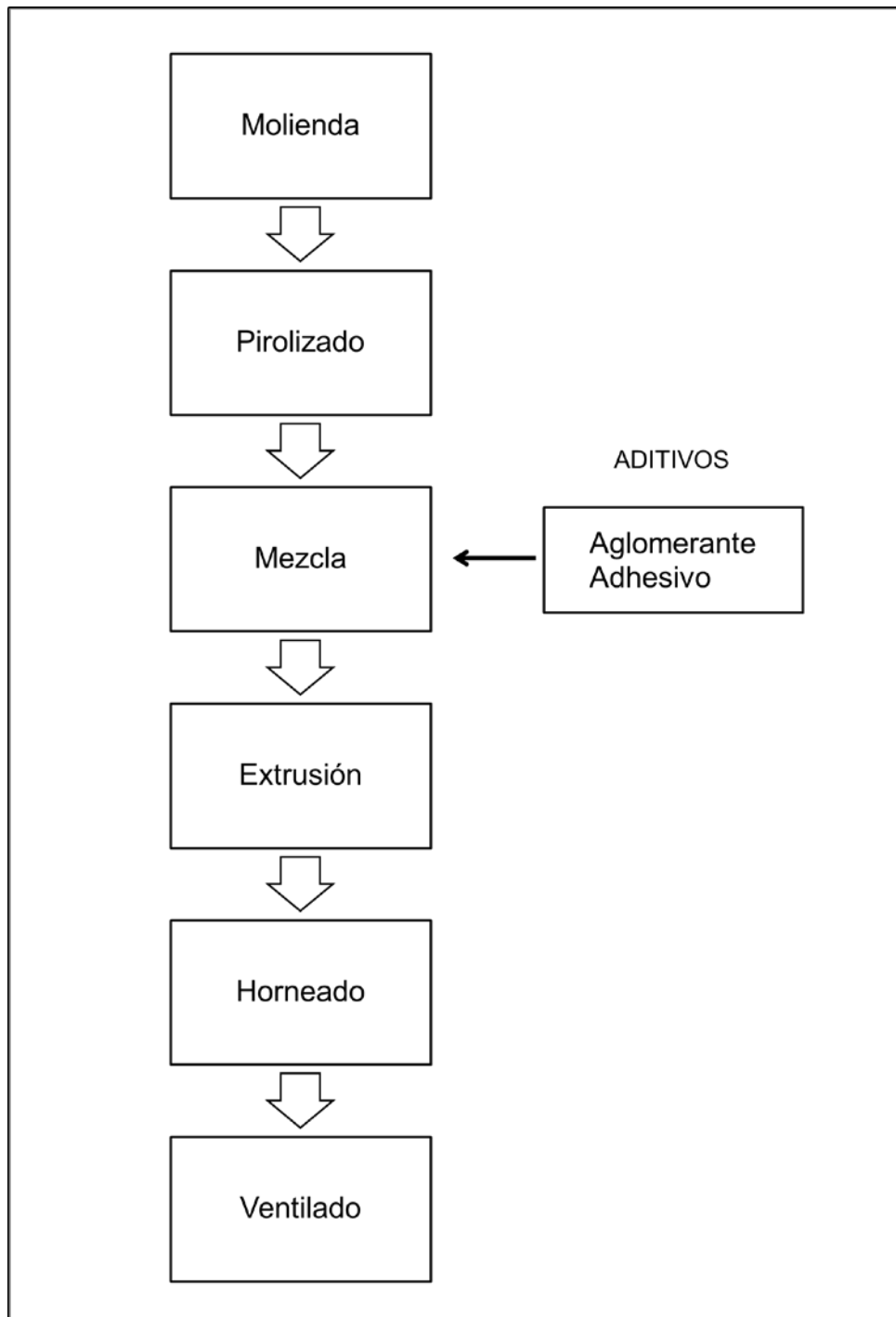


FIGURA 4.6 PROCESO PARA BRIQUETEADO DE CARBÓN DE MADERA Y BIOMASA.

En la figura 4.7 se muestran los mecanismos mecánicos principales para la fabricación de briquetas de carbón y biomasa.

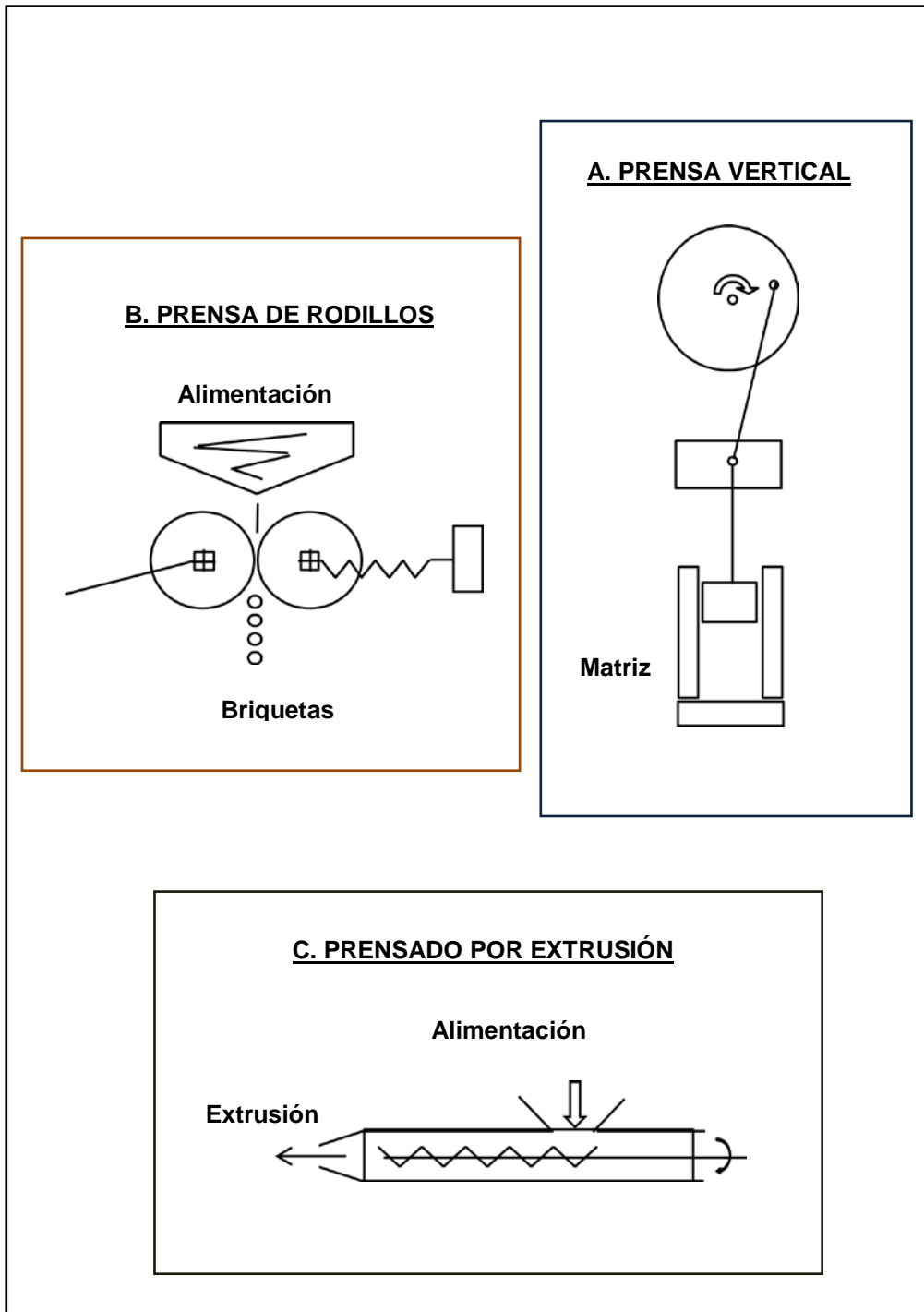


FIGURA 4.7 MECANISMOS DE FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA.

La figura 4.8 muestra la estructura interna de una briketa, los ingredientes principales para la conformación de este producto y los

complementos para mejorar la combustión de ésta. Cada uno tiene sus características y cumple una función específica.

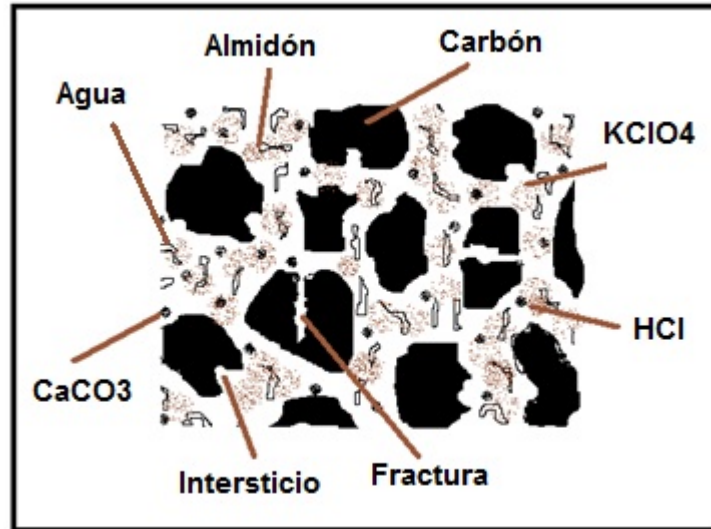


FIGURA 4.8 REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA BRIQUETA.

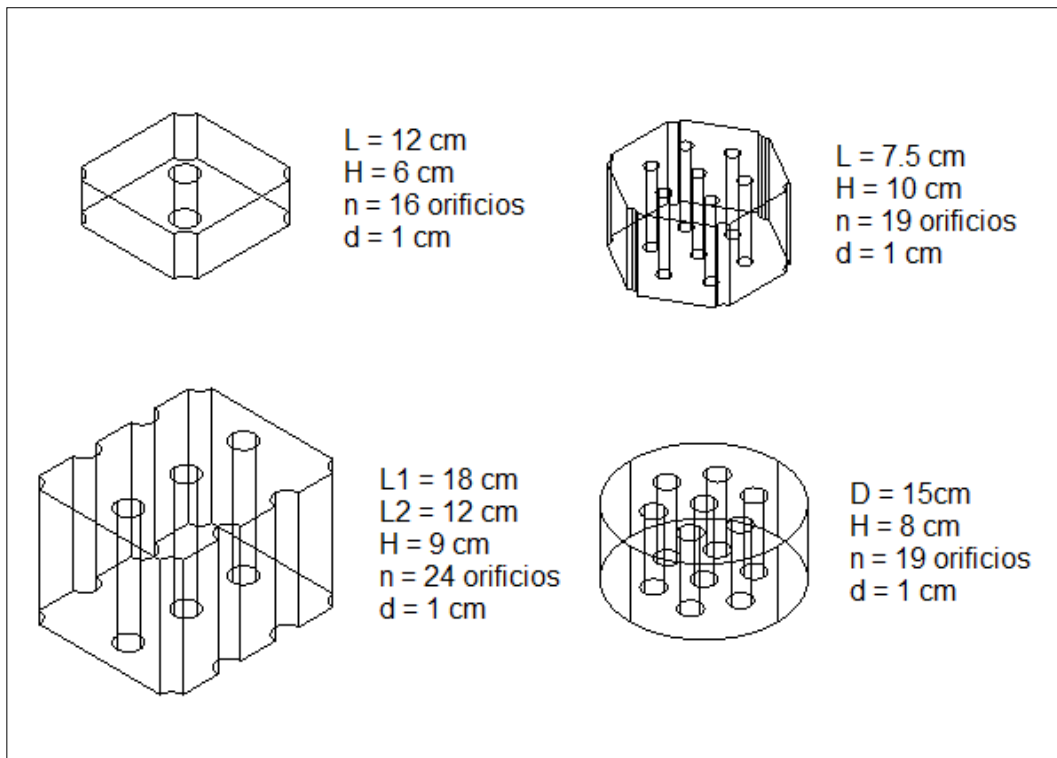


FIGURA 4.9 DIMENSIONES DE BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA DE TIPO PENSADAS.

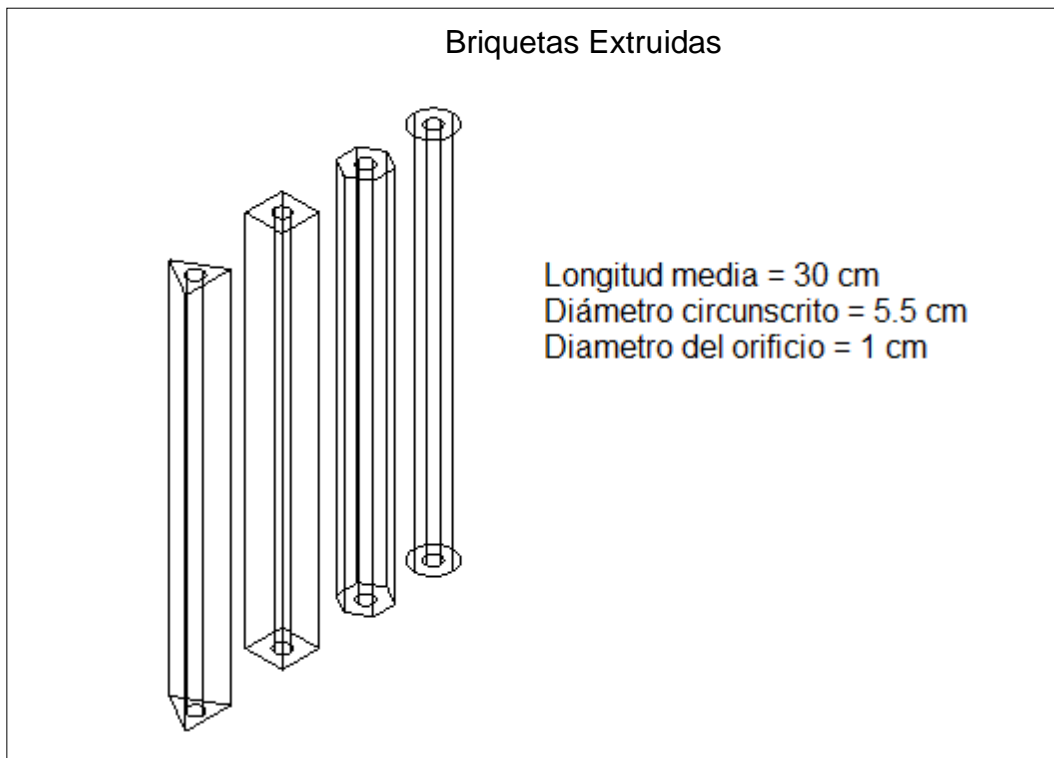


FIGURA 4.10 DIMENSIONES DE BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA DE TIPO EXTRUÍDAS.

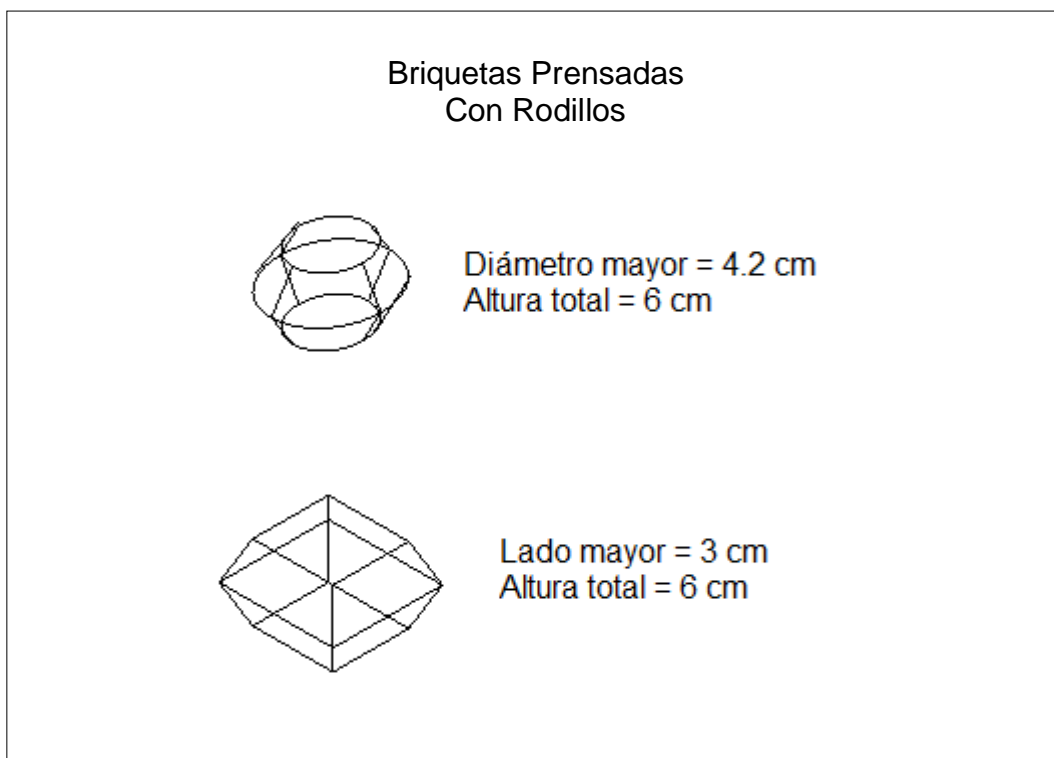


FIGURA 4.11 DIMENSIONES DE BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA DE TIPO PENSADAS EN RODILLOS.

5. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS.

5.1 INTRODUCCIÓN.

Los parámetros básicos se establecen por estudio, experimentación y observaciones para las técnicas de fabricación que utilizan carbón y biomasa, en la fabricación de briquetas combustibles. Estos valores van a depender del tipo de materia prima, las propiedades y la composición de ésta.

5.2 MATERIAS PRIMAS.

La fabricación de briquetas considera llevar carbón mineral con alto contenido de azufre a la operación de lavado para obtener un contenido menor a 3% lo que luego será neutralizado en la mayor parte con los reactivos de calcio.

Al utilizar antracita se consideran principalmente la granulometría y la adición de ingredientes aglomerantes a fin de lograr el sólido compacto con características físico químicas de alto poder y resistencia.

En el caso de los lignitos, de ser necesario deben secarse antes de la molienda ó reducir el contenido de sus volátiles. Para otras sustancias húmedas carbonosas se considera un contenido menor a 30% de volátiles en el combustible a utilizar en la preparación de la mezcla a compactar.

En los casos de realizar la etapa de pirolizado se utilizan temperaturas de hasta 500 °C. La temperatura de horneado en los casos necesarios está en el rango 80 °C a 260 °C para reducir el contenido de agua, disminuir las sustancias volátiles y dar las propiedades físicas finales.

5.3 PREPARACIÓN.

La granulometría del carbón molido debe ser inferior a 4 mallas ó 4.7 mm en general para lograr una buena adherencia entre las partículas y favorecer la resistencia del bloque sólido.

El uso de lignito requiere la preparación de la mezcla en función a la composición y propiedades las que se fijan en rangos determinados en los ensayos previos.

La mezcla debe contener una humedad para favorecer la adhesión de las partículas en función de los aditivos.

La aglomeración necesita una presión de 12 MPa a 98 MPa, pueden usarse presiones bajas considerando lograr la aglomeración y obtener una solidez mínima o presiones altas para aumentar la resistencia final; en máquinas hidráulicas pueden lograrse presiones de 350 MPa.

5.4 CALIDAD DEL PRODUCTO.

Se determina por las siguientes características finales obtenidas en la fabricación como poder calorífico superior a 4000 cal/g, buena resistencia al impacto para caídas de altura, resistencia a compresión de 500 a 1500 KPa, abrasión baja y resistencia mínima a la humedad en la desintegración.

La utilidad del producto está determinada por éstas características obtenidas a partir de los tipos de materia prima utilizada en la fabricación.

La facilidad de uso viene dada por las características de fabricación con los ingredientes y los elementos que modifican ó corrigen sus propiedades en la combustión.

6. DIMENSIONAMIENTOS

6.1 LOCALIZACIÓN.

Para la ubicación se consideran los factores:

6.1.1 Ubicación geográfica.

Una zona dentro de la ciudad destinada a industrias con acceso a las principales vías de transporte.

6.1.2 Disponibilidad de material.

La materia prima mineral producida se traslada desde las minas, el carbón vegetal se elabora en sectores rurales y en provincias y la biomasa se obtiene a partir de vegetales, frutos y como residuos de industrias biológicas.

6.1.3 Aporte a la zona.

- Contribuir al desarrollo de la zona local donde se ubica la planta para beneficio de la comunidad en general.
- Contribución a la diversificación de productos.
- Poner a disposición un producto alternativo para consumo masivo.
- Facilidades e incentivos del recurso nacional.
- Consumo de un recurso nacional natural con una presencia diversificada en el país.

6.1.4 Local de terreno.

Un local con la extensión requerida para disponer de las operaciones y funciones que integren el proceso productivo.

De esto, se establece:

La planta se proyecta ubicar en un área de Lima. Se necesita un terreno en una zona de la provincia de Lima, distrito de Villa El Salvador, en una

parcela indicada al sector industrias.

6.2 DIMENSIONES.

La actividad conducente a la fabricación óptima de briquetas se practica en un área total del lote de 1,200 m². El área total se distribuye en partes para las operaciones, control de medio ambiente, administraciones y áreas libres para expansiones en la proporción mostrada en la Tabla 6.1 siguiente:

TABLA 6.1 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN PLANTA PARA OPERACIONES.

ZONA.	ÁREA.
Depósito de materia prima	120 m².
Conminución	240 m².
Lavado	50 m².
Aglomerado	180 m².
Almacén	100 m².
Medio Ambiente	90 m².
Áreas libres	420 m².
Total	1200 m².

6.3 CAPACIDAD DE PLANTA.

Se establece una capacidad inicial para planta piloto en 1 TM/día aumentando su capacidad posterior para mini planta en 5 TM/día y se establece a la etapa de planta general en una producción mínima de 20 TM/día.

Las capacidades de planta se estiman según la magnitud del proyecto por etapas y las posibilidades se muestran en la Tabla 6.2.

TABLA 6.2 CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN DE PLANTA.

TIPO DE PLANTA	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO TM/día
Planta Piloto.	1

Mini Planta.	5
Planta General.	20

En el proyecto actual define una operación de fábrica de dos turnos diarios de 8 horas de duración cada uno.

6.4 ENERGÍA.

Para el funcionamiento de la planta se necesita la energía calculada a partir de los equipos considerados en la planta obteniendo una potencia necesaria de 680 Kw y de esto se deduce el consumo mensual que asciende a 326.4 Mw-Hr.

La deducción se muestra en la Tabla 6.3 continua:

TABLA 6.3 POTENCIA CONSUMIDA DE LOS EQUIPOS DE PLANTA.

Nº	CANT.	EQUIPO	Potencia Kw
1	1	Chancadora de Quijadas	8.0
2	2	Zaranda	8.0
3	1	Chancadora de Martillos	6.0
4	1	Lavador	14.0
5	1	Secador	24.0
6	18	Faja Transportadora	36.0
7	1	Triturador de Rodillos	8.0
8	1	Tamiz	6.0
9	1	Pulverizador	11.0
10	1	Pulverizador de Martillos	6.0
11	1	Pirolizador Horizontal	5.0
12	1	Pirolizador Vertical	100.0
13	1	Mezclador Horizontal	10.0
14	1	Mezclador Vertical	12.0
15	1	Prensa Vertical	7.0
16	1	Prensa de Rodillo	15.0
17	1	Extrusora	8.0
18	3	Hornos	270.0
19	1	Ventilador	4.0
20	1	Extractor de Gas	8.0
21	1	Envasador	14.0
22	1	Reserva	100.0

Total	680.0
-------	-------

6.5 EQUIPOS UTILIZADOS EN PLANTA.

Los equipos utilizados en la planta son los siguientes:

6.5.1 Planta.

Tolva de carbón mineral. Tolva de carbón vegetal. Tolva de biomasa. Fajas transportadoras. Chancadora de quijadas. Zaranda. Chancadora de martillos. Molino de rodillos. Pulverizador. Tolva de finos primaria. Reactor de secado. Tolva de finos Secundaria. Reactor de Pírolizado. Tolva de finos terciaria. Mezcladoras. Depósitos de reactivos. Prensa Vertical. Prensa de Rodillos. Prensa Extrusora. Hornos Eléctricos. Sistema de Extracción y Tratamiento de Gases. Envasadora. Equipo de Transporte. Equipo de Ventilación. Almacén de Herramientas. Almacén de Accesorios.

6.5.2 Laboratorio.

Equipo de Análisis Físicos. Equipo de Análisis Químicos. Espectrómetro. Durómetro. Horno de mufla. Crisoles.

6.6 PERSONAL Y SERVICIOS.

Las actividades se desarrollan con un personal indicado para cada área del proyecto respectiva entre ellos los inversionistas, directivos, profesionales y operadores. Complementariamente se consideran otros servicios públicos:

Energía eléctrica. Agua. Gas. Telecomunicaciones. Disposición de Desechos. Elementos de Seguridad Industrial.

7. DIAGRAMAS DE ACTIVIDADES GENERALES.

7.1 DIAGRAMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.

El desarrollo del proyecto se realiza en una secuencia de etapas desde la planificación, evaluación y financiamiento, ejecución, operación, control y cierre.

La fase inicial lleva incluida la implementación de una planta piloto con capacidad de 1 TM al día en la que se elaboran briquetas con materias primas minerales y vegetales describiendo las características cualitativas y definiendo los valores de las medidas físicas, fuerzas mecánicas y caracterización química necesarias en la fabricación de estas briquetas. También es útil en la determinación de la cantidad a producir, la disposición del producto para el mercado y la comercialización en distintas ciudades alternativas consideradas como centros de distribución.

La fase definitoria de los parámetros establece el diagrama de producción para los tipos de materia prima, producto y uso destinado a las briquetas conformadas a través de las operaciones elementales que están incluidas en este proceso.

Continúa el desarrollo del proyecto y definición de controles para la óptima operación con alternativas de variaciones en las operaciones. Puede considerarse finalmente la clausura de la planta para dar lugar a la apertura de otros centros productivos descentralizados y especializados.

En la siguiente figura 7.1 se detalla el progreso de dichas actividades.

7.2 DIAGRAMA DE PLANTA.

La figura 7.2 muestra un esquema del plano de planta. En este gráfico se observan los depósitos, los equipos y los sectores para las distintas operaciones que intervienen en la producción de briquetas de carbón mineral, carbón vegetal y de biomasa.

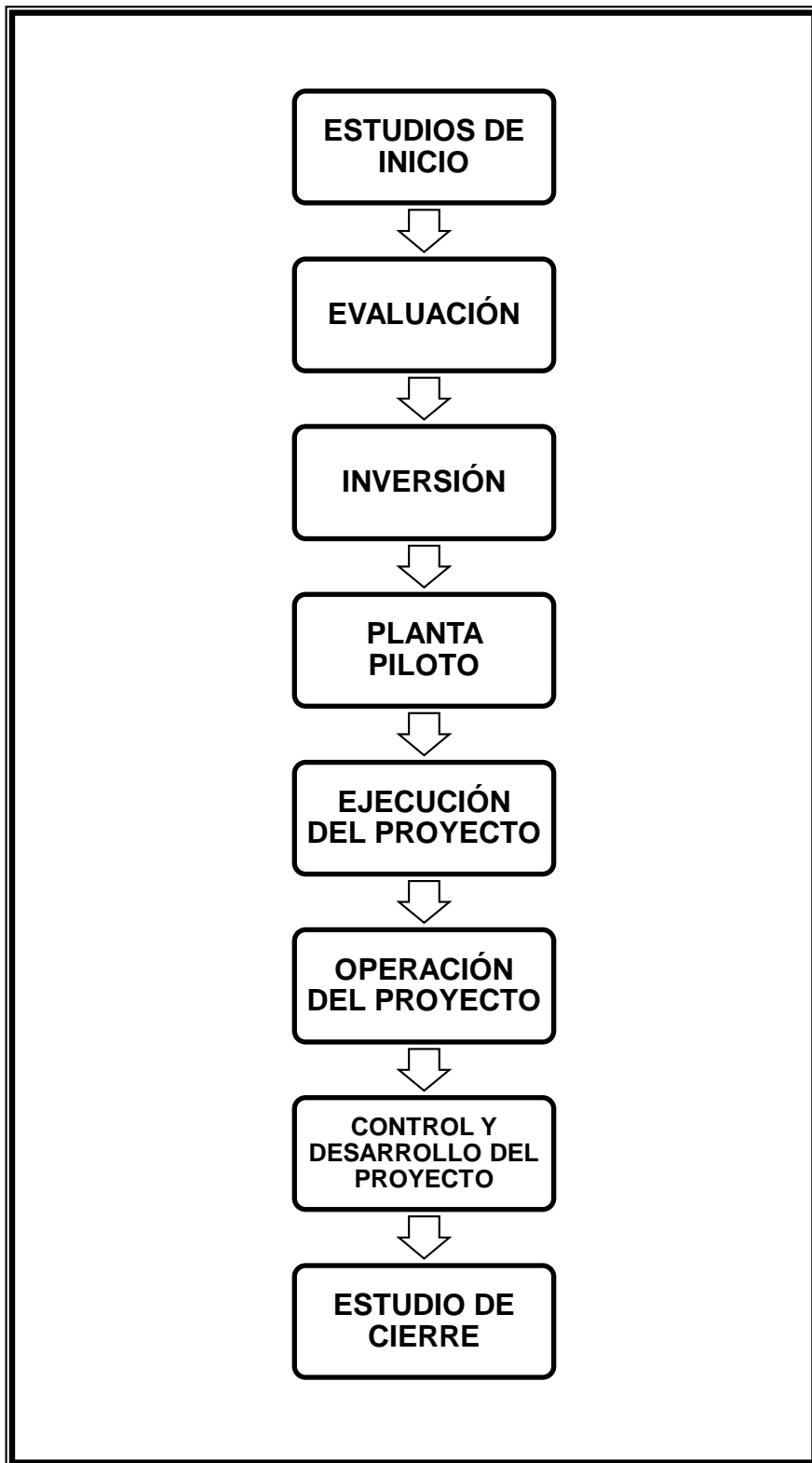


FIGURA 7.1 ESQUEMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.

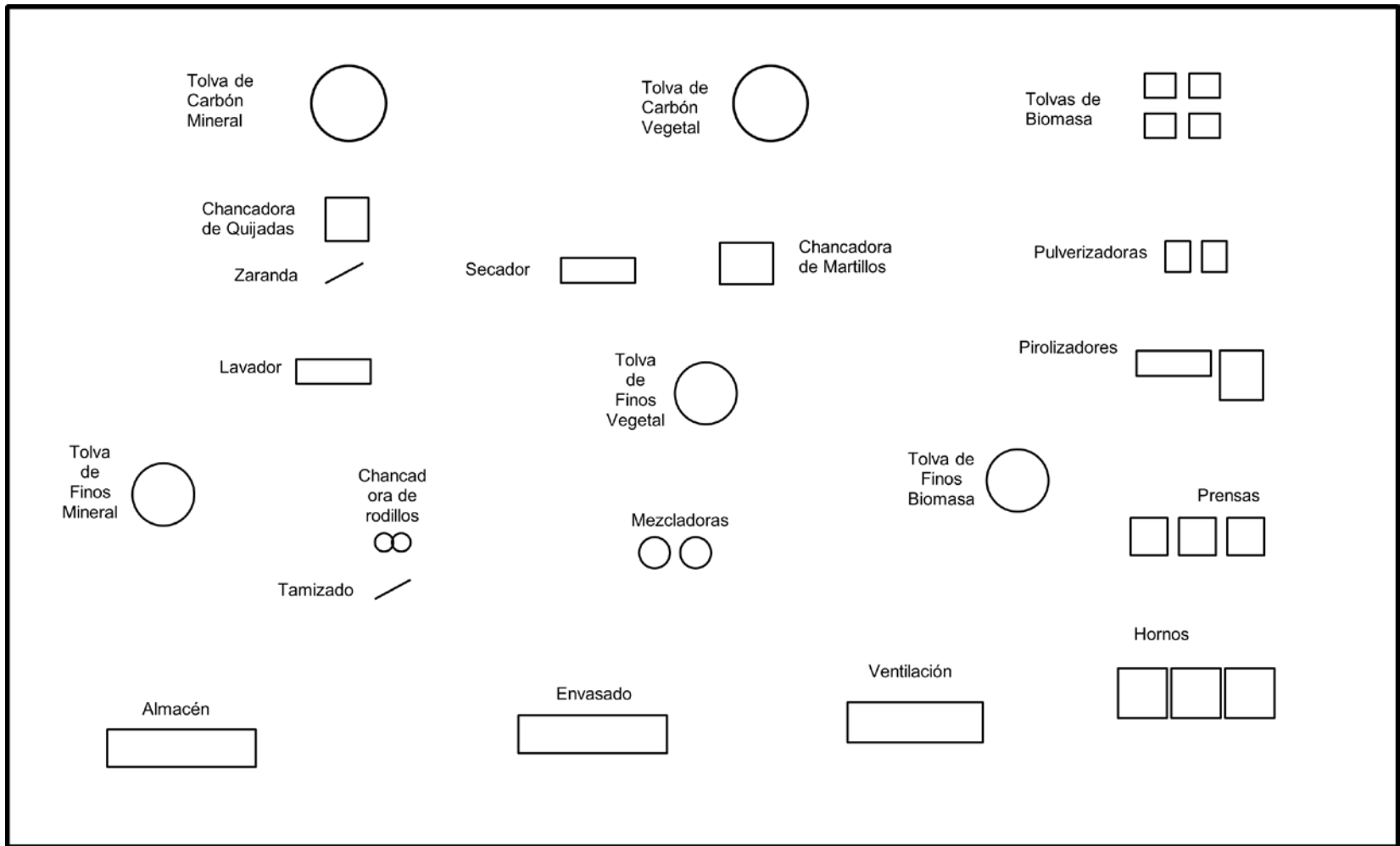


FIGURA 7.2 DIAGRAMA GENERAL DE PLANTA.

7.3 DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN.

La figura 7.3 muestra un diagrama de operaciones generales para la producción de briquetas en planta utilizando carbón mineral vegetal y biomasa.

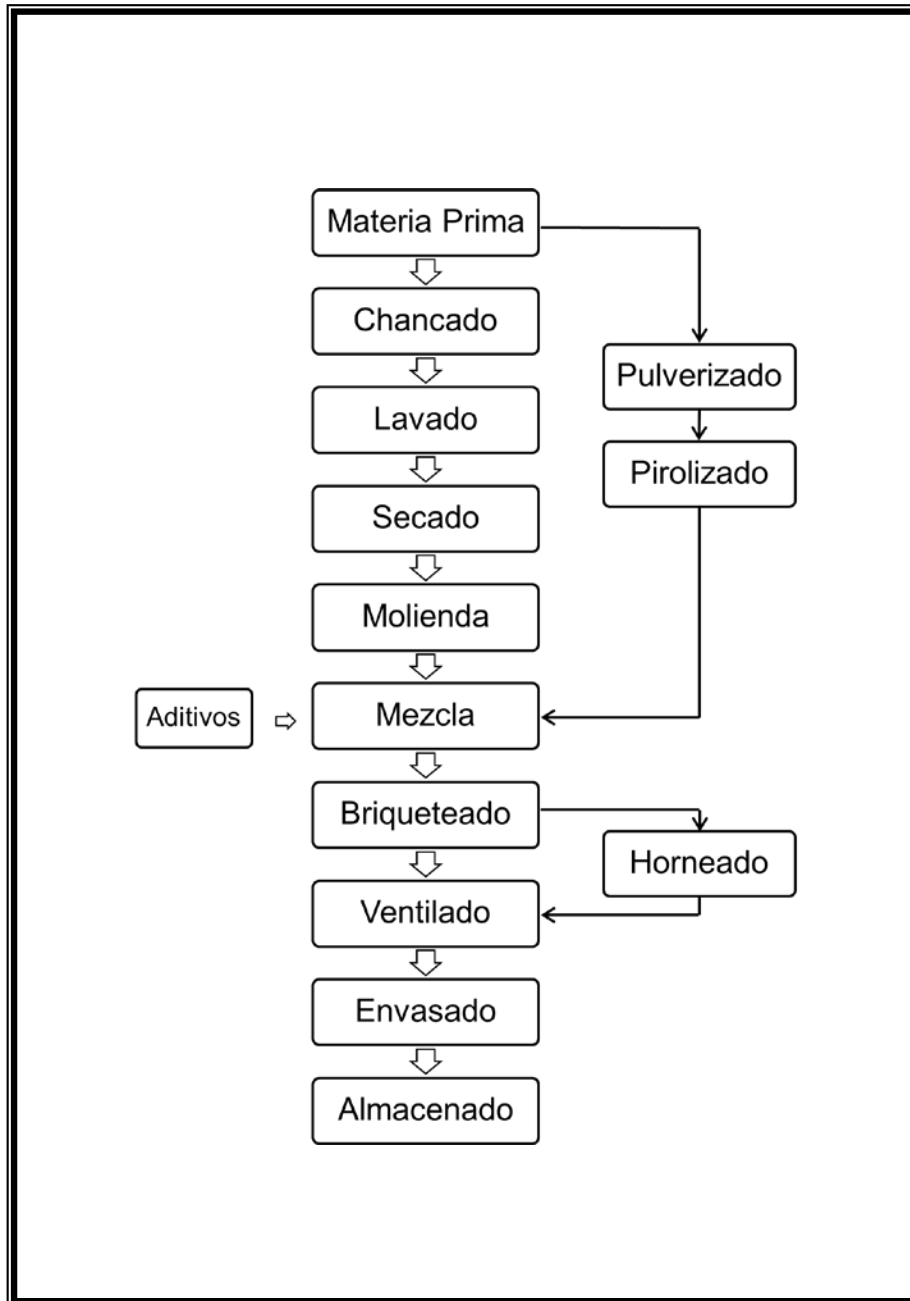


FIGURA 7.3 DIAGRAMA GENERAL DE PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS.

En esta figura se distinguen las siguientes secciones:

7.3.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA.

Utiliza depósitos para recepcionar la materia prima e ingredientes para la fabricación de las briquetas.

7.3.2 CHANCADO.

Reduce el tamaño de partícula para lograr un material aglomerable con mayor superficie y porosidad.

7.3.3 LAVADO.

Disminuye la cantidad de sulfuros, silicatos y metales presentes en carbón original, lo que reduce la formación de ceniza final.

7.3.4 PULVERIZADO.

Para la biomasa reduce el tamaño de las sustancias vegetales para las etapas de briqueteado.

7.3.5 SECADO.

Reduce la humedad contenida en la materia prima a niveles bajos para preparar a la operación siguiente.

7.3.6 PIROLIZADO.

Reduce la humedad de las biomásas.

7.3.7 MOLIENDA.

Permite obtener el tamaño mínimo antes de preparar la mezcla y añadir los reactivos para el aglomerado.

7.3.8 MEZCLA.

Reúne los ingredientes combustibles y acondicionantes en una masa adherente para pasar a los moldes.

7.3.9 AGLOMERADO.

Une los componentes en una masa heterogénea solidificable obteniendo una forma definida.

7.3.10 HORNEADO.

Reduce el contenido de agua y volátiles en el sólido briqueteado, adhiere las partículas de la mezcla compactada y mejora el rendimiento calorífico.

7.3.11 VENTILADO.

Necesario para disminuir la humedad física y dar a las briquetas las propiedades finales de estabilidad y resistencia.

7.3.12 ENVASADO.

Dispone las briquetas en envases definidos para el comercio y consumo posterior.

7.3.13 ALMACENADO.

Se utiliza para el ordenamiento y depósito de la producción obtenida para el traslado externo final.

7.4 ORGANIGRAMA.

El Diagrama de Organización General muestra las áreas y ocupaciones donde se distribuye el recurso humano para la actividad de la fabricación en una estructura integral donde se distinguen las siguientes agrupaciones:

- a. Asamblea de Accionistas.
- b. Comites de Desarrollo.
- c. Presidencia.
- d. Direcciones Especializadas.
- e. Jefaturas.
- f. Profesionales.
- g. Operadores.

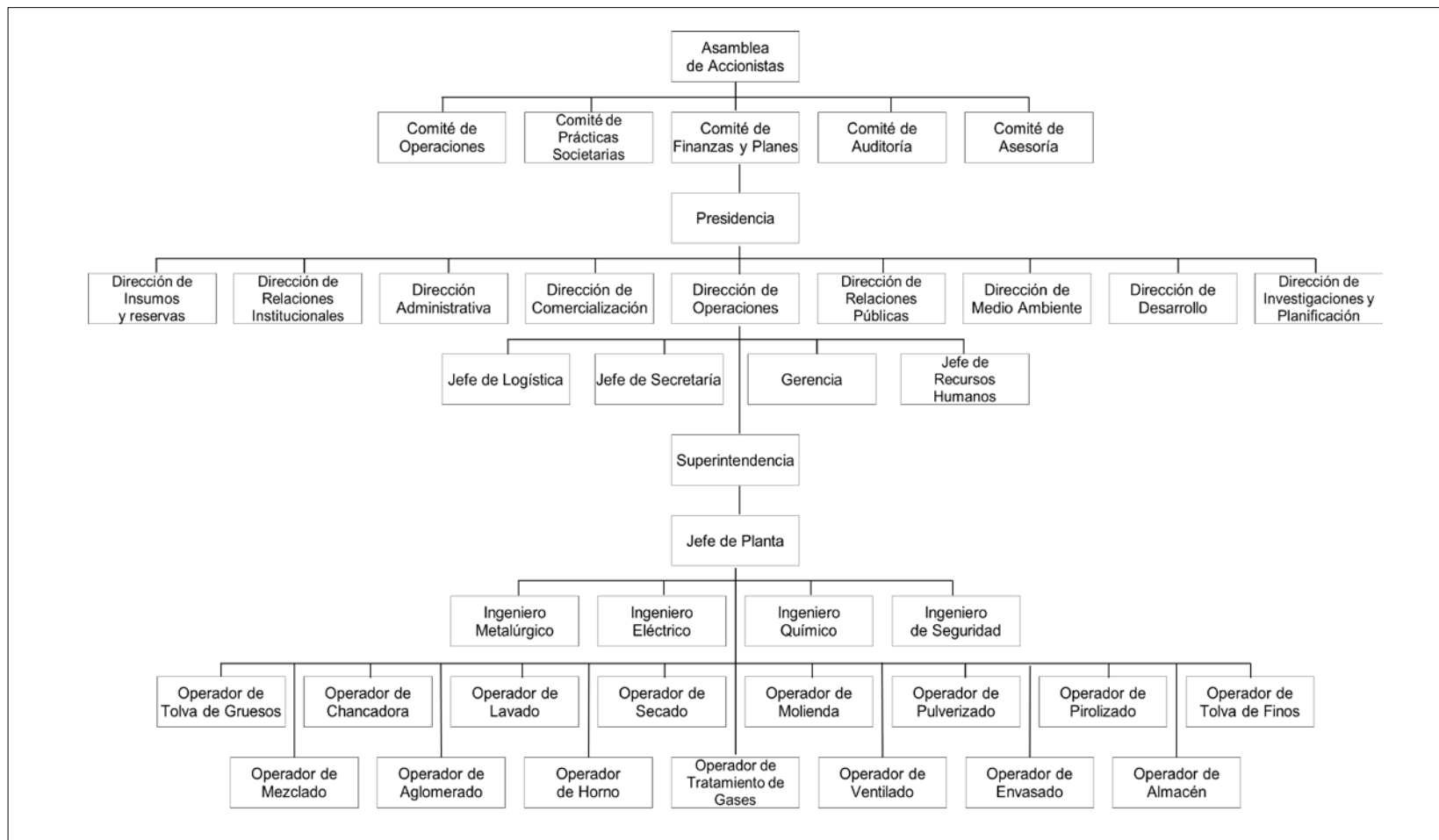


FIGURA 7.4 ORGANIZACIÓN GENERAL DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

8. EVALUACIÓN DE PRODUCTO.

8.1 Generalidades.

Para la evaluación de producto se considera la evaluación de las propiedades obtenidas y las características comparadas con productos similares. La determinación de sus propiedades finales se hace mediante los ensayos señalados a continuación.

8.2 Evaluación de Propiedades.

8.2.1 Análisis Químicos.

El análisis elemental de los elementos C, H, N, S se realiza con un equipo de espectrometría de absorción; los gases de la combustión se separan cromatográficamente por polaridad y se analizan con un detector de conductividad térmica.

El análisis del carbón incluye la determinación del contenido de carbono fijo, sustancias volátiles, azufre, humedad y cenizas. Esto se aplica igualmente para las biomásas.

Las normas utilizadas para el análisis de los componentes del carbón se describen en la Tabla 8.1.

TABLA 8.1 NORMAS APLICADAS PARA ANÁLISIS DE COMPONENTES DEL CARBÓN.

Componente	Norma
Humedad	ISO 589/1981
Materias Volátiles	ISO 562/1974
Cenizas	ISO 1171/1976
Azufre	ASTM D-2492
Potencia Calorífica	ISO 1928/1976

La determinación de temperatura y tiempo de combustión útil se realiza

con un equipo de incineración y con pirómetros con memoria a distintos tiempos.

La espectrometría infrarroja permite el análisis para obtener información estructural mediante la identificación y semi cuantificación de los grupos funcionales presentes en el carbón así como los mecanismos que intervienen en el proceso de briqueteado. La determinación textural cuantifica el área superficial y la distribución de tamaños de poros. Adicionalmente pueden utilizarse técnicas para determinación de estas características como:

- a. Termogravimetría.
- b. Microscopía.

8.2.2 Determinación de Propiedades Mecánicas.

Para esta caracterización se utilizan ensayos particulares de resistencia al impacto, compresión, abrasión y al agua.

La realización de la prueba de impacto se hace con equipos de laboratorio metalúrgico definiendo los valores de referencia para la prueba de impacto como altura de caída de 1 m. observando el efecto sobre la briqueta. En la compresión se aplica una fuerza creciente sobre el producto hasta que se produzca la rotura calculando la presión máxima soportada. La resistencia a la abrasión se establece colocando una briqueta en el interior de un recipiente cilíndrico provisto de un sistema de giro de 40 rpm durante un período de tiempo y el peso de material desprendido es una referencia de la medición indicada. La resistencia al agua se mide mediante la inmersión de una briqueta en agua fría por intervalos de tiempo; luego se observa la desintegración progresiva que indica la pérdida de la forma original.

El resultado de la aplicación de las técnicas de fabricación y la evaluación de propiedades es la obtención de briquetas óptimas regulares con propiedades aprobadas. La figura 8.1 muestra microfotografías por microscopía electrónica de barrido de briquetas preparadas con humatos con calcio y sin este reactivo.



Figura 8.1.a. Briqueta sin calcio.

Ésta figura 8.1.a. muestra granos de carbón aislados de bordes angulares y porosidad mayor.

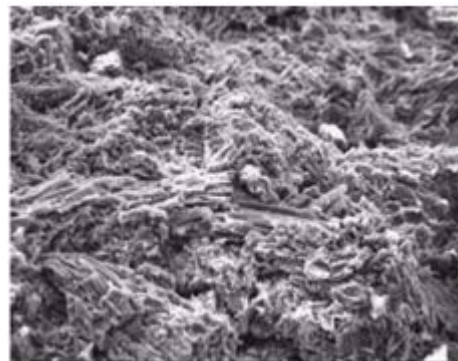


Figura 8.1.b. Briqueta con calcio.

Ésta figura 8.1.b. muestra partículas más continuas, bordes suavizados y menor porosidad.

FIGURA 8.1 MICROFOTOGRAFÍAS DE BRIQUETAS DE CARBÓN.

8.3 UTILIDAD DE LAS BRIQUETAS.

La utilidad de las briquetas en las distintas industrias se muestra en la Tabla 8.2 que sigue:

TABLA 8.2 UTILIDAD DE BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA.

USO	ÁREA
Avicultura, piscicultura y ganadería.	Industrias biológicas.

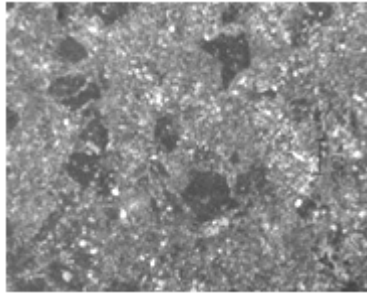
Calderas de vapor.	Industria mecánica.
Calcina de cemento. Fabricación de ladrillo. Fabricación de acero.	Industria de construcción.
Calentadores químicos de soluciones.	Industrias químicas.
Calentadores físicos para tratamiento de sólidos. Calentadores diversos.	Industrias físicas.
Cocción de alimentos. Tostado de granos.	Industrias de alimentos.
Hornos industriales.	Industria térmica.
Secaderos de té, granos variados, verduras y tabaco.	Agricultura.
Termoterapia.	Medicina en general.

La figura 8.2 muestra las microscopías ópticas de luz reflejada de briquetas de lignito aglomeradas con melaza en las que se describe las texturas de la estructura interna y puede observarse según cada caso lo siguiente:

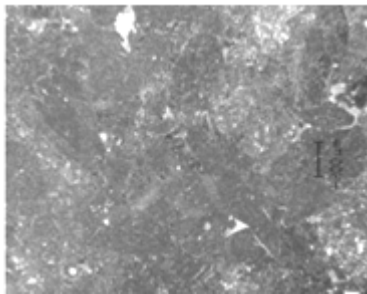
8.2.a Partículas de carbón sobre una matriz de sustancias orgánicas endurecida y en la que puede observarse la melaza solidificada alrededor de las partículas de carbón de formas y tamaños variables.

8.2.b Matriz un poco uniforme de melaza pirolizada donde el carbón se adhiere muy próximo a la sustancia adhesiva.

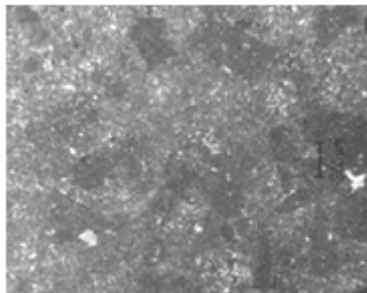
8.2.c Matriz uniforme debido al mayor tiempo de aliviado. La superficie es más homogénea y la porosidad se ha reducido.



8.2.a 150 °C por 2h.



8.2.b 200 °C por 2h.



8.2.c 200 °C por 4h.

FIGURA 8.2 MICROSCOPIA ÓPTICA DE BRIQUETAS ALIVIADAS.

En la figura 8.3 se muestra la emisión de SO_2 en briquetas preparadas con melaza en las que se añadió $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y se observa una combustión más rápida que aquellas preparadas sin el reactivo, además de una lenta difusión del SO_2 en forma no uniforme.

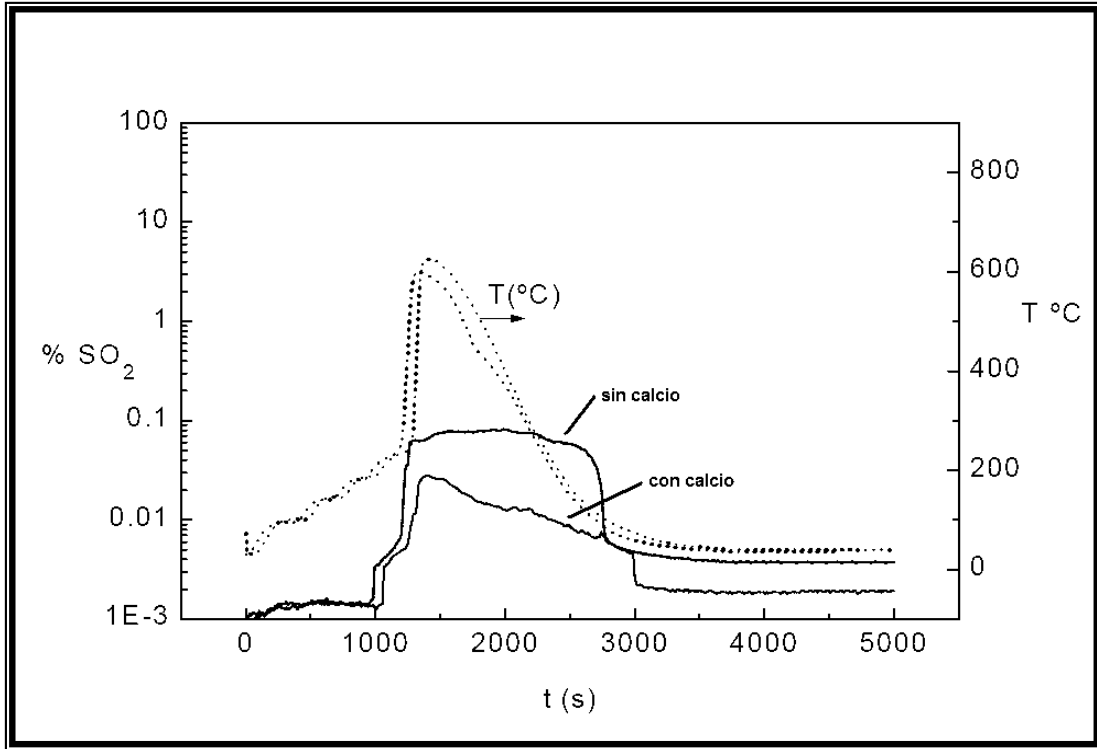


FIGURA 8.3 ESPECTROMETRÍA DE MASA DE LA COMBUSTIÓN DE BRIQUETAS DE LIGNITO.

9. ESTUDIO ECONÓMICO.

9.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Se realiza el cálculo de los costos de los elementos necesarios para la implementación de una fábrica de briquetas de combustibles. Esto se muestra en la Tabla 9.1.

TABLA 9.1 COSTOS DE EQUIPOS DE PLANTA.

Relación General de Costo de Equipos para una Planta optimizada de briqueteado de carbón.		
1	tolva de carbón mineral	120000
2	tolva de carbón vegetal	115000
3	tolvas de biomasas	90000
4	chancadora de quijadas	12000
5	zaranda	18000
6	chancadora de martillos	16500
7	lavador	48000
8	secador	45000
9	fajas transportadoras	82000
10	pulverizador	14000
11	pulverizador de martillos	16000
12	pirolizador horizontal	49500
13	pirolizador vertical	35000
14	tritador de rodillos	28500
15	tamiz	24000
16	mezclador horizontal	16000
17	mezclador vertical	18000
18	prensa vertical	35000
19	prensa de rodillo	40000
20	prensa de extrusión	20000
21	hornos	96500
22	ventilador	15000
23	neutralizador de gas	15000
24	envasador	28000
	Total US\$.	997000

El Costo Total de los equipos para una planta implementada según la tabla anterior es de US\$ 997,000 Dólares Americanos.

9.2 EVALUACIÓN FINANCIERA.

Para el presente proyecto con el costo anterior se considera una producción de 20 TM al día a un valor de las briquetas de carbón de 30 US\$/TM obteniendo un ingreso anual de 216000 US\$ para 10 periodos anuales considerando una tasa de 10% para los pagos respectivos. Los valores de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno se muestran a continuación en la Tabla 9.2 siguiente.

TABLA 9.2 CÁLCULO DE VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO.

Periodo	Flujo de fondos	INDICADORES ECONÓMICOS	
0	-997000	VAN	\$ 300,205.90
1	216000	TIR	17%
2	216000		
3	216000		
4	216000		
5	216000		
6	216000		
7	216000		
8	216000		
9	216000		
10	216000		
Tasa:	0.1		

Éstos resultados muestran la viabilidad de la ejecución del Proyecto en éstas condiciones con un periodo de recuperación de la inversión de 7 años.

10. MEDIO AMBIENTE EN LA PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN.

10.1 EMISIONES DE GASES AL MEDIO AMBIENTE.

Las emisiones de gases en la fabricación de briquetas de carbón se generan a partir de la gasificación de sustancias volátiles que se desprenden durante la pirolisis de carbones o de las biomásas durante el tratamiento térmico y el aliviado de las briquetas en el horno produce gases de oxidación de sulfuros y carbono.

TABLA 10.1 EMISIONES CONTAMINANTES EN EL PERÚ AÑO 2006.

Miles de TM.

EMISIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD
DIÓXIDO DE CARBONO	CO ₂	31051.7
MONÓXIDO DE CARBONO	CO	552.3
HIDROCARBUROS	HC	14.4
ÓXIDOS DE NITRÓGENO	NO _x	229.2
ANHIDRIDO SULFUROSO	SO _x	136.2
PARTÍCULAS	-	4.3

La Tabla 10.1 indica los valores de las emisiones de gases y partículas en el Perú durante el año 2006 donde se observa a los gases sulfurosos que ocupan el cuarto lugar después de los óxidos de carbono y nitrógeno.

El tratamiento de éstos gases emitidos se disminuye en la mayor proporción por la adición de elementos neutralizantes y los compuestos residuales que logran pasar al medio ambiente se tratarían en un sistema de neutralización y precipitación de gases en complemento a la fábrica eliminando la posibilidad de contaminar el medio y afectar el equilibrio ecológico

circundante al área de procesos.

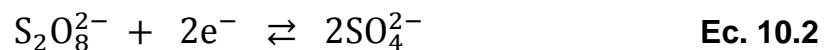
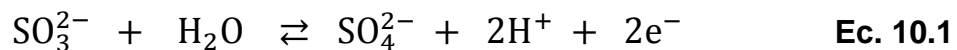
Las técnicas de desulfuración de gases son diversas y producen un gas residual limpio y en condiciones medioambientales regulares.

10.2 TECNOLOGÍAS DE DESULFURIZACIÓN DEL GAS DE LA COMBUSTIÓN DE CARBÓN.

Existen distintas técnicas de desulfuración de gases con la utilización principal de calcio entre las cuales podemos citar:

10.2.1 Agua de Mar.

El proceso de desulfuración por agua de mar utiliza las propiedades esenciales del agua marina para absorber y neutralizar los óxidos de azufre con reacciones tales como Ec. 10.1 y Ec. 10.2 siguientes:



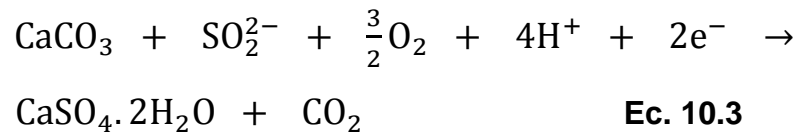
La absorción de SO_x se realiza en un recipiente donde una parte del agua marina de enfriamiento utilizada y el gas en contracorriente, se ponen en contacto y no se utiliza ningún tipo de químico adicional. El agua de mar es alcalina y tiene una gran capacidad de neutralización de los compuestos formados por la absorción de SO_x variando su temperatura en aproximado un grado en volúmenes de gas de algunos m^3 debido a las reacciones exotérmicas.

10.2.2 Piedra Caliza.

Utiliza caliza pulverizada y produce sulfato de calcio hidratado. La piedra caliza se encuentra disponible en el Perú y el yeso producido se utilizaría en la industria de la construcción y en mezclas de cemento. En otro caso el material producido se deposita al relleno sanitario.

El carbonato reacciona en medio ácido con el óxido de azufre

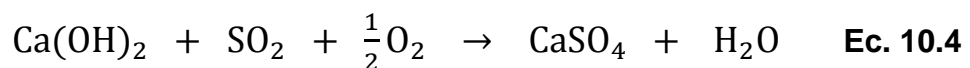
neutralizándolo en presencia de oxígeno y formando agua de hidratación a la sal formada. Ésta reacción utilizada se indica en la Ec. 10.3.



Los sistemas de desulfurización que utilizan caliza son capaces de lograr importantes eficiencias de colección y producir yeso de calidad en forma económica dependiendo de la tecnología limpia aplicada.

10.2.3 Hidróxido de Calcio.

Se fundamenta en la reacción entre el SO_2 y la cal ó Ca(OH)_2 en presencia de agua; es decir entre el gas sulfurado y el polvo libre, alcalino y humedecido por medio de la reacción de la Ec. 10.4.



Ésta técnica se utiliza en forma práctica para evitar equipos de manipulación y atomización de barros y la instalación de un recipiente voluminoso de absorción.

10.3 IMPACTO AMBIENTAL DE LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN.

El Impacto Ambiental debido a la actividad de fabricación de briquetas puede controlarse en cada una de las áreas consideradas mediante la aplicación de programas adecuados de manejo y observación específicos para los cuerpos receptores. Para este control se cuenta con las siguientes observaciones de temas relacionados.

10.3.1 Extracción de carbón y la comunidad.

La extracción de carbón suele tener lugar en zonas rurales en las que la minería y las industrias asociadas suelen ser la principal fuente de trabajo de la

zona. Se estima que el sector del carbón emplea a más de 7 millones de personas en todo el mundo, el 90% de las cuales se encuentran en países en desarrollo. Las explotaciones de carbón emplean directamente a millones de personas en todo el mundo, generan ingresos y empleo en otros sectores de la industria regional dependientes de la extracción del mismo. Estos sectores proporcionan bienes y servicios para la extracción de carbón, como combustible, electricidad y equipos, o dependen del gasto generado por los empleados de las explotaciones de este producto. Las explotaciones de carbón suponen una fuente significativa de ingresos locales en forma de salarios, programas para la comunidad y apoyos para la producción de la economía local. Ciertamente la minería y la generación de energía puede provocar conflictos sobre el uso de la tierra y dificultades en las relaciones con vecinos y comunidades. Muchos de estos conflictos pueden resolverse arguyendo que las explotaciones mineras son temporales. La rehabilitación de la explotación significa que la tierra puede volver a utilizarse para otros fines tras el cierre de la explotación.

10.3.2 Conversión de zonas de suelo.

El cambio en la geología de la zona de explotación está regulado por el cumplimiento de directivas de adecuación al medio ambiente y de conservación de especies de la flora y fauna y el mantenimiento del equilibrio de la biodiversidad original existente y éstos se especifican en los programas y estudios de manejo ambiental. La actividad de una planta industrial no genera cambios en los suelos al realizar la disposición adecuada de residuos sólidos. El manejo de la materia prima produce residuos que se eliminan por reciclaje o deposición en lugares adecuados.

10.3.3 Polución de agua.

Se considera la emisión de sustancias sulfuradas a los recursos de agua afectando la diversidad de especies que están en contacto o con una relación de dependencia biológica. La polución de aguas puede tener lugar en la presencia de compuestos provenientes de la pirita ó sulfuros contenidos en el

carbón de explotación en contacto con el medio, pueden producirse materiales sólidos finos o soluciones con partículas en suspensión que lleguen a entrar en contacto con la superficie del lugar de actividades. La alteración de los sulfuros puede producir la contaminación de ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas, aguas depositadas, manantiales ú ocasionar lluvia ácida sobre las áreas de producción de cultivos, crianza de animales o de actividades humanas. Para esta condición se debe considerar un sistema de seguridad en la extracción, transporte y utilización del carbón y biomasa para la inalterabilidad de las condiciones ecológicas y medioambientales.

10.3.4 Biodiversidad.

Las actividades conducentes al consumo de carbón no afecta a la biodiversidad existente en el sistema ecológico general excepto por el drenaje de solución ácida causado por la oxidación de los sulfuros presentes. La oxidación genera anhídrido sulfuroso y eleva el pH de los cuerpos receptores próximos a los lugares de producción y desarrollo.

La flora y la fauna pueden protegerse por la prevención de eliminación de soluciones ácidas no tratadas y restablecerse con actividades de conservación y protección ambiental.

La alteración de grandes volúmenes de combustible fósil y roca circundante puede incrementar la acidez de los suelos por lo que se considerarían para ciertas actividades ecológicas.

10.3.5 Ruido.

El ruido producido por las actividades de explotación y briqueteado de carbón debe estar en niveles inferiores a la norma OMS de 50 dB de tal forma que evite efectos a la salud fisiológica y psicológica de las personas. Esto se puede lograr realizando medidas y análisis de los diferentes niveles sonoros de diversos puntos de actividad en la zona de explotación y en la planta de producción.

Considerando que la contaminación por ruido puede causar alteraciones en las actividades laborales de forma indirecta se dispone la aplicación de medidas protectoras para minimizar esta condición perturbante.

Las medidas a tomar consideran:

- a. Protección auditiva personalizada.
- b. Uso de materiales absorbentes de ruidos.
- c. Aislamientos particulares.

10.4 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.

Según la naturaleza de los elementos y sustancias contaminantes se fijan los límites máximos permisibles para regular sus emisiones, lo cual se muestra en las Tablas 10.2, 10.3 y 10.4.

10.4.1 Emisiones Líquidas Minero-Metalúrgicos.

Son los flujos descargados al ambiente que provienen:

- a. De cualquier labor, excavación o trabajo efectuado en el terreno, o de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales, asociadas con labores, excavaciones ó trabajos efectuados dentro de los linderos de la Unidad Minera.
- b. De depósitos de relaves u otras instalaciones de tratamiento que produzcan aguas residuales.
- c. De concentradoras, plantas de tostación, fundición y refinерías, siempre que las instalaciones sean usadas para el lavado, trituración, molienda, flotación, reducción, lixiviación, tostación, sinterización, fundición, refinación o tratamiento de cualquier mineral, concentrado, metal o subproducto.
- d. De campamentos propios.
- e. De cualquier combinación de los antes mencionados.

TABLA 10.2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA LAS ACTIVIDADES DEL SUBSECTOR HIDROCARBUROS.

Parámetro	Límite Máximo Permissible Concentración en cualquier momento mg/l.
Hidrocarburos Totales de Petróleo TPH	20
Cloruro	500 (a ríos, lagos y embalses) 2000 (estuarios)
Cromo Hexavalente	0,1
Cromo Total	0,5
Mercurio	0,02
Cadmio	0,1
Arsénico	0,2
Fenoles para efluentes de refinerías FCC	0,5
Sulfuros para efluentes de refinerías FCC	1,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	50
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250
Cloro Residual	0,2
Nitrógeno Amoniacal	40
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	<1000
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	<400
Fósforo	2,0
Bario	5,0
pH	6,0 – 9,0
Aceites y Grasas	20
Plomo	0,1
Incremento de Temperatura*	<3°C

Fuente: Decreto Supremo N° 037-2008-PCM

* Es el incremento respecto a la temperatura ambiental del cuerpo receptor medida a 100 m de diámetro del punto de vertido.

TABLA 10.3 ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL DIÓXIDO DE AZUFRE SO₂.

Parámetro	Periodo	Valor µg/m ³	Vigencia	Formato	Método de Análisis
Dióxido de Azufre SO ₂	24 horas	80	1 de Enero de 2009	Media Aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	20	1 de Enero del 2014		

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM

Estos límites máximos permisibles sirven de apoyo al control medio ambiental de las zonas de operaciones para producción de briquetas de carbón.

TABLA 10.4 NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA LAS UNIDADES MINERO METALÚRGICAS.

Parámetro	Valor en Cualquier Momento mg/l	Valor Promedio Anual mg/l
pH	mayor a 6 y menor a 9	mayor a 6 y menor a 9
Sólidos Suspendidos	50	25
Plomo	0.4	0.2
Cobre	1.0	0.3
Zinc	3.0	1.0
Fierro	2.0	1.0
Arsénico	1.0	0.5
Cianuro total	1.0	1.0

Fuente: Resolución Ministerial N° 011-96EM/VMM 13.01.1996 Perú.

La Tabla 10.5 considera los valores estándares para compuestos orgánicos, hidrocarburos, material particulado y sulfuro de hidrógeno.

TABLA 10.5 ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, HIDROCARBUROS TOTALES Y MATERIAL PARTICULADO Y SULFURO DE HIDRÓGENO.

Parámetro	Periodo	Valor µg/m ³	Formato	Método de Análisis
Benceno ¹	Anual	4	Media Aritmética	Cromatografía De Gases
Hidrocarburos Totales expresado como Exano	24 horas	50	Media Aritmética	Separación Inercial Filtración
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras	24 horas	25	Media Aritmética	Separación Inercial Filtración
Hidrógeno Sulfurado H ₂ S	24 horas	150	Media Aritmética	Fluorescencia UV

10.5 POLITICAS AMBIENTALES ESPECÍFICAS.

Algunas de las políticas ambientales específicas para mitigar los efectos contaminantes son:

- Estudio de Impacto Ambiental.

Análisis que incluye aquellos proyectos (obras o actividades) cuya ejecución puede producir impactos ambientales negativos de significación cuantitativa o cualitativa, que ameriten un análisis más profundo para revisar los impactos y para proponer la estrategia de manejo ambiental correspondiente.

- Programa de Adecuación y Manejo Ambiental.

Programa que contiene las acciones políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de

desechos y prevenir la contaminación ambiental, y reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.

- Declaración Jurada Ambiental Anual.

Es una declaración ante el organismo estatal con información sobre el control de accidentes, incendios, derrames ó contaminación efectuada por las actividades de tratamientos de recursos por unidades operativas con el plan de contingencias y plan de seguridad.

- Obligaciones Específicas.

Constituido por un plan de formación tecnológica y de recursos humanos con el fin de incorporar las obligaciones medioambientales desarrollando estrategias de prevención, se impone el cumplimiento de la legislación ambiental y sus caracteres reglamentarios.

- Disposiciones Referidas a Calidad de Medio Ambiente.

Están referidas al conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras; abarca los seres vivos, agua, suelo, aire, objetos y relaciones entre ellos así como elementos de cultura.

- Programa de Monitoreo.

Permite la evaluación periódica, integrada y permanente de la dinámica de las variables, tanto en el medio ambiente natural como en el medio socioeconómico y cultural, con el fin de suministrar información para la toma de decisiones orientadas a la conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

- Evaluación Ambiental Preliminar.

Son desarrollados en aquellos casos en que las actividades no involucran un uso intensivo ni extensivo del terreno tales como la aerofotografía, aeromagnetometría, geología de superficie o se trate de actividades de reconocido poco impacto a desarrollarse en ecosistemas no frágiles.

- Guías de Manejo Ambiental Minero.

Aquellas que contienen información sobre las características de manejo ambiental como medidas de mitigación físicas, biológicas y socioeconómicas y sus medidas de control en las actividades específicas comprendidas.

10.6 ENFERMEDADES OCUPACIONALES.

Las enfermedades ocupacionales que afectan a los trabajadores pueden ser:

1. Respiratorias. Las que afectan el sistema respiratorio debido a causas como contaminación atmosférica, consumo de tabaco, infecciones, debilitamiento del sistema inmunológico, cambios climáticos o intoxicaciones. Ejemplo es la neumoconiosis.
2. Auditivas. Son las que afectan el órgano auditivo alguna de sus partes. El ejemplo típico es la hipoacusia.
3. Dermatológicas. Aquellas que afectan directamente a la piel por contacto con sustancias tóxicas, diluyentes, absorbentes, combustibles, corrosivas o de modo indirecto por causa de las actividades laborales.
4. Musculo esqueléticas. Están relacionadas al sistema muscular u óseo como golpes, fracturas o alteraciones produciendo trastornos, lesiones o incapacidad al trabajador.
5. Alteraciones orgánicas. Comprometen los órganos internos o partes de éstos en el cuerpo.
6. Intoxicaciones por Metales. Causado por la ingestión, inhalación o contacto de materiales metálicos. Producen el bloqueo de las funciones de los sistemas corporales vitales. Puede ser revertido por la aplicación de lavados gástricos, el uso de compuestos antidotos o uso de carbón activado.
7. Infecciosas. Causadas por especies que producen alteraciones o efectos destructivos en el sistema corporal.
8. Psicosociales. Enfermedades que afectan el estado psicológico o psiquiátrico del trabajador modificando su conducta o desarrollo en la actividad individual o grupal.
9. Oculares. Son las que afectan el órgano de la visión.

Las enfermedades ocupacionales producen incapacidad temporal, parcial y total ó muerte. La prevención de enfermedades puede realizarse por medidas que se deben tomar antes de que se presente la enfermedad por exposición a factores de riesgo en el trabajo considerando que:

- El 100% de las enfermedades ocupacionales son prevenibles, no es el caso de enfermedades vitales.
- Entre el 85 % y 90 % de las enfermedades ocupacionales son irreversibles.
- El número de muertes por estas enfermedades es mayor que por enfermedades comunes.

11. CONCLUSIONES.

1. La producción de briquetas de carbón mineral y biomasa controlada se preparan cumpliendo características adecuadas, logrando exigencias comerciales en la composición química, propiedades físicas y con características medioambientales ecológicas.
2. La producción óptima de briquetas de carbón y biomasa es una actividad que participa de la utilización de energía en distintos ámbitos de la industria y consumo público a partir de un recurso disponible.
3. El consumo de carbón mineral es más económico con relación al gas y combustibles líquidos. Esto favorece su utilización de conformidad con sus reservas existentes en la actualidad.
4. Para la aglomeración pueden utilizarse técnicas variadas de prensado lineal, por uso de rodillos y de extrusión con capacidades variables y formas diversas.
5. La termogravimetría y la microscopía apoyan el estudio y la caracterización de propiedades físicas y químicas de las briquetas en la obtención de propiedades en el acabado.
6. La melaza es el adhesivo que mejora la distribución uniforme de aditivos en la briqueta mejorando sus propiedades físicas.
7. La duración media de las briquetas minerales es de 4 Horas por kilogramo y la combustión es desde las capas externas hacia el interior sin producción de humo, mínima llama y cenizas útiles para cultivos por el contenido de sales y óxidos.
8. La formación de óxidos de azufre se elimina parcialmente por adición de compuestos de calcio y magnesio.
9. La resistencia creciente obtenida por los adhesivos es por uso de almidón, humatos y melaza.

BIBLIOGRAFÍA.

Nassir Sapag Chaín. Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación. México. Pearson Prentice Hall. 2007.

José Manzaneda Cabala. Procesamiento de Minerales. Lima Perú.

Leicester F. Hamilton Stephen G. Simpson David W. Ellis. Cálculos de Química Analítica. McGraw-Hill Book Co. Traducción en Mexico 1986.

Jesús Blesa Moreno. Briqueteado de Lignitos con Aditivos. Seguimiento Físico Químico del Proceso. Tesis Doctoral. Instituto de Carboquímica de Zaragoza. España. 2002.

Avelina García García. Reducción de Óxidos de Nitrógeno con Briquetas de Carbón. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. CEE CEE 1997.

Instituto de Transferencias de Tecnologías Apropriadas Para Sectores Marginales. ITACAB. Ficha Tecnológica. Lima.

Primer Simposium Nacional El Carbón. Universidad Nacional de Ingeniería. FIGMM. 1985.

Informe Estadístico 2006. OLADE SIEE Quito Ecuador.

Raúl Tafur Portilla. La Tesis Universitaria. Lima Perú. Editorial Mantaro. 1995.

www.komarek.com. Worldwide Leader in Briquetting & Compacting Solutions.